664.35
П-80

ПРОИЗВОДСТВО СЫРА:
ТЕХНОЛОГИЯ И КАЧЕСТВО

LE FROMAGE

LE FROMAGE

2ème EDITION

COORDONNÉ PAR ANDRÉ ECK

DIFFUSION LAVOISIER

ПРОИЗВОДСТВО СЫРА:

ТЕХНОЛОГИЯ И КАЧЕСТВО

ПЕРЕВОД С ФРАНЦУЗСКОГО Б. Ф. БОГОМОЛОВА
ПОД РЕДАКЦИЕЙ И С ПРЕДИСЛОВИЕМ Г. Г. ШИЛЕРА

МОСКВА
ВО «АГРОПРОМИЗДАТ»
1989

ББК 36.95
П80
УДК 637.33

Редактор **О. В. Мищиха**

Производство сыра: технология и качество/Пер. с фр.
П80 Б. Ф. Богомолова; Под ред. и с предисл. Г. Г. Шилера.— М.: Агропромиздат, 1989. — 496 с.: ил.
ISBN 5—10—001245—5

В книге рассматриваются прогрессивные технологии в сыроделии, новые методики контроля и управления качеством на всех стадиях производства: сквашивание молока, приготовление сгустка, выдержка, хранение.

Для специалистов в области сыроделия.

Рекомендована к изданию кафедрой молочного дела ТСХА.

П $\frac{4001120000-086}{035(01)-89}$ 125—88 ББК 36.95

ISBN 2—85206—363—8 (Франция)
ISBN 5—10—001245—5 (СССР)

© Technique et Documentation (Lavoisier), 1987
© Перевод на русский язык ВО «Агропромиздат», 1989

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Сыр занимает особое место среди молочных продуктов. Приемы его изготовления позволили концентрировать представляющие наибольшую ценность жировую и белковую части молока, а затем месяцами и даже годами сохранять этот концентрат. Можно считать, что сыр был одним из первых консервированных продуктов, который сохранялся и использовался не только в домашних условиях, но и в военных походах, путешествиях.

Еще в прошлом веке технология сыров носила ярко выраженный локальный характер. Она определялась видом одомашненных животных, от которых получали молоко, условиями их кормления, приемами сохранения молока перед переработкой, типом молокосвертывающего агента, естественной ассоциацией молочнокислых и других микроорганизмов, развивающихся в молоке, традиционными приемами изготовления сыров и мастерством самого фермера, который изготавливал сыр в домашних условиях.

Увеличение масштабов производства, появление кустарных сыродельных заводов вызвали необходимость производства и использования специальных молокосвертывающих препаратов. После введения пастеризации молока, рекомендованной на основании исследований И. И. Мечникова, стало необходимым применение чистых культур молочнокислых бактерий. Все это, а также экспорт технологий сыроделия в другие страны привели к некоторой интернационализации сыроделия. Росла и продолжает расти популярность сыров как массовых продуктов питания. С каждым годом возрастает потребление сыров как в странах с традиционным сыроделием, так и в странах, где ранее сыр не входил в рационы питания. Ожидается, что в ближайшем будущем по удельному весу перерабатываемого молока сыры выйдут на первое место среди всех групп молочных продуктов.

Популярность сыров объясняется их высокой биологической и питательной ценностью. Удачное сочетание незаменимых аминокислот, высокое содержание кальция и широкая гамма микроэлементов, легкоусваиваемая форма молочного жира, приятный вкусовой букет — все это подтверждает таксотрофные свойства сыров. Кроме того, в последнее время получены данные о высокой биологической активности короткоцепочных пептидов, которые сравнивают с витаминами и гормонами. В сырах при созревании образуется огромное количество разнообразных олигопептидов.

По общему объему производства сыров Франция занимает третье место в мире (после США и СССР). Однако она — несомненный лидер в широте ассортимента сыров, в разнообразии их оформления, в сохранении богатых традиций изготовления сыров на фермах и заводах и приготовления из них целой гаммы вкусных блюд.

Большое внимание во Франции уделяется не только обобщению и сохранению накопленного в течение веков таинства изготовления традиционных сыров, но и тщательному изучению всех аспектов современных технологий производства сыров, а также изысканию новых приемов изготовления этого продукта.

Вниманию читателя предлагается перевод книги о сыре, написанной коллективом из 43 французских специалистов, которые, в свою очередь, представляют 19 научно-исследовательских институтов, лабораторий, университетов, фирм и организаций.

В I части излагаются поведение казеиновых мицелл и их окружения при кислотном и сычужном свертывании молока, кинетика совместного концентрирования жировых и белковых компонентов под влиянием нагрева, уровня активной кислотности и механического воздействия на сгусток и сырное зерно. Обращает на себя внимание подробный анализ каждой технологической операции.

Рассмотрев показатель активности воды совместно с процессом посолки, авторы сумели подчеркнуть доминирующее влияние именно этого параметра, а не общего содержания влаги в сыре.

Завершает раздел книги об общих механизмах превращения молока в сыр описание внутренних и внешних факторов, определяющих ход созревания сыра, а также процессы преобразования, происходящие в это время с макрокомпонентами сырной массы.

Несомненный интерес представляют главы второй части книги, в которых излагаются микробный состав свежевыдоенного молока, его изменения при длительном хранении молока на фермах в условиях низких температур и технологические приемы коррекции микробной популяции молока при производстве сыров.

Не менее интересно и подробное описание нативных антимикробных веществ молока и приемов активизации лактопероксидазной системы с целью сохранения сыропригодных свойств молока.

Достаточно глубоко в книге изложены такие проблемы, как реологии сырного сгустка и отличительные черты технологии различных типов сыров.

Определенной новизной отличается описание приемов резервирования сырной массы за счет замораживания, а также методов использования такой массы при изготовлении сыров.

Две части книги (III и IV) посвящены проблемам созревания и хранения сыров. Заслуживает внимания подробное описание всех представителей микробиоценоза сыров, а не только молочнокислых и пропионовокислых бактерий, как принято в отечественной научно-технической литературе. Правда, основное внимание авторы уделяют микрофлоре мягких сыров, созревающих при участии молочнокислых бактерий и белой плесени, которые не получили распространения в нашей стране. К сожалению, это не единственный пробел в книге.

Так, например, отсутствует описание одного из самых эффективных способов предохранения сыров от раннего и позднего вспучивания. Введение в сырную смесь специальных бактериальных препаратов, обладающих антагонистическим действием по отношению к нежелательной, технически вредной микрофлоре, ингибирует развитие как маслянокислых бактерий, так и колиформ.

Несмотря на значительный объем книги, в ней незаслуженно мало внимания уделяется развитию биотехнологических приемов интенсификации и повышения эффективности технологии сыроделия.

Изложение материала отличается нежелательной пестротой. Например, часть VI, посвященная аппаратурному оформлению технологических процессов сыроделия, изложена лишь схематично, в общем виде. С другой стороны, приведено подробное описание получения сыров из восстановленного молока в лабораторном масштабе. Однако это лишь отдельные исключения. В целом же книгу можно рассматривать как свод весьма ценных научных, технических и технологических сведений почти о всех проблемах, имеющих отношение к сыроделию. Особой полнотой сведений отличаются главы с описанием прогрессивных полимерных материалов для упаковки и фасовки сыров, методов фунгицидной обработки поверхности сыров, гигиенических аспектов сыроделия, пищевой и биологической ценности сыров и ряда других технологических процессов производства сыров.

В последней части книги приведены статистические данные о производстве сыров в различных регионах мира и некоторых странах. Данные охватывают все виды сыров, включая свежие, потребляемые без созревания. В соответствующий показатель производства сыров по СССР включены творог и творожные изделия, и по общему объему производства страна занимает второе место. Трудно не согласиться с французскими специалистами в таком изложении фактов. И наоборот, вызывает недоумение отнесение творога статистическими инстанциями в нашей стране к цельномолочной продукции.

Творог и творожные изделия являются замечательными разновидностями свежих сыров. По своим органолептическим и биологическим достоинствам и по объемам производства (второе место в мире после чеддера) эти продукты заслуживают особого внимания.

Можно надеяться, что изложение французскими специалистами теоретических и практических проблем сыроделия будет служить некоторым подспорьем в решении сложных задач повышения качества и ускоренного развития производства сыров в нашей стране.

Г. Г. Шилер

Согласно определению, данному в Общем стандарте, рекомендованном для сыра и приведенном в приложении к Кодексу принципов, касающемуся молока и молочных продуктов (ФАО — ВОЗ), «сыр представляет собой свежий или прошедший созревание продукт твердой или полутвердой консистенции, получаемый:

а) путем свертывания отдельно или в виде смеси молока, обезжиренного молока, частично обезжиренного молока, сливок; сливок, полученных из молочной сыворотки или пахты с помощью воздействия сычужного фермента или других молокосвертывающих препаратов, с последующим частичным удалением молочной сыворотки, образующейся в результате этого свертывания, или

б) с использованием технологий производства, обеспечивающих свертывание молока и/или веществ, являющихся его производными, с тем чтобы получить готовый продукт, основные физические, химические и органолептические характеристики которого идентичны характеристикам продукта, определенного в параграфе *а* Стандарта».

Каждое слово приведенного выше текста имеет четко определенный смысл и занимает в нем свое, раз и навсегда определенное, важное место.

Цель, поставленная перед собой авторским коллективом при создании данной книги, с самого начала заключалась и продолжает заключаться в том, чтобы в свете самых последних научных достижений дать объяснение явлениям, благодаря которым молоко превращается в сыр.

При этом авторы стремились предоставить в распоряжение читателя фундаментальный труд, освещающий общие принципы, если не сказать, «философию» последовательности операций, выполняемых на пути переработки молока в сыр. Материал в книге построен так, чтобы читатель мог обращаться к ней каждый раз, когда у него будут возникать соответствующие необходимость и желание.

Решение о создании книги силами целого коллектива авторов позволило не только достичь поставленных целей, но также обеспечило возможность рассмотрения различных аспектов одних и тех же проблем, существующих в области сыроделия (где до сих пор многое еще остается неясным), через призму различных точек зрения или через восприятие нескольких авторов. Это позволяет выдвигать в отношении недостаточно хорошо изученных явлений самые разные на первый взгляд гипотезы, остающиеся при этом в равной степени обоснованными или заслуживающими оправдания.

С другой стороны, недостаток работы над книгой целой группы авторов заключается в том, что зачастую имеет место чрезмерный объем предлагаемого ими материала. Это заставило нас пойти на установление определенных ограничений.

Вышесказанное означает, что созданная группой авторов книга не является энциклопедией или сборником готовых рецептов, ее задача заключается в том, чтобы систематизировать те познания, которыми мы располагаем на сегодняшний день в отношении изготовления сыра.

Что касается читателя, то каждый раз, когда у него возникнет желание, он сможет пойти дальше, используя прилагаемый в конце каждой главы библиографический перечень.

В переживаемом нами предпоследнем десятилетии двадцатого века обновление приобрело статус постоянной необходимости, касаясь как технологий производства, так и производимых продуктов. Если говорить конкретно о той области, которая является предметом настоящей книги, то авторы убеждены, что разговору о каких-то нововведениях здесь должно предшествовать доскональное изучение того, что делается в ней в настоящее время; это объясняется огромным количеством действующих в ней взаимосвязанных факторов и технологических параметров, не говоря уже о состоянии молока в момент его поступления к сыроделу.

На протяжении многих веков в начале каждой производственной кампании сыроделу приходилось обеспечивать равновесие (неустойчивое) между самыми разными силами, воздействовать на те или иные из них (в любой момент опасаясь «подвоха» со стороны какой-то из этих сил), призывая себе на помощь одни силы для защиты от наступления других или для создания благоприятных условий для действия третьих.

В результате сложилась целая система технологий, позволяющих изготовлять мягкие сыры, сыры с низкой и высокой температурами второго нагревания; кстати, каждая из этих технологий связана с определенной экологической системой (например, со страной, с нескольких сторон окруженной морями, или с районами горных пастбищ). Однако, и это совершенно четко следует из текста Стандарта ФАО — ВОЗ*, не следует закрывать дверь перед новыми технологиями производства, появление которых связано с необходимостью повышения выходов сыра или с соображениями, касающимися сроков потребления готовой продукции.

Высказанные выше соображения подтверждают настоятельную необходимость познания всех механизмов, действующих в сыроделии, что собственно и послужило поводом для создания данной книги.

Авторам представляется логичным тот факт, что в книге много сказано о тех видах сыра, которые наиболее хорошо изучены ими, в частности, о мягких сырах. Эта логика тем более правомерна, что, по твердому убеждению авторов, любое произведение может быть удачным только в том случае, если оно посвящено хорошо известной его создателю теме, что позволяет не только с полным знанием дела обсуждать ее (авторы надеются, что именно так обстоит дело с представленной ими на суд читателя книгой), но, и это самое главное, дает ему возможность синтезировать имеющуюся в его распоряжении информацию, приходя в конечном итоге к созданию общей картины, позволяющей переходить к последующим обобщениям.

Андрэ Эк

* Несмотря на то что в тексте указанного Стандарта установлено важное ограничение, касающееся получения «идентичного продукта».

Часть I

ОБЩИЕ МЕХАНИЗМЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ МОЛОКА В СЫР

Глава 1

СВЕРТЫВАНИЕ МОЛОКА

Ж. Брюль, Ж. Ленуар*

ВВЕДЕНИЕ

Превращение молока в сыр происходит, как правило, в четыре этапа.

Свертывание молока. Речь идет о физико-химических превращениях мицелл казеина под действием протеолитических ферментов и (или) молочной кислоты; эти превращения приводят к появлению сетчатой белковой структуры, называемой сгустком или гелем.

Выделение сыворотки из сгустка. Этот этап заключается в выделении молочной сыворотки после разрезки сгустка с помощью формования и в некоторых случаях прессования. В результате получают сырную массу.

Посолка. Эта операция состоит в нанесении соли на поверхность сыров или внесении ее в сырную массу, или в погружении сыров в рассол.

Созревание. На этом этапе происходят биохимические изменения составных частей сгустка под действием ферментов, имеющих в большинстве случаев бактериальное происхождение.

В зависимости от технологических параметров, используемых в рамках указанных выше четырех этапов, можно получать большое количество самых разных сортов сыра.

Консистенция, вкус и аромат сыра тесно связаны с его составом (содержание воды, белков, жиров, минеральных веществ) и с кислотностью, выражаемой величиной водородного показателя pH сырной массы, а также с условиями созревания. Свойства сырной массы, в свою очередь, зависят от характеристик сгустка, а также от вида и интенсивности его механической обработки, от величины pH, при которой она проводится, и от скорости выделения сыворотки. Реологические свойства сгустка зависят от условий свертывания молока (количество молокосвертывающих ферментов, pH, температура, скорость изменения кислотности) и от свойств молока.

Первый этап превращения молока в сыр играет определяющую роль в установлении свойств готового продукта, поэтому им сыродел должен овладеть максимально. Для этого ему следует углубить свои познания в области биологических и физико-химических механизмов свертывания молока. По мнению авторов, этот вопрос пока еще недостаточно хорошо изучен; имеющиеся знания не позволяют дать исчерпывающее объяснение процессу образования сырного сгустка и дойти до правильного понимания влияния свойств молока и технологических параметров на скорость свертывания молока и на реологические свойства сгустка.

Прежде чем приступать к представлению механизмов, предлагаемых в настоящее время для объяснения процессов образования сгустка с помощью молочной кислоты и сычужного фермента, следует внести уточнение в отношении состояния наших познаний, касающихся состава и структуры мицелл казеина.

---

* G. Brule et J. Lenoir.

1. Мицелла казеина

1.1. Состав и свойства

Мицелла казеина представляет собой частицу шаровидной формы, состоящую из различных фракций казеина (α_{s1}-, α_{s2}-, β-, $\varkappa$-), нескольких олигопептидов (γ-казеины), являющихся результатом гидролитического расщепления β-казеина, и из минеральных веществ, главными среди которых являются кальций и фосфор [1].

Поскольку мицеллы казеина отличаются по размеру, то в таблице 1.1 приведен их средний состав [2].

1.1. Средний состав мицеллы казеина, г/100 г [2]

Фракции казеина		Минеральные вещества	
α_{s1}	33	Кальций	2,9
α_{s2}	11	Магний	0,2
β	33	Неорганические фосфаты	4,3
$\varkappa$	11	Цитраты	0,5
γ	4		
Всего казеинов	92	Всего минеральных веществ	8,0

Крупные мицеллы содержат больше минеральных веществ [3] и меньше β- и $\varkappa$-казеинов, чем мелкие [4].

Средний диаметр мицеллы около 150 нм [5], ее удельный объем составляет около 4,4 мл/г, гидратация 3,7 г/г белка [6], а поверхностный потенциал — от —15 до —20 мВ [7]. Эти физические характеристики придают ей резко выраженные гидрофобные свойства (табл. 1.2) [8].

1.2. Характеристика составных частей мицеллы казеина

1.2.1. Белки

1.2.1.1. Состав и химическая структура

Основные физико-химические характеристики различных фракций казеинового комплекса представлены в таблице 1.3 [2, 9].

Эти белки обладают рядом общих свойств [10]: присутствие фосфора в виде фосфосериновых групп, высокое содержание некоторых аминокислот (глутаминовая кислота, лейцин, пролин) и неполярных остатков. Они отличаются друг от друга количеством фосфосериновых групп, присутствием или отсутствием цистина и углеводов, в большей или меньшей степени выраженным гидрофобным характером и содержанием некоторых аминокислот (например, пролина, треонина и тирозина) (табл. 1.4). Их способность к связыванию щелочноземельных металлов возрастает пропорционально степени фосфорилирования ($\alpha_{s2} > \alpha_{s1} > \beta > \varkappa$).

Определение последовательностей [9—11] позволило локализовать фосфосериновые участки последовательности и доказать существование участков цепи с контрастными свойствами и неравномерным распределением зарядов и уровней гидрофобных свойств. Так, у фракций казеина α_{s1}, α_{s2} и β, отличающихся высоким уровнем фосфорилирования, наблюдается группирование большей части фосфосериновых участков, вследствие чего в пептидной цепи образуются зоны с резко выраженными кислотными и гидрофильными свойствами (рис. 1.1). Эти скопления отрицательных зарядов сообщают

1.2. Средние физические характеристики мицелл казеина [8]

Параметр	Значение
Диаметр, мкм	130—160
Площадь поверхности, см²	$8 \cdot 10^{-10}$
Объем, мл	$2{,}1 \cdot 10^{-15}$
Плотность (после гидратации)	1,0632
Гидратация, г H_2O/г белка	3,7
Удельный объем, мл/г	4,4
Молекулярная масса (после гидратации), Да	$1{,}3 \cdot 10^{9}$
Молекулярная масса (в обезвоженном состоянии), Да	$5 \cdot 10^{8}$
Количество частиц в 1 мл молока, шт.	10^{14}—10^{16}
Средняя дистанция между молекулами, нм	240

1.3. Физико-химические характеристики фракций казеинового комплекса [2, 9]

Показатель	α_{s1}	α_{s2}	β	ϰ
Аминокислотные остатки*	199	207	209	169
Молекулярная масса	23 600	25 200	24 000	19 000
Цистеиновые остатки*	—	2	—	2
Фосфосериновые группы*	8—9	10—13	5	1—2
Углеводы	—	—	—	+
Гидрофобность, кДж/остаток	4,9	4,65	5,6	5,1
Заряд при pH 6,6	—20,9	—14,8	—12,3	—3,0
Чувствительность к химозину	+	—	+	+++
Чувствительность к кальцию	++	+++	+	—

* Количество на моль.

1.4. Аминокислотный состав различных фракций казеинового комплекса (количество остатков на моль)*

Аминокислота	Фракции казеина				Аминокислота	Фракции казеина			
	α_{s1}-B	α_{s2}	β-A₂	ϰ-B		α_{s1}-B	α_{s2}	β-A₂	ϰ-B
Asp	7	4	4	4	Thr	5	15	9	14
Asn	8	14	5	7	Cys-SH		2		2
Glu	25	25	17	13	Met	5	4	6	2
Gln	14	15	22	14	Lys	14	24	11	9
Gly	9	2	5	2	His	5	3	5	3
Ala	9	8	5	15	Arg	6	6	4	5
Val	11	14	19	11	Trp	2	2	1	1
Leu	17	13	22	8	Tyr	10	12	4	9
Ile	11	11	10	13	Phe	8	6	9	4
Ser	16	17	16	13	Pro	17	10	35	20

* Вычисление произведено по данным, приведенным в источниках [12—14]. Присутствие фосфосериновых групп придает фракциям казеинового комплекса весьма большое сродство к кальцию, магнию и микроэлементам [8].

β-Казеин

P P P P P
–glu–ser–leu–ser–ser–ser–glu ... gln–ser–glu...
14 34

α_{s1}-Казеин

P P P P P P
glu–ser–glu–ser–thr ... glu–ser–ile–ser–ser–ser–glu–
45 63

α_{s2}-Казеин

P P P P P P P
val–ser–ser–ser–glu–glu ... gly–ser–ser–ser–glu–glu–ser–ala–
7 35

Рис. 1.1. Последовательности фосфосериновых участков β-, α_{s1}- и α_{s2}-казеинов [9, 11]

фракциям казеина одно из их основных свойств — способность к связыванию кальция.

Распределение зарядов и уровней гидрофобных свойств у фракций казеина α_{s1}, β и ϰ (табл. 1.5) [12] показывает величину фосфосериновых групп. Действительно можно заметить, что наименее гидрофобные и несущие наибольшее количество отрицательных зарядов участки пептидной цепи у α_{s1}-казеина локализуются между аминокислотами 61 и 80 и β-казеина — между аминокислотами 1 и 20.

ϰ-Казеин отличается от других фракций казеина высокой чувствительно-

10 20
PyroGlu–Glu–Gln–Asn–Gln–Glu–Gln–Pro–Ile–Arg–Cys–Glu–Lys–Asp–Glu–Arg–Phe–Phe–Ser–Asp–
(Gln) (Glu) (Gln)
30 40
Lys–Ile–Ala–Lys–Tyr–Ile–Pro–Ile–Gln–Tyr–Val–Leu–Ser–Arg–Tyr–Pro–Ser–Tyr–Gly–Leu–
50 60
Asn–Tyr–Tyr–Gln–Gln–Lys–Pro–Val–Ala–Leu–Ile–Asn–Asn–Gln–Phe–Leu–Pro–Tyr–Pro–Tyr–
70 80
Tyr–Ala–Lys–Pro–Ala–Ala–Val–Arg–Ser–Pro–Ala–Gln–Ile–Leu–Gln–Trp–Gln–Val–Leu–Ser–
90 100
Asp–Thr–Val–Pro–Ala–Lys–Ser–Cys–Gln–Ala–Gln–Pro–Thr–Thr–Met–Ala–Arg–His–Pro–His–
(Asn) (Pro)
105 106 110 120
Pro–His–Leu–Ser–Phe–Met–Ala–Ile–Pro–Pro–Lys–Lys–Asn–Gln–Asp–Lys–Thr–Glu–Ile–Pro–
(His)
130 136 140
Thr–Ile–Asn–Thr–Ile–Ala–Ser–Gly–Glu–Pro–Thr–Ser–Thr–Pro–Thr–Ile–Glu–Ala–Val–Glu–
Thr (variant A)
148 150 160
Ser–Thr–Val–Ala–Thr–Leu–Glu–Ala–Ser–Pro–Glu–Val–Ile–Glu–Ser–Pro–Pro–Glu–Ile–Asn–
(variant A) Asp P
169
Thr–Val–Gln–Val–Thr–Ser–Thr–Ala–Val.OH

Рис. 1.2. Первичная структура пептидной цепи $\varkappa_D$-казеина крупного рогатого скота [10]

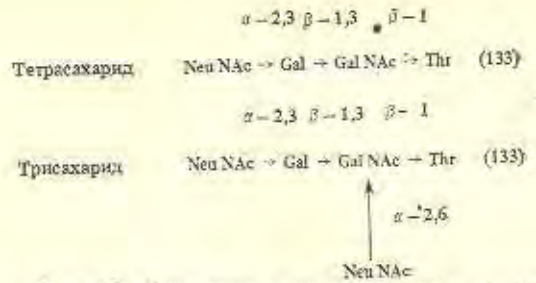


Рис. 1.3. Структура двух выделенных полисахаридов $\varkappa_A$-казеина крупного рогатого скота [14]

стью к воздействию сычужного фермента, слабым сродством к кальцию и присутствием углеводов (см. табл. 1.3). Это свойство гликопротеида выражается в особой структурной неоднородности. Действительно, $\varkappa$-казеин встречается в семи различных формах (от $\varkappa_1$ до $\varkappa_7$), отличающихся друг от друга содержанием углеводов. $\varkappa$-Казеин формы 1 не содержит сахаров, а в $\varkappa$-казеинах форм со второй по седьмую содержание сахаров возрастает [13].

Первичная структура пептидной цепи [10] (рис. 1.2) отличается присутствием двух контрастных зон; концевая последовательность NH_2 (1—105) имеет в целом основный и гидрофобный характер; концевая последовательность COOH (106—169) является кислой и гидрофильной; в этой части отрицательные заряды, обязанные своим происхождением главным образом остаткам глутаминовой кислоты, не собираются в группы, несмотря на то, что локализуются в основном на одном коротком участке (137—158) (см. рис. 1.2 и табл. 1.5).

Структура углеводной фракции пока еще недостаточно изучена. Авторам представляется, что три ее основных компонента (N-ацетил-галактозамин, галактоза и N-ацетилнейраминовая кислота) соединены между собой и образуют три- или тетрасахаридные цепочки [14] (рис. 1.3), связанные с одним или несколькими остатками треонина гликозидным мостиком O. Форма $\varkappa_2$ несет, видимо, одну такую цепочку, а другие формы — от двух до шести таких цепочек. Присутствие этих гликозидных фракций на уровне пептидной цепи 106—169 усиливает гидрофильный характер COOH — концевой последовательности $\varkappa$-казеина.

1.2.1.2. Свойства

Состав и первичная структура казеинов обусловливают ряд их важных физико-химических свойств:

выраженный анионный характер казеина в нейтральной среде, объясняющийся присутствием фосфосериновых групп и/или количеством глутаминовой кислоты;

нерастворимость в воде на уровне изоэлектрической точки (pH 4,6 для общего казеина), объясняющаяся высоким содержанием неполярных остатков;

поведение казеина в присутствии кальция связано с количеством фосфосериновых групп: образование кальциевых комплексов казеиновыми фракциями α_{s1}, α_{s2} и β ведет к снижению их заряда, а их гидрофильный характер приводит к их нерастворимости (табл. 1.6).

Эти данные относятся к фракциям казеина, взятым отдельно, но при наличии достаточного количества $\varkappa$-казеина (около 10%), остальные казеины являются растворимыми в присутствии кальция. Действительно, $\varkappa$-казеин образует с α_s- и β-казеинами комплексы, устойчивые к воздействию кальция. Он обязан этим своим стабилизирующим свойством COOH-концевой последовательности, имеющей гидрофильный характер.

1.5. Последовательность распределения гидрофобных свойств[1] и зарядов[2] фракций казеинового комплекса α_{s1}, β и $\varkappa$ [12]

Последовательность	α_{s1}-B		β-A_2		$\varkappa$-B	
	заряд	гидрофобность, кДж/остаток	заряд	гидрофобность, кДж/остаток	заряд	гидрофобность, кДж/остаток
1—20	+ 2,8	4,9	— 9,6	3,5	—3,0	3,1
21—40	+ 1,0	6,3	— 1,3	3,6	+3,0	7,6
41—60	— 6,7	2,7	— 2,5	4,3	+1,0	7,0
61—80	—10,2	3,0	0	6,8	+2,0	5,75
81—100	— 1,0	5,3	0	6,3	+2,0	3,7
101—120	+ 1,7	5,8	+ 2,4	6,7	+1,5	5,9
121—140	+ 0,9	3,5	— 2,6	5,1	—3,0	4,1
141—160	— 2,0	7,1	+ 0,8	5,9	—5,7	4,6
161—180[3]	— 1,0	5,4	+ 1,0	5,9	—1,0	3,3
181—200[4]	— 3,0	4,8	0	6,4		
201—209			0	8,3		
Всего	—17,5	4,9	—11,8	5,7	—3,2	5,1

[1] По оценке Бигелоу (Bigelow), 1967.
[2] pH 7.
[3] Остатки 161—169 в $\varkappa$-казеине.
[4] Остатки 181—199 в α_{s1}-казеине.

1.6. Растворимость фракций казеина в присутствии кальция (концентрация 0,003 М)

Казеин	При 0—4 °C	При 20—25 °C
α_{s1}	Нерастворим	Нерастворим
α_{s2}	»	»
β	Растворим	»
$\varkappa$	»	Растворим

Стабилизирующая способность $\varkappa$-казеина также прямо связана с агрегирующими свойствами, весьма сильно выраженными у казеинов [7, 12]. Так, в чистых растворах, имеющих pH 7, в отсутствие кальция фракции казеинового комплекса имеют тенденцию к полимеризации, степень которой выше у β- и $\varkappa$-казеинов, чем у α_{s1}-казеина. Неравномерное распределение зарядов у казеиновых фракций β и $\varkappa$ придает им детергентные свойства. В водной среде они имеют тенденцию к агрегатированию за счет связей гидрофобного типа, что выражается в выбросе гидрофильных участков за пределы белковых полимеров. β-Казеин, имеющий форму мономера при 4 °C, быстро полимеризуется при повышении температуры, образуя комплексы, включающие в себя до двадцати белковых фракций. β-Казеин отличается, видимо, несколько большей способностью к образованию комплексов, поскольку молекулярная масса его полимеров была оценена в 600 000, что составляет около тридцати фракций. Авторам представляется также, что $\varkappa$-казеин в меньшей степени зависит от pH и температуры среды и для него свойственно взаимодействие между группами SH (сульфгидрильные группы). Агрегирование α_s-казеинов в силу более равномерного распределения зарядов осуществляется, видимо, большей частью с помощью электростатических

связей между различными мономерами (α_{s1}-казеин) или между димерами, в свою очередь, образованными с помощью дисульфидов (α_{s2}-казеин).

В смеси различных казеинов они агрегируют между собой, образуя комплексы. Исключительно активно $\varkappa$-казеин взаимодействует с α_s-казеинами. При этом также образуются комплексы β—$\varkappa$ или α_s—β, но с меньшими скоростью и силой взаимодействия [7]. В отсутствие кальция эти агрегаты приводят главным образом к появлению гидрофобных участков и участков со скоплениями зарядов; действие групп лизина $\varkappa$-казеина свидетельствует об определяющей роли в формировании этими комплексами сил электростатического притяжения.

В присутствии кальция действуют другие типы связей; фосфосериновые группы соединяются мостиками из ионов кальция, а степень агрегирования значительно повышается; от нескольких десятков белковых фракций в отсутствие ионов кальция она достигает сотен и даже тысяч в том случае, если эти ионы присутствуют. Кстати, появление помутнения при введении кальция в раствор α_{s1}-, $\varkappa$- и β-казеинов является показателем образования крупных комплексов, близких к нативным мицеллам казеина.

1.2.2. Неорганические составные части казеиновой мицеллы

Минеральные вещества, удельный вес которых составляет 8% массы мицеллы, играют определяющую роль в создании мицеллы и сохранении ее целостности. На основе данных, приведенных в таблице 1.1, можно предположить, что в мицеллярной структуре присутствует 65% кальция, 50% неорганического фосфора, 25—30% магния и 8—10% цитрата молока. Таким образом, основными неорганическими составными частями казеиновой мицеллы являются кальций и фосфор.

Кальций частично (около $^1/_3$) непосредственно связан казеинами, главным образом их эфирно-фосфорными комплексами [11, 18]. Фосфор, связанный с сериновыми остатками и называемый органическим, составляет около 40% общего количества фосфора, содержащегося в мицелле; он действительно может служить комплексообразователем для 30% содержащегося в мицелле кальция.

Другая часть кальция находится в состоянии коллоидного фосфата кальция. Природа и способ связывания этого фосфата остаются спорными. Если принять во внимание возможности связывания фосфосериновых участков казеинов, то величина отношения Ca+Mg/P (неорганический) может быть оценена в пределах 1,58. Из этого следует, что коллоидный фосфат, называемый еще минеральным, присутствует главным образом в виде трехкальциевых солей [19, 20]. Рентгенодифрактометрические исследования, проведенные Кноопом и др. (Knoop et al.) [21], не подтвердили присутствия гидроксиапатита. Эти соли кальция присутствуют, вероятно, в аморфной форме. Превращение в кристаллический гидроксиапатит, быстро происходящее в чистых растворах, по всей вероятности, замедляется казеинами и магнием [2]. По мнению Шмидта (Schmidt) [22], коллоидный фосфат присутствует в виде мелких скоплений сферической формы, состоящих из $Ca_9(PO)_4)_6$.

1.3. Мицеллярная структура

1.3.1. Образование казеиновой мицеллы

Выше авторами уже была отмечена определяющая роль связей гидрофобного типа и электростатических связей во взаимодействии между различными фракциями казеинового комплекса. Было также подчеркнуто весьма большое сродство фосфосериновых участков к кальцию и магнию. Это делает вполне вероятным участие этих различных связей в образовании казеиновой мицеллы [23].

Важная роль гидрофобных связей подтверждается в условиях низких температур, которые одновременно снижают интенсивность этих взаимосвязей и приводят к уменьшению размеров мицелл; она подтверждается также воздействием таких расщепляющих веществ, как мочевина или додецилсульфат, имеющих тенденцию к расщеплению казеиновых мицелл на мелкие частицы. Действие электростатических связей доказано влиянием подщелачивания на размеры мицелл. В молоке с pH 12 частицы казеина мелкодисперсны. Главенствующая роль кальциевых и кальций-фосфатных связей в образовании структуры мицелл доказана воздействием таких дезагрегирующих веществ, как ЭДТА, выражающемся в повышении содержания растворимого казеина*, в переходе от молочно-белого цвета раствора к прозрачному, в повышении вязкости. В молоке, не содержащем коллоидного кальция, казеин находится в виде мелких частиц, средний диаметр которых составляет 30—40 нм (против 150 нм в обычном молоке).

1.3.2. Строение казеиновой мицеллы

Строение мицеллы, то есть расположение и распределение ее составных частей, а также способ их соединения пока еще известны лишь на уровне гипотез. В этой области было предложено большое количество различных моделей [24]. Одни авторы использовали глобулярную структуру мицеллы с неравномерным распределением составных частей. Другие предпочли модель, состоящую из субъединиц, или субмицелл [25]. Модель, предложенная Шмидтом (Schmidt) [2, 22], опирается, в частности, на наблюдения, выполненные с помощью электронного микроскопа, на пробах молока, не содержащего коллоидного фосфата кальция и декальцинированного с помощью диализа. По Шмидту, мицелла состоит из скопления субмицелл исключительно белкового характера, отличающихся по своему составу и связанных между собой минеральными веществами (кальцием, магнием и фосфором).

Средний диаметр этих субмицелл, имеющих шаровидную форму, составляет от 15 до 20 нм, их молекулярная масса близка к 250 000, что соответствует присутствию примерно десятка казеиновых мономеров. Как показано на рисунке 1.4, *А*, структура этих субмицелл неоднородна. Видимо, они состоят из гидрофобного ядра, образованного неполярными частями казеинов, и из полярной оболочки, образованной сильно заряженными участками цепей, где, с одной стороны, присутствуют фосфосериновые остатки казеиновых фракций α_{s1}, α_{s2} и β и, с другой стороны, COOH-концевая последовательность $\varkappa$-казеина.

Эти субмицеллы агрегируют между собой с помощью кальция и мицеллярного фосфата, образуя собственно мицеллу. На агрегировании благоприятно сказывается присутствие фосфосериновых участков, локализующихся вне мицелл; эти участки действительно отличаются очень высоким сродством к кальцию и фосфату кальция (рис. 1.5).

Субмицеллы отличаются различным относительным содержанием казеинов и, в частности, $\varkappa$-казеина. Это означает, что зона их поверхности, занятая полярной фракцией $\varkappa$-казеина и вследствие этого не имеющая места для фиксации минеральных веществ, может быть более или менее обширной. Субмицеллы с низким содержанием $\varkappa$-казеина или совсем не содержащие его располагаются внутри мицеллы, а субмицеллы с высоким содержанием $\varkappa$-казеина располагаются вне мицеллы. Таким образом, происходит естественное ограничение роста мицеллы. Этот рост полностью прекращается в момент, когда вся поверхность мицеллы образована только из $\varkappa$-казеина (см. рис. 1.4, *Б*) и когда его полярная фракция, по всей видимости, оказывается развернутой в сторону водной фазы, образуя вокруг мицеллы своего рода «покров» толщиной не менее 5 нм [26].

Такая модель мицеллярной структуры (в которой основная роль отводится неорганическим составным элементам) полностью отвечает известным свойствам казеиновой мицеллы и ее поведению. Она согласуется с отноше-

* Нецентрифугируемый казеин (1 ч, 60 000 *g*).

БИБЛИОТЕКА

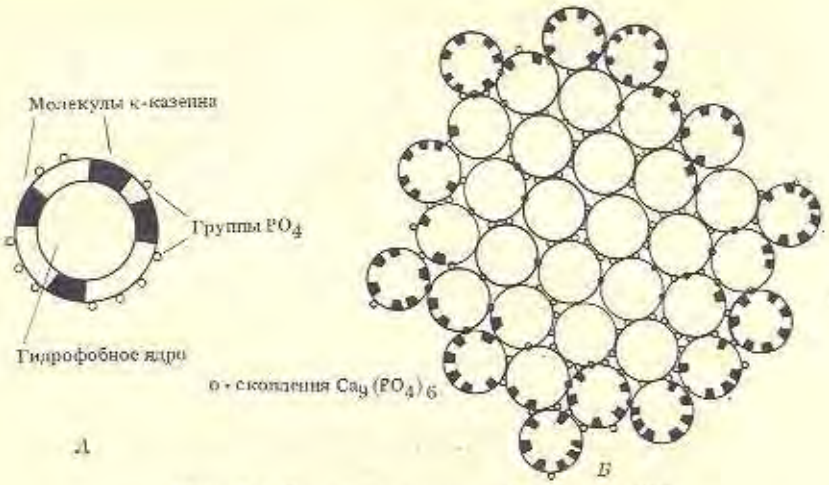


Рис. 1.4. Структура казеиновой мицеллы [22]:
А — субмицелла, *Б* — мицелла

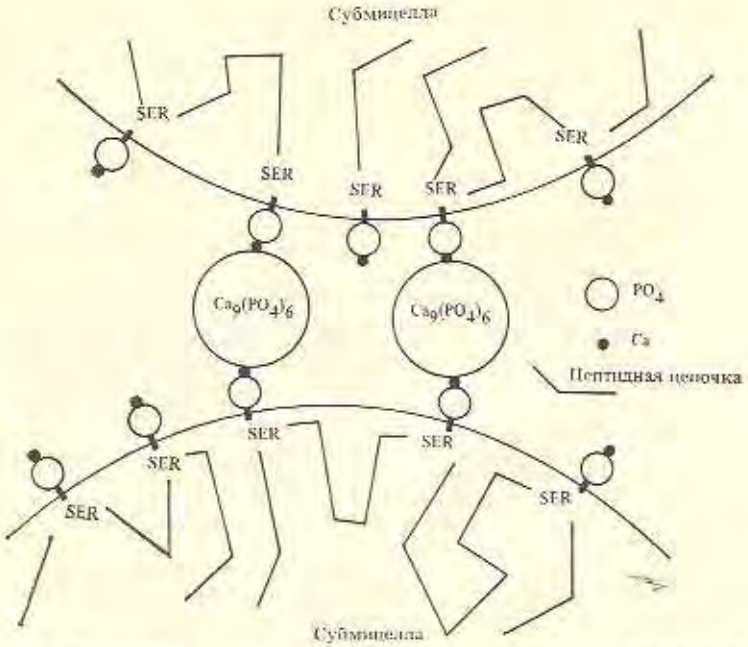


Рис. 1.5. Схема соединения двух субмицелл мостиками из фосфата кальция [22]

ниями между размерами мицелл, содержанием в них минеральных веществ и κ-казеина. Действительно, было с полной очевидностью установлено, что в крупных мицеллах содержится больше фосфата кальция [3, 27], а в мелких — больше κ-казеина [4, 27] Эта модель дает объяснение весьма широкому диапазону размеров мицелл (от 30 до 300 нм), в которых количество субмицелл может составлять от 100 до >1000. Гипотеза о поверхностной локализации, выдвинутая в отношении κ-казеина, согласуется с результатами наблюдений, суть которых состоит в том, что иммобилизованный химозин, неспособный впоследствии проникнуть в мицеллу, почти полностью гидролизует белок. Поверхность мицеллы, не полностью состоящая из κ-казеина, служит объяснением того факта, что после воздействия сычужного фермента мицелла сохраняет определенный отрицательный заряд. Сходство этой поверхности с «волосяным покровом», по-видимому, отражает определенные различия в объемах мицелл, размеры которых изменяются в зависимости от используемых методов измерения, и снижение вязкости, наблюдаемое при воздействии химозина.

Авторы считают необходимым обратить внимание читателя на оригинальность мицеллярной структуры, являющейся уникальной среди подобных белковых систем; эта оригинальность выражается, в частности, в широком диапазоне размеров, а также в том, что эта структура объединяет различные субъединицы, не теряя шаровидной формы [24]. Несомненно, что именно эта особая структура объясняет высокую степень устойчивости мицелл, особенно если обратить внимание на их размеры.

1.4. Динамический характер казеиновой мицеллы

Мицелла казеина находится во взвешенном состоянии в водной фазе молока, в которой основными растворенными веществами являются лактоза и минеральные вещества (соли молока), средний состав которых представлен ниже.

Минеральный состав водной фазы молока, мг/л

Общий кальций	440	Цитрат	1 600
Ионизированный кальций	120	Хлорид (Cl)	1 100
Магний	90	Натрий	450
Фосфат (PO_4)	1 100	Калий	1 150

Растворимый кальций уравновешен кальцием мицеллы. Исследования с помощью меченых атомов позволили определить кинетику кальциевых обменов между растворимой и мицеллярной фазами. Приблизительно 45% кальция мицеллы может принимать участие в этих обменах за один час и 63% — за двое суток [28]. Авторы полагают, что в обмене может принимать участие весь кальций, связанный с органическим фосфором (фосфосерином), в то время как значительная часть кальция, образующего комплекс вместе с минеральным фосфатом, по-видимому, не задействована в этом обмене. Происходящие обмены могут быть нарушены в случае определенных изменений активной кислотности (pH) и при использовании некоторых видов технологической обработки (например, нагревания или замораживания).

Распределение кальция между мицеллой и растворимой (коллоидной) фазой молока зависит от различных факторов, среди которых следует назвать следующие: температуре, pH, ионная сила, содержание растворимого фосфата и растворимого цитрата [29, 30].

Повышение температуры и pH, а также увеличение содержания ионизированного кальция ведут к повышению содержания в казеиновой мицелле кальция и фосфата, а затем и к увеличению ее размеров, тогда как обратный эффект достигается за счет снижения температуры, повышения кислотности или добавления воды, хлористого натрия, цитрата или любого другого

агента, способного образовывать хелатные элементоорганические высокомолекулярные соединения. Так, Хольт и Мюир (Holt, Muir) [31] обнаружили в различных видах молока взаимосвязь между содержанием растворимых цитратов и кальция. Кальциевое смещение мицеллярной фазы в сторону водной фазы сопровождается определенным растворением белков. Так, в частности, обстоит дело с β-казеином при охлаждении молока [30]. Это влечет за собой распад мицеллы.

Изменения распределения минеральных веществ, происходящие в ходе некоторых технологических операций (охлаждения, нагревания, концентрации), являются отчасти обратимыми, но это не позволяет заключить, что так же обстоит дело и с мицеллярной структурой.

1.5. Устойчивость мицеллы казеина

Казеиновые мицеллы, если вспомнить их размеры, обладают высокой степенью устойчивости. Они выдерживают продолжительное хранение и довольно интенсивные операции, связанные с тепловой или механической обработкой.

Устойчивость этих гидрофильных коллоидных частиц шаровидной формы объясняется двумя следующими основными факторами: четко выраженным зарядом и степенью гидратации.

Некоторыми авторами был констатирован кислый характер фракций казеинового комплекса; при определенной активной кислотности молока они несут большое избыточное количество отрицательных зарядов. Мицеллы сами по себе также являются носителями зарядов; под действием электрического поля они мигрируют в сторону положительного полюса [32]. Это позволяет предположить, что их сближению и агрегированию препятствуют силы электростатического отталкивания, способствующие сохранению дисперсного состояния, несмотря на весьма высокую плотность популяции и малые расстояния между частицами [33] (см. табл. 1.2).

Электрокинетический потенциал мицелл является, однако, недостаточным для того, чтобы служить единственным объяснением их устойчивости. Здесь действует еще и второй фактор, а именно: степень гидратации [34]. Действительно, мицеллы казеина связывают значительное количество воды (3,7 г на грамм белка). Часть этой влаги, по всей вероятности, остается на поверхности мицелл, образуя гидратационную оболочку, защищающую и стабилизирующую мицеллу.

Оба указанных выше первоочередных фактора, обусловливающих устойчивость мицелл, в свою очередь, зависят от целого ряда вторичных факторов, одни связаны с минеральным составом водной фазы (концентрация ионов H^+, Ca^{++}, фосфата, цитрата), а другие — с составом собственно мицелл (относительное содержание казеинов, в частности содержание κ-казеина и содержание фосфата кальция). Из этого следует, что в основе дестабилизации частиц, то есть свертывания молока, могут находиться различные агенты, действующие на уровне мицеллы и/или ее окружения; примерами такого воздействия являются кислотное свертывание молока и свертывание с помощью молокосвертывающих ферментов.

2. Механизмы свертывания молока

Свертывание молока, выражающееся в образовании геля, является результатом ряда физико-химических изменений, происходящих на мицеллярном уровне. Механизмы, предлагаемые для объяснения процесса образования сгустка, диаметрально отличаются друг от друга в зависимости от того, идет ли речь о кислотном свертывании или свертывании с помощью молокосвертывающих ферментов.

2.1. Кислотное свертывание молока

Быстрое свертывание молока путем введения в него минеральной или органической кислоты влечет за собой флокуляцию казеинов при pH 4,6 в виде более или менее зернистого осадка, отделяющегося от молочной сыворотки. Напротив, постепенное подкисление, достигаемое либо с помощью молочнокислого брожения, либо гидролизом гликолактонов, ведет к образованию прочного однородного сгустка, занимающего тот же объем, что и использованное для его приготовления молоко.

2.1.1. Механизм кислотного свертывания молока

Снижение pH ведет к снижению степени ионизации кислых свойств казеинов (речь идет об аспартатных, глутаматных и фосфосериновых остатках). Это снижение степени ионизации вызывает падение поверхностного потенциала [6], вследствие чего происходят ослабление способности фракций казеинового комплекса α_s и β к образованию хелатных элементоорганических высокомолекулярных соединений и повышение растворимости солей кальция в воде. Это ведет к постепенному смещению кальция и неорганического фосфата мицеллы в сторону водной фазы [30, 31], то есть к деминерализации мицеллы, достигающей полного объема при pH<5 (рис. 1.6). Поскольку кальций и фосфат играют глазенствующую роль в структуре казеиновых мицелл, исчезновение этих минеральных веществ сопровождается распадом мицелл на субмицеллы.

При pH 5,7—5,8 около 50% коллоидного кальция находится в растворе; в этом случае наблюдается изменение реологических свойств молока, соответствующее, по всей видимости, разупорядочению мицелл, несмотря на то, что часть субмицелл продолжает оставаться связанной между собой фосфокальциевыми связями (см. рис. 1.6). Выше уже говорилось о том, что структура субмицелл объясняется присутствием в β- и κ-казеинах одного участка с гидрофильными свойствами и одного участка с гидрофобными свойствами. Результатом снижения степени ионизации (при снижении pH) полярных участков, расположенных вне субмицелл, является, вероятно, изменение структуры полимеров казеина. Кроме этого, образование молочной кислоты и происходящий в результате этого переход в коллоидное состояние кальция и фосфата мицеллы приводят к значительному возрастанию ионной силы, что может способствовать деполимеризации α_s-казеинов.

Таким образом, в ходе кислотного свертывания молока происходит значительное разупорядочение мицеллы, сопровождающееся изменением четвертичной структуры казеинов. При приближении pH к изоэлектрической точке происходят нейтрализация заряда и значительное снижение уровня гидратации белков, что влечет за собой их переход в нерастворимое состояние.

Полученный таким образом сгусток является результатом образования нерастворимой белковой сетки, охватывающей своими ячейками всю водную фазу. Узлы этой сетки образованы субмицеллами, полностью деминерализованными и претерпевшими более или менее значительные структурные изменения. Межмолекулярные связи, задействованные в формировании белковой сетки, имеют электростатический и гидрофобный характер. Это объясняет непрочность молочного сгустка.

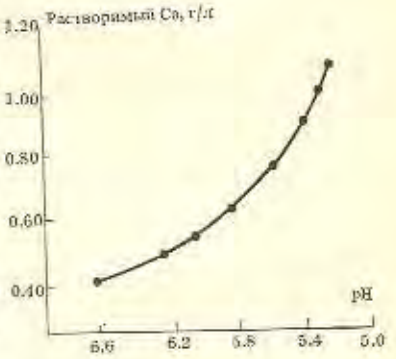


Рис. 1.6. Изменение содержания растворимого кальция молока в зависимости от pH [31]

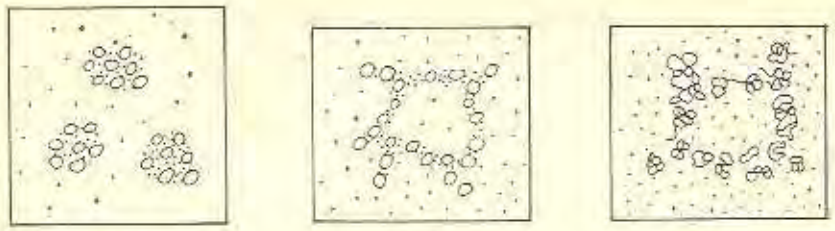


Рис. 1.7. Структурные изменения казеиновых мицелл в ходе кислотного свертывания молока

2.1.2. Факторы, определяющие кислотное свертывание молока

Реологические характеристики молочного геля зависят от индивидуальных особенностей молока, в частности, от содержания в нем белков и от условий свертывания: температуры, скорости нарастания кислотности и pH в конце свертывания.

Здесь следует отметить влияние на способность казеина к кислотному свертыванию такого фактора, как температура.

При низких температурах (от 0 до —5 °C) кислотность молока может возрастать до pH 4,6 без его свертывания, несмотря на небольшую величину четко выраженного заряда [6]; наблюдается лишь повышение вязкости, связанное с дисперсным состоянием казеиновых мицелл (рис. 1.7). Важную роль в механизме чувствительности казеина к свертыванию в зависимости от температуры играет кальций. Действительно, наблюдается, что в растворе казеината кальция или молоке, не содержащих коллоидного фосфата кальция, казеин выпадает в осадок при pH 4,6 и температуре 2 °C, а в молоке, pH которого доведен до 4,6 при 20 °C, весь кальций переходит в состояние раствора, в то время как в молоке с pH 4,6 при 2 °C около 20% коллоидного кальция остается связанным с казеинами. Свою роль играет также эффект низких температур, при котором степень гидратации белков, как правило, возрастает, а уровень гидрофобных взаимодействий снижается.

Напротив, при температурах выше 20 °C повышение кислотности, необходимое для дестабилизации мицелл казеина, является гораздо менее значительным. При 20 °C кислотность, соответствующая свертыванию, близка к 60 °T (54° по шкале Дорника) (pH 4,6), при 40 °C она близка к 44 °T (40° Дорника, pH 5,2).

2.2. Свертывание молока с помощью молокосвертывающих ферментов

Существует большое количество протеолитических ферментов животного, растительного или микробного происхождения, обладающих способностью коагулировать казеиновый комплекс. Наиболее известным молокосвертывающим ферментом, механизм действия которого в достаточной степени установлен, является сычужный фермент, представляющий собой смесь химозина и пепсина, выделяющихся в желудках молодых телят в период выпойки молоком [7, 32, 33].

2.2.1. Механизм сычужного свертывания

Хаммарстен (Hammarsten) выделял в процессе свертывания два этапа, первый из которых, соответствующий фазе специфического воздействия фермента, вызывает ограниченный протеолиз с выделением протеозов (5% казеина) и образованием параказеина в кальциевой среде.

В тридцатые годы двадцатого века Линдерстром-Ланг (Lindersirom-Lang) и Хольтер (Holter) предложили теорию, согласно которой устойчивость казеинового комплекса молока обеспечивается благодаря присутствию определенного компонента, играющего роль стабилизатора. В процессе первичной фазы коагуляции сычужный фермент расщепляет именно этот компонент, а во второй ее фазе происходит флокуляция дестабилизированного казеинового комплекса.

Более поздние работы Нечмана, Алеса и Гарнье (Nitschmann, Alais, Gartier) подтвердили, что свертывание молока сычужным ферментом действительно происходит в две фазы:

первичная ферментативная фаза характеризуется тем, что сычужный фермент расщепляет стабилизирующий компонент казеиновой мицеллы — κ-казеин; этот процесс сопровождается выделением пептида (казеиномакропептид);

вторичная фаза коагуляции соответствует образованию геля и агрегированию измененных под действием фермента мицелл.

Обе вышеуказанные фазы могут быть представлены в виде двух следующих уравнений [29]:

$$E+S \rightleftharpoons ES \longrightarrow E+P+C;$$

$$iP \xrightarrow{k_S} Pi,$$

в которых E, S, P и C соответственно обозначают фермент, субстрат, параказеин и казеиномакропептид, а k_S — константу скорости агрегирования параказеина.

2.2.1.1. Ферментативная фаза

Эта фаза соответствует избирательному расщеплению в κ-казеине одной пептидной связи: Phe_{105}—Me^{1}_{106} (см. рис. 1.2) [10], отличающейся своей исключительной неустойчивостью, объясняющейся природой вовлеченных в этот процесс аминокислот, присутствием смежной сериновой группы и присутствием гидрофобных остатков (лейцин и изолейцин) с каждой из сторон расщепляемой связи [34]. В результате цепь κ оказывается разорванной на два неравных участка: участок 1—105 это пара-κ-казеин, а участок 106—169 — казеиномакропептид.

Все формы κ-казеина независимо от того, содержат они или нет углеводы, претерпевают это гидролитическое расщепление, происходящее с довольно большой скоростью.

Пара-κ-казеин, связанный с α_s- и β-казеинами, остается в составе мицеллы; он имеет выраженный основный и гидрофобный характер (см. табл. 1.5). Казеиномакропептид, включающий в себя все могущие присутствовать углеводы, освобождается и переходит в сыворотку. Он имеет кислый и гидрофильный характер.

Таким образом, состав, структура и соответственно свойства молекулы пара-κ-казеина резко отличаются от тех же показателей исходного κ-казеина; в частности, эта молекула не обладает стабилизирующими свойствами.

2.2.1.2. Фаза коагуляции

Вторичная фаза, которую можно легко наблюдать в молоке, подвергнутом при соответствующей температуре воздействию сычужного фермента, продолжает оставаться недостаточно изученной в плане установления мельчайших подробностей механизма ее действия.

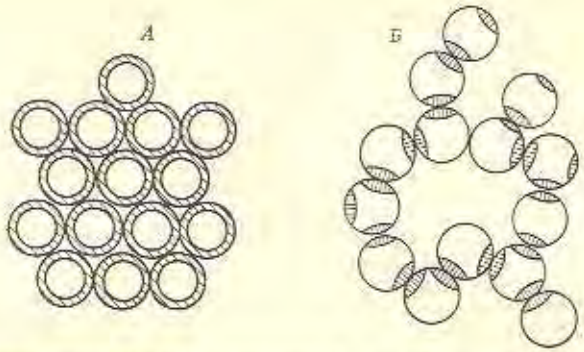


Рис. 1.8. Влияние поверхностной реакционной способности на структуру коагулированного параказеината [29]:

А — равномерно распределенная реакционная способность — плотный осадок, *Б* — локализованная реакционная способность — неплотная сетка

Можно заметить, что освобождение казеиномакропептида и его переход в сыворотку влекут за собой значительное снижение заряда казеиновых мицелл (кстати, их электрофоретическая подвижность снижается вдвое), а также, по всей вероятности, происходит снижение степени их гидратации. Это наносит ущерб обоим факторам, обеспечивающим устойчивость мицеллы; в этот момент появляется возможность для установления межмицеллярных связей, ведущих к образованию сгустка.

По мнению Пайенса (Payens) [35], вторичная фаза представляет собой биомолекулярную реакцию, идентичную той, которая была описана Фон Смолюховски (Von Smoluchowsky) в отношении коагуляции коллоидов в присутствии электролитов. Агрегирование начинается только после гидролитического расщепления 80—90% κ-казеина. Представляется, что постоянная скорости агрегирования *ks* пропорциональна максимальной скорости протекания ферментативной реакции и соответственно концентрации фермента. Агрегирование продолжается и после образования сгустка, но с меньшей константой скорости. Грин (Green) [36] считает, что момент начала вторичной фазы наступает по истечении приблизительно 60% времени общей продолжительности коагуляции.

Реологические свойства сгустка, зависящие от природы и количества межмицеллярных связей, тесно связаны со скоростью коагуляции. По наблюдениям целого ряда авторов, нарастание плотности сгустка происходит тем быстрее, а максимальная плотность тем выше, чем короче время коагуляции*. Это может быть сопоставлено с тем фактом, что константа скорости агрегирования связана со скоростью протекания ферментативной реакции.

В настоящее время нет никаких данных, которые касались бы природы и количества связей, задействованных в процессе агрегирования мицелл параказеината. Здесь может быть выдвинут целый ряд гипотез: речь может идти о гидрофобных связях между остатками пара-κ-казеинов, о солевых мостиках (кальций и фосфат кальция) между α_s- и- β-казеинами, теряющими свою устойчивость в кальциевой среде, а также, возможно, о дисульфидных мостиках между пара-κ-казеинами. Тем не менее четко установлено, что ионный кальций и мицеллярный фосфат кальция играют определяющую роль в процессе агрегирования. Ввиду того что содержание растворимого кальция

* В данной главе термин «продолжительность коагуляции» используется в физико-химическом смысле. Он обозначает время, проходящее с момента внесения фермента до появления первых хлопьев; это соответствует тому периоду, который сыроделы определяют как время между началом сычужного свертывания молока и разрезкой сгустка.

остается неизменным в течение коагуляции, можно предположить, что в случае его участия в формировании межмицеллярных связей он регенерируется из коллоидного кальция и что эта регенерация происходит тем быстрее, чем выше степень лабильности фосфорнокальциевых связей мицеллы.

По мнению Пайенса [29], центры агрегирования мицелл, по всей вероятности, не распределены равномерно по всей поверхности, а в значительной степени локализованы, чем, по-видимому, может объясняться тот факт, что дестабилизация мицелл ведет не к выпадению плотного осадка, а к образованию весьма неплотной белковой сетки, охватывающей всю водную фазу (рис. 1.8).

2.2.2. Факторы, определяющие сычужное свертывание

Коагуляция происходит в две фазы, природа которых различна. Первая фаза является ферментативной, а вторая представляет собой чистую физико-химическую реакцию. Факторы, способные влиять на ту или иную фазу или на обе одновременно, отличаются многообразием. В настоящей главе рассматриваются лишь те из них, которые касаются условий коагуляции; факторы, обусловленные индивидуальными особенностями молока, представлены во второй части книги (см. главу 2, пункт 2.3).

Влияние природы и концентрации молокосвертывающих ферментов. Скорость коагуляции и в некоторой степени реологические характеристики геля часто изменяются в зависимости от вида используемых молокосвертывающих ферментов, а при использовании сычужного фермента зависят от относительного содержания в нем химозина и пепсина. Этот вопрос рассматривается в первой главе второй части книги.

Что касается влияния концентрации ферментов, то известно, что время коагуляции t_c обратно пропорционально количеству используемого фермента. Это правило Сторка и Сегелке (Storch, Segelke), действительное для определенных диапазонов температуры, pH и концентрации фермента, выражается уравнением $t_c = t_0 + K/C$, в котором K — константа, C — количество фермента, t_0 — время между моментом прекращения ферментативной реакции и моментом свертывания.

Оно лежит в основе определения свертывающей активности выпускаемых промышленностью препаратов сычужного фермента [37].

Согласно теории Пайенса [29, 35] продолжительность коагуляции обратно пропорциональна величине квадратного корня из максимальной скорости протекания ферментативной реакции V и константой скорости агрегирования *ks*:

$$t_c = 1/\sqrt{ksV/2}.$$

Поскольку постоянная *ks* пропорциональна V, можно сделать вывод о том, что t_c обратно пропорциональна концентрации фермента, а это согласуется с правилом Сторка.

Следует отметить, что концентрация фермента влияет и на реологические свойства геля, в частности, на скорость его уплотнения, максимальную плотность и упругость.

Температура. Процесс свертывания в значительной мере зависит от температуры. При температурах ниже 10 °С свертывание молока не происходит. В диапазоне температур от 10 до 20 и даже до 40—42 °С скорость свертывания постепенно нарастает. Затем она снижается, и при температуре выше 65 °С свертывание прекращается, фермент теряет свертывающую активность.

Данные, полученные Рамэ и Вебэром (Ramet, Weber) [43], позволяют проиллюстрировать воздействие температуры на время коагуляции в интервале температур между 25 и 50 °С:

T (°С)	25	30	35	40	45	50
t_c (относительное)	2,1	1,4	1,1	1	1,05	2,3

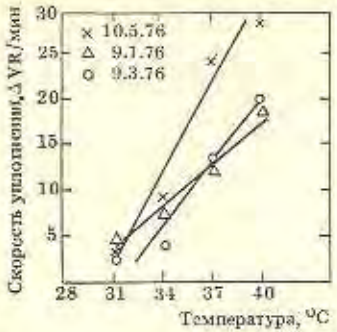


Рис. 1.9. Влияние температуры на скорость уплотнения сычужного сгустка [40]

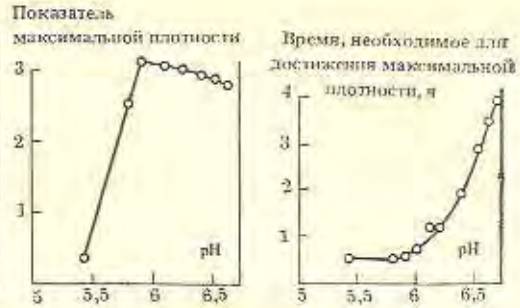


Рис. 1.10. Влияние pH на скорость уплотнения и максимальную плотность сычужного сгустка [38]

Это влияние температуры обусловлено двумя факторами, один из которых заключается в воздействии на ферментативную реакцию, а второй — на фазу коагуляции. Между этими факторами имеются весьма существенные различия.

Температура оказывает более сильное влияние на скорость агрегирования (вторичная фаза), чем на скорость ферментативной реакции (первичная фаза). Q_{10} первичной реакции (отношение постоянных скорости, соответствующее интервалу температур 10 °C) составляет около двух, тогда как то же отношение у вторичной реакции близко к двенадцати [39]. Столь сильное различие служит объяснением того факта, что при низких температурах можно осуществлять первичную фазу, не вызывая свертывания молока.

Следует отметить, что температура влияет и на скорость уплотнения геля [40] (рис. 1.9).

pH. Влияние pH на продолжительность коагуляции и плотность геля довольно существенно. Продолжительность коагуляции короче, а плотность геля выше в случае, если pH опускается ниже уровня pH молока. Напротив, при повышенном pH (выше 7) коагуляция прекращается, поскольку фермент быстро теряет свою свертывающую активность.

Ниже представлено изменение времени коагуляции в интервале изменения pH от 6,7 до 6 [38].

pH	6,0	6,3	6,5	6,7
t_c (относительное)	1,0	1,5	2,2	4,2

Влияние изменения кислотности на продолжительность коагуляции в известной степени объясняется его воздействием на активность фермента (оптимум pH для воздействия фермента на κ-казеин составляет 5,5, а максимальная стабильность его действия находится в интервале pH 5—6). Повышение кислотности также положительно сказывается на протекании вторичной реакции вследствие снижения устойчивости казеиновых мицелл, связанного с нейтрализацией зарядов, и вследствие выделения ионов кальция из растворенных и коллоидных комплексов. Наблюдалось, кстати, что фаза коагуляции обладает более высокой чувствительностью к снижению pH, чем фаза ферментативной реакции. При изменении pH от 6,7 до 5,6 продолжительность коагуляции сокращается в семь раз, а скорость вторичной реакции возрастает в тридцать раз [39].

Повышение скорости коагуляции путем снижения pH сопровождается значительным повышением скорости уплотнения геля и уровня его максимальной плотности, за исключением случаев, когда pH составляет менее 6 (рис. 1.10) [38], то есть ниже уровня, при котором начинают ощущаться последствия деминерализации и дезагрегирования казеиновых мицелл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Eigel W. N., Butler J. E., Ernstrom C. A., Farrel H. M. Jr., Harwalker V. R., Jenness R. et Whitney R. Mcl. 1984. J. Dairy Sci., 67, 1599—1631.
2. Schmidt D. G., 1980. Neth. Milk Dairy J., 34, 42—64.
3. Holt C. et Muir D. D., 1978. J. Dairy Res., 45, 347—353.
4. Mc Gann T. C. A., Kearney R. D. et Donelly W. J., 1979. J. Dairy Res., 46, 307—311.
5. Schmidt D. G., Waistra P. et Buchheim R. D., 1973. Neth. Milk Dairy J., 27, 128—142.
6. Bloomfield V. A. et Morr C. V., 1973. Neth. Milk Dairy J., 27, 103—120.
7. Darling D. F. et Dickson J., 1979. J. Dairy Res., 46, 441—451.
8. Mc Mahon D. J. et Brown R. J., 1984. J. Dairy Sci., 67, 499—512.
9. Swaisgood H. E., 1982. In Developments in Dairy Chemistry. I. Proteins, p. 1—60 (Ed. P. F. Fox), Appl. Sci. Publish., London.
10. Garnier J., Mocquot G., Ribadeau-Dumas B. et Maubois J. L., 1968. Ann. Nutr. Alim., 22 (2), в 495—552.
11. Dickson I. R. et Perkins D. J., 1971. Biochem. J., 124, 235—240.
12. Mercier J. C., Grosclaude F. et Ribadeau-Dumas B., 1972. Milchwissenschaft, 27, 402—407.
13. Mercier J. C., Brignon G. et Ribadeau-Dumas B., 1973. Eur. J. Biochem., 35, 222—335.
14. Brignon G., Ribadeau-Dumas B., Mercier J. C. et Pelissier J. P., 1977. FEBS. Lett., 76, 274—279.
15. Payens T. A., 1982. Le Lait, 62, 306—320.
16. Pujolle J., Ribadeau-Dumas B., Garnier J. et Pion R., 1966. Biochem. Biophys. Res. Commun., 25, 285—290.
17. Jolles P. et Fiat A. M., 1979. J. Dairy Res., 46, 187—191.
18. Brule G., 1981. Rev. Lait fr., 400, 61—65.
19. Pyne G. T. et Mc Gann J. C., 1960. J. Dairy Res., 27, 9—17.
20. Jenness R., 1973. Neth. Milk Dairy J., 27, 251—257.
21. Knoop A. M., Frede E. et Precht D., 1978. Milchwissenschaft, 33, 696—697.
22. Schmidt D. G., 1982. In developments in Dairy Chemistry. I. Proteins, p. 61—86. (Ed. P. F. Fox), Appl. Sci., Publish., London.
23. Thompson M. P. et Farrell H. M., 1973. Meth. Milk and Dairy J., 27, 220—239.
24. Slattery C., 1976. J. Dairy Sci., 59, 1547—1556.
25. Schmidt D. G. et Payens T. A. J., 1976. Surface Colloid. Sc., 9, 165—229.
26. Walstra P. et Jenness R., 1984. Dairy Chemistry and Physics. Wiley & Sons, New-York.
27. Dalgleish G., Brinkhuis J. et Payens T. A. J., 1981. Eur. J. Biochem., 119, 257—261.
28. Yamauchi K. et Yoneda Y., 1977. Agr. Biol. Chem., 41, 2395—2399.
29. Brule G. et Fauquant J., 1981. J. Dairy Res., 48, 91—97.
30. Pierre M. et Brule G., 1981. J. Dairy Res., 48, 417—428.
31. Holt C. et Muir D., 1974. J. Dairy Res., 46, 1—27.
32. Pearce K. J., 1976. J. Dairy Res., 43, 27—36.
33. Green M. L., 1973. Neth. Milk Dairy J., 27, 278—285.
34. Payens T. A. J., 1979. J. Dairy Res., 46, 291—306.
35. Davies D. T. et White J. C. D., 1960. J. Dairy Res., 27, 171—190.
36. Brule G., Maubois J. L. et Fauquant J., Le Lait, 54, 600—615.
37. Lindquist B., 1963. Dairy Sci. Abstr., 25, 257—264, 299—308.
38. Alais C., 1974. Chimia, 28, 597—604.
39. Visser S., 1981. Neth. Milk Dairy J., 65, 65—88.
40. Payens T. A. J., 1976. Neth Milk Dairy J., 30, 55—59.
41. Green M. L. et Morant S. V., 1981. J. Dairy Res., 48, 57—63.
42. Collin J. C. et Grappin R., 1977. Revue Lait. fr., 355, 389—394.

43. Ramet J. P. et Weber F., 1980. Le Lait, 60, 1—13.
44. Cheryan M., Vanwik P. J., Olson N. F. et Richardson T., 1977. J. Dairy Sci., 58, 477—481.
45. Kowalchyk A. W. et Olson N. F., 1977. J. Dairy Sci., 60, 1256—1259.

Глава 2

ВЫДЕЛЕНИЕ СЫВОРОТКИ ИЗ СГУСТКА

Ф. Вебэр*

1. Определение и цель

Рассматривая сгусток, полученный с помощью молокосвертывающих ферментов, в состоянии покоя по истечении более или менее продолжительного времени, определяемого условиями его образования, можно заметить, что на всей поверхности внезапно выступают капли молочной сыворотки. Капли постепенно увеличиваются в размерах, соединяются между собой и, наконец, образуют вокруг сгустка жидкую оболочку, а он тем временем уменьшается в объеме. Этот процесс концентрации сгустка путем выделения воды и растворимых элементов называется синерезисом. Он часто встречается в гельных системах.

Для получения сыра (если не говорить об этапе его созревания) молочная сыворотка, выделяющаяся в процессе синерезиса, независимо от того, находится она вне сгустка или между его слоями или зернами, должна быть обязательно отделена от него. Это отделение осуществляется обычно путем декантации и фильтрации. Общий термин «выделение сыворотки из сгустка» должен подразумевать всю совокупность процессов и операций по отделению сыворотки, а не только синерезис, с которым его часто путают.

На практике сыворотка выделяется в два этапа. На первом происходит собственно выделение, или основное выделение, в ходе которого происходит удаление большей части молочной сыворотки. Этот этап начинается сразу после завершения свертывания и продолжается до момента извлечения сырной массы из форм. Второй этап заключается в дополнительном выделении сыворотки. Он начинается с момента извлечения сырной массы из форм и продолжается до момента подачи сыра на созревание. Основные элементы второго этапа: посолка, затем обсушивание сырной массы. Обсушивание не следует путать с испарением воды, которое может происходить одновременно с ним. Выделение сыворотки из сгустка — это динамический процесс, основной характеристикой которого служит количество молочной сыворотки, выделившейся за определенный промежуток времени.

Роль выделения сыворотки из сгустка не ограничивается доведением содержания влаги в сгустке до определенного уровня с тем, чтобы полученный сыр отвечал определенным требованиям, установленным технологией его производства, нормативными документами и правилами реализации. Выделение сыворотки позволяет также регулировать уровень минерализации сгустка и степень удаления молочного сахара. Деминерализация заключается в постепенном растворении, сопровождающемся переходом в сыворотку коллоидного кальция, обычно связанного с казеином. Этот переход происходит под действием молочной кислоты, образующейся при сбраживании лактозы. Количество кальция, остающегося связанным с казеином, определяет большую часть физических свойств сгустка и играет заметную роль в созревании некоторых сортов сыра. Выделение молочного сахара управляет содержанием кальция в сгустке, то есть его кислотностью, которая, в свою очередь, обусловливает деминерализацию и влияет на процесс созревания сыра. Оба эти свойства связаны со скоростью и полнотой выделения сыворотки, которые

* F. Weber.

зависят от типа свертывания, степени активности процесса молочнокислого брожения и рассматриваемых ниже факторов, влияющих на выделение сыворотки.

2. Механизмы выделения сыворотки

Для сыродела-практика появление сыворотки означает начало ее выделения. В действительности, это лишь видимое проявление многоэтапного процесса отделения сыворотки, начинающегося в ходе свертывания молока [6, 14, 17]. Основные механизмы выделения сыворотки могут быть различными в зависимости от способа получения сгустка (с помощью молокосвертывающих ферментов или путем кислотного свертывания).

2.1. Выделение сыворотки из сгустка, полученного с помощью молокосвертывающих ферментов

Первый этап дегидратации казеина начинается под действием коагулирующей протеазы и выражается выделением гидрофильных соединений [2, 3]. Однако вода, окружающая отдельные казеиновые мицеллы и их скопления, препятствует их агрегированию и, таким образом, оказывает сопротивление синерезису путем установления вторичных связей [14, 37]. Тепловая обработка сгустка, известная под названием «нагревание» и применяемая для прессующихся сыров, приводит к снижению содержания влаги в сыре и, благоприятно сказываясь на установлении межмолекулярных связей, усиливает выделение сыворотки из сгустка.

В течение следующих этапов выделения сыворотки постепенное снижение содержания гидратационной воды создает условия для установления между скоплениями мицелл различных связей [6, 7, 13]. Эти усиливающиеся и становящиеся все более многочисленными связи приводят к сжатию сгустка и выделению сыворотки, которую можно наблюдать визуально [24]. К первому типу связей относятся водородные. Они довольно слабые, и, несмотря на то, что их большое количество придает сгустку заметную степень связности, авторы полагают, что их влияние на синерезис невелико. В результате происходящих в процессе свертывания молока молекулярных перестановок выделяются определенные активные группы, между которыми устанавливаются другие связи, в частности, с помощью двухвалентных катионов (главным образом кальция). Снижение содержания коллоидного фосфата кальция и отношения Ca/N, увеличивающее продолжительность свертывания, приводит к недостаточному выделению сыворотки [21, 27].

Позднее, когда процесс синерезиса заходит достаточно далеко, между белковыми молекулами образуются дисульфидные мостики [7]. Их ковалентная природа создает возможность для установления прочных связей. Все серосодержащие аминокислоты, оставшиеся в параказеине, могут образовывать дисульфидные мостики, появление которых представляет собой заключительный этап синерезиса [16].

Таким образом, синерезис сгустков, полученных с использованием молокосвертывающих ферментов, может рассматриваться как результат непрерывного взаимодействия между белками, происходящего в условиях установления связей различных типов, возможность для которого появляется после снижения содержания гидратационной воды, окружающей мицеллы казеина. Постепенное увеличение силы и числа связей ведет к стягиванию волокнистой казеиновой сетки и выделению содержащейся в ее промежутках сыворотки. Кроме этого, представляется возможным, что протеолитическое расщепление, которое происходит в результате действия молокосвертывающего фермента, освобождает реакционноспособные участки, благоприятствующие установлению новых связей, поскольку способность сгустка к выделению сыворотки зависит от интенсивности и специфических особенностей протеолитической активности используемого фермента [20, 30].

Несмотря на действие сил сжатия, выделение сыворотки происходит медленно и в незначительных количествах, так как она с трудом проникает через массу сгустка, которая в силу минерализации отличается низким уровнем проницаемости. Для ускорения процесса выделения сыворотки следует увеличить площадь ее эксудации с помощью разрезки сгустка, в ходе которой, помимо всего прочего, на эти поверхности эксудации действуют силы, относящиеся к разряду тех, которые управляют поверхностным натяжением жидкости [35].

Силы сжатия сгустка встречают сопротивление со стороны определенных сил, имеющих обычно менее высокий уровень и ведущих к вспучиванию сгустка [35].

Скорость и полнота выделения сыворотки определяются результирующей этих сил, которые некоторое время спустя взаимно уравновешиваются, вызывая прекращение выделения сыворотки. Теоретически это равновесие должно было бы привести к уровню гидратации казеина, близкому к 2,5 г воды на грамм казеина. Практически же это предельное значение никогда не достигается из-за присутствия капиллярной воды.

2.2. Выделение сыворотки из сгустка, полученного путем кислотного свертывания

В случае, если сгусток получен исключительно путем кислотного свертывания молока, происходит разрушение мицеллярной структуры. Она принимает вид скопления мелкодисперсных и деминерализованных частиц казеина. Такая структура не обладает способностью к синерезису, поскольку в отсутствие кальция могут устанавливаться лишь слабые связи, неспособные обеспечить сжатие сгустка [1]. Кроме этого, отсутствие процесса ферментативного протеолиза препятствует установлению новых связей [30]. Выделение сыворотки из сгустка этого типа можно рассматривать как обычное вытекание жидкости через пористую массу. Значительное количество воды задерживается в сгустке не только из-за отсутствия сил сжатия, но также и потому, что казеин, лишенный своей фосфатно-кальциевой структуры, образует пластичную массу, задерживающую сыворотку [11].

2.3. Выделение сыворотки из сычужно-кислотного сгустка

В большинстве технологий производства сыра свертывание молока осуществляется с помощью молокосвертывающих ферментов и сопровождается нарастанием кислотности, степень интенсивности которой зависит от типа вырабатываемого сыра. Определенное соотношение между количеством свертывающего фермента и повышением кислотности придает каждому сгустку его индивидуальные свойства, не выходящие за пределы градиента, включающего в себя как свойства сгустка, полученного с помощью молокосвертывающего фермента, так и сгустка, полученного в результате кислотного свертывания.

Сказанное позволяет предположить, что присущая сгустку этого смешанного типа способность к выделению сыворотки зависит от сил сжатия, оказывающих давление на находящуюся в сгустке молочную сыворотку, и от проницаемости сгустка [32, 35]. По мере повышения кислотности действие сил сжатия ослабевает, в то время как проницаемость сгустка увеличивается вплоть до разрушения мицеллярной структуры.

В таблице 2.1 приведены основные технологические характеристики, принимаемые во внимание в момент начала выделения сыворотки из сгустков, полученных с помощью молокосвертывающих ферментов и путем кислотного свертывания. Также сообщаются тенденции изменения этих характеристик, приведенных для такого сгустка, в котором происходит повышение кислотности.

2.1. Характеристики сгустков в начале выделения сыворотки в зависимости от используемого метода свертывания молока

Свойства сгустка	Тип свертывания		
	ферментативное	кислотное	смешанного типа*
pH	6,7—6,5	<4,5	Н
Мицеллярная структура	Изменяется	Разрушается	У
Минерализация (Са, связанный казеином)	+	—	У
Плотность	—	+	Н
Прочность	—	+	Н
Эластичность	+	—	У
Проницаемость	—	+	Н
Сжимаемость	+	—	У
Упругость	+	—	У
Способность к самопроизвольному выделению сыворотки	—	+	Н
Пригодность для механической обработки	+	—	У
Испаряющая способность	—	+	Н
Влажность после выделения сыворотки	—	+	Н
Связность после выделения сыворотки	+	—	У

* Характеристика превращения сгустка, полученного ферментативным путем, в кислотный сгусток:
+ сильно выраженное;
— слабо выраженное;
Н — тенденция к нарастанию;
У — тенденция к убыванию.

2.4. Жидкая фаза сырного сгустка

Свежеприготовленный сгусток отличается высокой влажностью. Содержание влаги в нем равно содержанию воды в исходном молоке, то есть составляет около 90%. Количество воды, подлежащей удалению, колеблется в довольно широких пределах и в зависимости от сорта вырабатываемого сыра может быть от менее 30 до более 85%.

Вода, содержащаяся в сырном сгустке, присутствует в трех видах [32, 33, 37]:

вода, заполняющая полости между скоплениями казеиновых мицелл; это так называемая свободная вода, которая естественным путем вытекает из сгустка в процессе выделения сыворотки;

вода, содержащаяся внутри волокнистой казеиновой сетки в своего рода капиллярах, где она обычно задерживается. Эта вода может удаляться только при сжатии сгустка и с помощью различных видов обработки (например, нагревания);

связанная (капиллярная) вода является, по мнению авторов, как бы чем-то средним между связанной и свободной водой. Возможно, что вместе со связанной водой, она образует гидратационную воду казеина. Под действием различных технологических факторов (температуры, pH, вида и количества молокосвертывающего фермента) эта гидратационная вода может, вероятно, переходить в состояние свободной воды, образуя таким образом флуктуирующую массу, которая в зависимости от используемых технологий производства позволяет устанавливать влажность, необходимую для каждого вида сыра.

3. Теория процесса выделения сыворотки

Помимо центрифугирования, которое применяется при изготовлении некоторых видов сыра, отличающихся высоким уровнем кислотности и деминерализации, существует два основных способа выделения сыворотки из сгустка. При выделении сыворотки в сырной ванне сгусток разрезается на кубики или дробится на зерна, плавающие в выделяющейся из них сыворотке. В случае выделения сыворотки в процессе формования сгусток после определенного измельчения сохраняется в виде единой массы, выделение сыворотки из которой происходит по мере ее образования.

Теоретические исследования процесса выделения сыворотки и управляющих им законов проводились недостаточно широко. По мнению Кирхмайера (Kirchmeier) [18], изменение объема зерна сычужного сгустка следует определенному экспоненциальному закону и зависит от температуры и продолжительности процесса. Кунц и др. (Kunz et al.) [22], основывающие свою теорию на принципах термодинамики, приходят к закону того же типа в отношении изменений массы частицы гелеобразного вещества.

3.1. Выделение сыворотки в сыродельной ванне без отливания

Продолжая работы Кирхмайера, Вебэр [40] считает, что в ходе выделения сыворотки изменение массы кубиков сычужного сгустка, полученного при pH 6,6, следует экспоненциальному закону; это относится и к количеству выделяющейся сыворотки. Если допустить, что масса кубиков размером 2 см, полученных путем разрезки сгустка по окончании свертывания, составляет 8,25 г и что к концу выделения сыворотки эта масса уменьшится на 85%, то изменение массы P кубиков будет происходить согласно следующему закону:

$$P=8{,}25[0{,}15+0{,}85\cdot e^{-a(t-t_0)}],$$

то есть

$$P=1{,}2375+7{,}0125\cdot e^{-a(t-t_0)}, \qquad (1)$$

где t — момент внесения сычужного фермента; t_0 — начало синерезиса.

Определенные погрешности, имеющие место при разрезке и измерении массы кубиков, приводят, по всей вероятности, к неправильным значениям t_0. Поэтому приходится допускать, что начало синерезиса совпадает не с моментом внесения сычужного фермента, а с моментом прекращения флокуляции.

В этом случае формула (1) принимает следующий вид:

$$P=1{,}2375+7{,}0125\cdot e^{-at}, \qquad (2)$$

где t отсчитывают с момента прекращения флокуляции.

Это уравнение позволяет построить теоретическую кривую хода выделения сыворотки, представленную на рис. 2.1. Следует отметить ее великолепную корреляцию с действительной кривой, а также то, что теоретические значения массы сгустка практически накладываются на действительные.

При этом следует также отметить, что даже если уравнение экспоненциального типа и дает возможность для описания явления синерезиса кубиков сгустка, находящихся в выделяющейся сыворотке, величина коэффициента a в каждом конкретном случае бывает разной, поскольку она является результатом воздействия различных факторов, влияющих на процесс выделения сыворотки. К тому же это уравнение может быть использовано только после того, как экспериментальным путем будут установлены первые точки действительной кривой.

3.2. Выделение сыворотки в процессе формования [40]

Удаление сыворотки из формы можно сравнить с процессом, происходящим в цилиндрической емкости. Если в днище последней проделать отверстие, выход жидкости будет пропорционален ее объему. Снабдив боковую поверхность цилиндра одинаковыми по размеру отверстиями, равномерно расположенными по всей высоте, мы увидим, что если пренебречь объемом жидкости, вытекающим через нижнее отверстие, то ее выход будет пропорционален квадрату ее объема. Здесь так же, как и при выделении сыворотки без отливания, можно предположить, что ее удаление следует экспоненциальному закону.

При использовании перфорированных форм, установленных на маты, наблюдается, что вначале кривая выделения сыворотки, построенная с помощью экспоненциального уравнения, достаточно точно накладывается на действительную кривую. Спустя определенный промежуток времени, величина которого зависит от условий проведения эксперимента (при формовании сычужного сгустка, нарезанного на полоски высотой 2,5 см, это время составляет около 30 мин), точки теоретической кривой будут иметь более высокие значения, чем наблюдаемые в действительности, что говорит о заметном снижении действительной скорости выделения сыворотки. Становится ясно, что в начале выделения сыворотки ее отвод происходит одновременно как через маты, так и через отверстия в формах. Затем выход сыворотки постепенно изменяется, становясь пропорциональным ее объему, а это значит, что он происходит главным образом через маты. Если применяется форма без перфораций, из которых сыворотка удаляется только через маты, теоретическая кривая ее удаления вначале проходит весьма близко к действительной кривой, но затем, как и в предыдущем случае, резко отходит от нее. Основной причиной такого замедления удаления сыворотки является забивка отверстий в формах и матах. Это объясняется различными факторами, среди которых можно назвать следующие: тип сгустка, температурный и влажностный режимы окружающей среды, тип используемого оборудования.

Эти результаты подтверждают идею о том, что в основе кинетики выделения сыворотки из сгустка в процессе формования лежат его способность к синерезису и возможность удаления сыворотки из формы. Процесс синерезиса следует экспоненциальному закону, но удаление сыворотки рискует быстро замедлиться вследствие недостаточных количеств и размеров отверстий в формах, а также в результате их забивки. Количество, размеры и расположение отверстий составляют один из важнейших факторов, влияющих на выделение сыворотки, поскольку они определяют, в частности, действительную скорость прохождения этого процесса, то есть продолжительность контакта между сгустком и сывороткой, влияющую на физико-химические свойства сырной массы. Можно предположить, что для технологии производства каждого вида сыра существует оптимальная модель перфораций формы. И если можно компенсировать недостаточное удаление сыворотки путем переворачивания форм, то эта операция, помимо неудобств, создаваемых ей в плане необходимости выполнения механических операций по перемещению форм, не обеспечивает непрерывного и быстрого удаления сыворотки, что сказывается на физико-химических и микробиологических свойствах сыра. Так, например, застой сыворотки в сырной массе способствует зарождению микрофлоры, отрицательно влияющей на качество сыра.

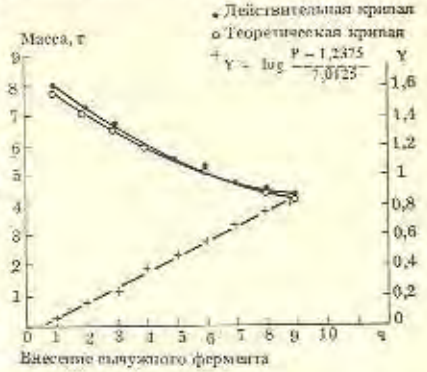


Рис. 2.1. Теоретическая и действительная кривые выделения сыворотки из сырного зерна, полученного методом сычужного свертывания

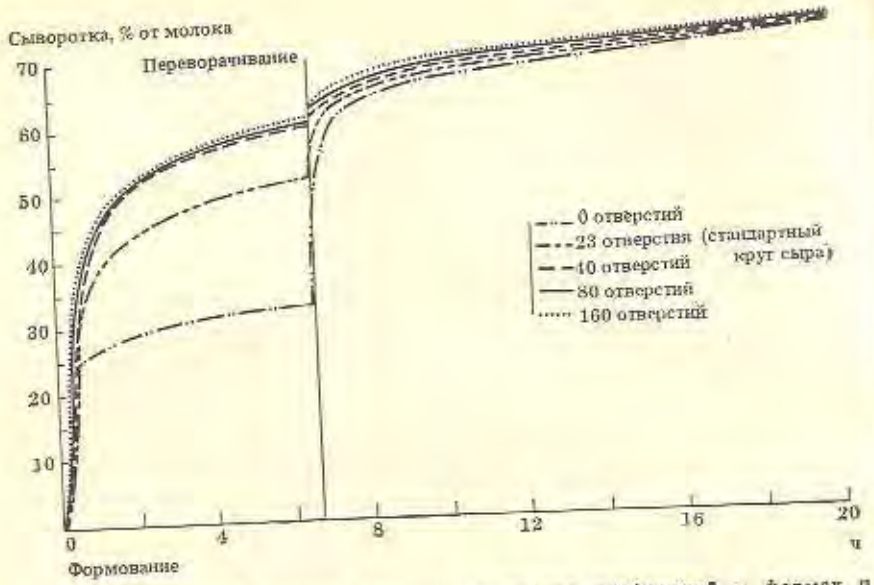


Рис. 2.2. Сычужный сгусток: влияние количества перфораций в формах и числа переворачиваний на выделение сыворотки

На рисунке 2.2 показано влияние количества перфораций в формах и числа переворачивания на ход выделения сыворотки.

Интересно отметить, что кривые выделения сыворотки имеют сходство с кривыми химической кинетики так называемых последовательных реакций. Наблюдается также, что они имеют сходство с кривыми прироста, используемыми в скотоводстве. Так, формула Берталанфи (Bertalanffy) [5] позволяет построить теоретическую кривую, полностью отражающую полученные в ходе наблюдений результаты для значительного количества случаев. Тем не менее в математическом плане пока еще невозможно привести объяснения и составить прогнозы хода процесса выделения сыворотки. Разумеется, всегда можно найти какие-то эмпирические формулы и полиноминальные кривые, позволяющие понять происходящий процесс на основании опыта. Для теоретического определения процесса выделения сыворотки необходимо точно знать причины, вызвавшие наблюдаемые следствия, то есть, факторы, влияющие на ход выделения сыворотки. А эти факторы и степень их влияния до сих пор продолжают оставаться весьма неопределенными, знания о них отрывочны и не содержат количественной оценки.

4. Факторы, влияющие на выделение сыворотки из сгустка

Выделение сыворотки из сгустка обусловлено различными факторами, которыми сыродел может управлять и которые он может использовать как раздельно, так и в совокупности. К ним относятся:

факторы, непосредственно влияющие на выделение сыворотки. Эти факторы начинают действовать после образования сгустка. Они имеют исключительно физическую природу;

косвенные факторы. Здесь речь идет о факторах, ответственных за свертывание молока (молокосвертывающий фермент, молочная кислота). Они играют определенную роль в процессе выделения сыворотки из сгустка, поскольку они, как было показано выше, определяют свойства сгустка;

постоянные факторы. Это факторы, связанные с индивидуальными свойствами молока, в частности, после его подготовки к свертыванию с помощью различных операций, выполняемых на ферме или сыродельном заводе.

5. Факторы, непосредственно влияющие на выделение сыворотки из сгустка

Выделение сыворотки из сгустков, не подвергающихся разрезке и дроблению и оставляемых в виде единой массы, только под действием сычужного фермента и за счет повышения кислотности происходит в незначительных количествах, медленно и для многих видов сыра не обеспечивает достижения требуемого состава. Это создает необходимость в использовании дополнительных факторов воздействия на выделение сыворотки. Они разделяются на две следующие категории: тепловая и механическая обработка сгустка.

5.1. Тепловая обработка сгустка

Роль температуры в выделении сыворотки важна и неоднозначна [6, 23, 35, 43]. Обычно повышение температуры ведет к усилению выделения сыворотки, способствуя, в частности, процессам, протекающим под действием молокосвертывающего фермента, ускоряя установление связей, повышая активность процесса молочнокислого брожения и снижая вязкость составных элементов сгустка [26, 38]. Так, содержание сухого вещества в сгустке при выделении сыворотки в течение одного часа при температуре 50 °С составляет 54%, в то время как при температуре 32 °С оно составляет всего лишь 35% [19]. Влияние температуры заметно уже при ее изменениях в ±2 °С [28, 41]. Температуры, используемые во время выделения сыворотки из сгустка, колеблются обычно в интервале между 20 и 55 °С, однако для каждого конкретного типа сгустка они лежат в пределах одной или нескольких более узких зон, обеспечивающих получение по окончании выделения сыворотки необходимого содержания сухого вещества и необходимого уровня pH. Именно поэтому при производстве прессуемых сыров с высокой температурой второго нагревания поставленная цель заключается в достижении повышенного содержания сухого вещества и pH (60% и 5,2), тепловая обработка проводится в гораздо более жестких условиях (55 °С), чем при производстве сыров, потребляемых без созревания (20 °С), отличающихся низкими значениями содержания сухого вещества и pH (20% и 4,4). Последствия повышения или снижения температуры могут быть различными в зависимости от того, в какой момент процесса выделения сыворотки из сгустка они происходят [4]. Это значит, что повышение или снижение температуры должно осуществляться таким образом, чтобы кинетика удаления молочной сыворотки и нарастание кислотности следовали модели, установленной для данного вида сыра. Особое внимание необходимо обращать на поддержание равномерной температуры. Обычно это хорошо удается при выделении сыворотки в сырной ванне, когда сырное зерно перемешивается вместе с сывороткой. Если сыворотка выделяется в процессе формования, часто приходится наблюдать, что между центральными и удаленными от центра зонами сгустка, находящегося в одной форме, появляется определенный температурный градиент; это относится также и к формам, расположенным в разных участках стола.

5.2. Механическая обработка сгустка

Обычно, чем суше должен стать сгусток в конце выделения сыворотки и чем выше степень его минерализации, тем интенсивней должна быть его механическая обработка, включающая в себя разрезку сгустка, вымешивание зерна, формование, переворачивание, прессование... [8, 11, 26, 39]. Готовность сгустков к механической обработке зависит от их реологических свойств, вытекающих из приобретенных ими в процессе образования и претерпевших последующие изменения физико-химических характеристик [10, 16, 21, 34, 38].

В зависимости от вида сыра используют один или несколько видов механической обработки, к которым, как минимум, относится разрезка сгустка, даже если речь идет лишь о его разделении при подаче из сырной ванны в формы при изготовлении мягких сыров.

Разрезка сгустка на кубики или полоски заключается в его разделении на равные куски с целью увеличения площади экссудации сыворотки. Для сыров с повышенным содержанием влаги (например, кисломолочных) разделение сгустка, как правило, незначительно. Оно может ограничиваться разделением при выполнении указанных выше операций по его перемещению или может выполняться после свертывания молока. Что касается последнего случая, то, например, сгусток объемом сто литров может быть разделен на два или четыре куска, имеющих форму параллелепипедов, или на кубики с размером сторон несколько сантиметров. В любом случае разрезка должна проводиться с большой осторожностью ввиду нежности сгустка. Ножи или арфы должны перемещаться медленно, не вызывая разрывов сгустка. Во избежание появления отдельных частиц сгустка (сырной пыли), теряемых вместе с сывороткой, следует к тому же проводить разрезку в момент, пока сгусток еще сильно минерализован и не слишком уплотнен. Обеспечивая более или менее быстрое и полное выделение сыворотки, разрезка сгустка управляет его скоростью, что исключительно важно.

Вымешивание заключается в механическом перемешивании в сыворотке кусков или зерен сгустка, полученных после его разрезки. Необходимость этой операции объясняется тем, что склонность разрезанного сгустка к повторной полимеризации может привести к его комкованию или слипанию в единую массу; выделение сыворотки в этом случае будет медленным и неполным. Тенденция к повторной полимеризации ослабевает по мере повышения кислотности сгустка. Именно поэтому вымешивание сырных масс с доминирующим молочнокислым брожением является необязательным: оно может либо не проводиться совсем, либо может быть незначительным и непродолжительным. И напротив, оно обязательно и должно быть непрерывным при обработке сычужных сгустков, подобных тем, которые используются для производства прессуемых сыров.

Точное определение влияния скорости вымешивания на выделение сыворотки из сгустка дать затруднительно. Важно, чтобы скорость была достаточной для поддержания зерна в состоянии взвеси. Однако вначале вымешивание должно проводиться медленно, поскольку сгусток еще нежный.

Цель прессования заключается в удалении остатков сыворотки, оставшихся в промежутках между зернами, с одновременным приданием сыру его окончательной формы. Согласно сложившейся традиции прессование проводится в формах; сгусток, направляемый на прессование, предварительно проходит этап выделения сыворотки с помощью операций разрезки и вымешивания с нагреванием или без него. Технология производства некоторых видов сыра (сен-полэн, эдамский) предусматривает выполнение первого прессования в сырной ванне; вслед за этим проводят дробление сгустка (сыр типа кантал) с последующей подачей его в формы и на пресс. Прилагаемые давления могут быть самыми разными и зависят от вида изготовляемого сыра. Давление может достигать 25 кПа (0,25 кг/см²), а продолжительность прессования может изменяться в пределах от нескольких минут до нескольких часов. Для большинства сыров, потребляемых без созревания, а также для большинства мягких сыров прессование ограничивается уплотнением сырной массы под действием собственного веса.

Центрифугирование позволяет проводить мгновенное отделение сгустка от сыворотки после предварительного его вымешивания. Оно применяется для сгустков с высоким уровнем кисломолочного брожения, пластичных, не склонных к слипанию, имеющих низкое конечное содержание сухого вещества (22%). Оно допускается лишь при условии достаточного различия в плотности разделяемых фаз, поэтому оно может применяться только в отношении сгустков с низким или очень высоким содержанием жира.

Следует напомнить, что в ходе различных технологических операций, связанных с перемещением сгустка (подача в формы, перелив, перекачивание насосами), он подвергается воздействиям ударов турбулентных потоков и разламывающих сил, влияющих на выделение сыворотки. Размеры их последствий могут быть различными в зависимости от используемой технологии, типа сгустка и момента, на который приходится их действие; пренебрегать ими не следует.

6. Косвенные факторы

Кислотность. Хорошо известно, что повышение активной кислотности сгустка, полученного с помощью молокосвертывающих ферментов, способствует выделению сыворотки [6, 9, 12, 19, 26, 29, 38] (рис. 2.3). Снижение pH ведет к уменьшению содержания гидратационной воды в мицеллах казеина и вызывает частичное растворение солей кальция, содержащихся в казеине, что, приводя к раскрытию некоторых реакционноспособных участков, благоприятствует установлению вторичных связей, необходимых для сжатия сгустка. Кроме этого, расщепление соответствующего количества кальциевых связей обеспечивает проницаемость сгустка.

Обычно снижение pH до 4,9 ведет к значительному ускорению выделения сыворотки. Как правило, увеличение выделения сыворотки медленно нарастает приблизительно до pH 5,5, а затем ускоряется. Спонтанное выделение сыворотки достигает максимальных размеров в диапазоне pH 4,9—4,7, а затем сокращается из-за исчезновения мицеллярной структуры [26, 40].

Постепенное растворение фосфата кальция, связанного с казеином, сопровождается изменением структурных свойств сгустка [25], выражающемся в снижении его способности к выделению сыворотки с помощью различных операций механической обработки. Было установлено [6], что повышение содержания кальция в сыворотке до количеств, превышающих 0,6‰ [42], тормозит ее выделение. Возможно также, что избыток солей кальция маскирует активные группы, которые могли бы принять участие в установлении благоприятных для сжатия мицелл связей, или способствует поддержанию их повышенной гидратации [6, 36, 38].

Молокосвертывающий фермент. Влияние количества сычужного фермента на выделение сыворотки точному определению поддается с трудом. При его исследовании необходимо учитывать взаимосвязь, существующую в виде отношения

$$\frac{\text{Продолжительность коагуляции}}{\text{Время флокуляции}},$$

Рис. 2.3. Изменение хода выделения сыворотки из сгустка во времени для сычужных сгустков, подкисленных молочной кислотой (средние данные по шести экспериментам)

обозначаемого как фактор ρ [40]. Если доза сычужного фермента невелика (5 мл сычужного фермента 1/10 000 на 100 л молока), количество сыворотки значительно возрастает при изменении фактора ρ в пределах от 1,5 до 5. В случае большой дозы фермента (30 или 40 мл) это количество уменьшается с повышением ρ. Дисперсионный анализ показывает, что увеличение доз сычужного фермента не оказывает значительного воздействия на выделение сыворотки независимо от фактора ρ. Однако для каждой из этих доз имеется показательное значение фактора ρ. При увеличении дозы сычужного фермента с 5 до 30 мл его фактор играет важную роль. Фактор же ρ сам по себе роли не играет, но взаимосвязь между ним и сычужным ферментом весьма сильна. В действительности же при увеличении дозы сычужного фермента фактор ρ начинает оказывать противоположный эффект. Эти наблюдения заставляют выдвинуть следующую гипотезу: при небольшой дозе сычужного фермента и малой величине фактора ρ сгусток получается непрочный, то есть связи между казеиновыми мицеллами оказываются слабыми. При увеличении фактора ρ происходит уплотнение сгустка в результате усиления межмолекулярных связей, вследствие чего усиливается синерезис. Если же, напротив, используется большая доза сычужного фермента, связи устанавливаются на очень ранней стадии, что вызывает быстрое уплотнение сгустка, сопровождающееся повышением его непроницаемости. Эта гипотеза согласуется с практикой сыроделия, где при производстве сычужных сыров следят за тем, чтобы начинать выделение сыворотки при еще неплотном сгустке, поскольку в противном случае происходит ослабление его способности к синерезису.

Способность к выделению сыворотки и изменение плотности сгустка изменяются в зависимости от дозы сычужного фермента до определенного оптимального предела отношения фермент/субстрат. Эта способность зависит и от вида свертывающей протеазы, которая по-особому влияет на уплотнение сгустка. Схематизируя, можно сказать, что способность к синерезису представляется связанной с общей протеолитической активностью, протекающей в сгустке. Если эта активность оказывается значительной (вследствие действия какой-то высокоактивной протеазы или проведения сычужного свертывания с помощью повышенной дозы ферментов умеренной активности), то происходит нарушение структуры сети параказеинаткальцийфосфатных комплексов, снижающее способность сгустка к синерезису.

На практике можно заметить, что именно реологическое состояние сгустка, в свою очередь, зависящее от дозы свертывающего фермента и от величины отношения

$$\frac{\text{Продолжительность коагуляции}}{\text{Время флокуляции}},$$

влияет на его способность к выделению сыворотки. Если не говорить об оптимальном отношении между свертывающим ферментом и субстратом, то величина дозы сычужного фермента не оказывает какого-либо положительного воздействия на усиление выделения сыворотки.

В заключение следует сказать, что выделение сыворотки из сгустка является результатом взаимодействия между реологическими факторами, pH, температурой и операциями по механической обработке и открывает возможность для множества различных комбинаций. Следует проводить четкое различие между влиянием этих факторов и многочисленными возможностями, которые они предоставляют в зависимости от того, проводится выделение сыворотки спонтанным (статическим) методом или с помощью механической обработки сгустка (динамический метод).

7. Факторы, связанные с индивидуальными особенностями молока

Состав молока играет важную роль в явлениях, происходящих при выделении сыворотки из сгустка.

Молочный жир не принимает участия в формировании сгустка. Он содержится в нем в виде инертных частиц. Повышение жирности молока и степени дисперсности частиц жира ведет к замедлению выделения сыворотки из сгустка. Небольшая часть молочного жира уносится сывороткой. Эти потери возрастают с повышением жирности молока и увеличением интенсивности механической обработки до и после его свертывания.

Повышение содержания белков в молоке оказывает отрицательное воздействие на выделение сыворотки из сгустка, но различные белковые фракции ведут себя самым разным образом. Казеин слабо замедляет синерезис, тогда как растворимые белки, денатурируемые при тепловой обработке, в значительной степени снижают способность сгустка к синерезису.

И наконец, следует напомнить о влиянии, оказываемом низкотемпературными обработками молока, проводящимися в целях его последующего хранения, а также о влиянии его бактерицидной очистки нагреванием. В случае непринятия соответствующих корректирующих мер эти виды обработки могут привести к последующим аномалиям в процессе свертывания молока и вследствие этого к отклонениям в процессе выделения сыворотки из сгустка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aiyar K. R. et Wallace G. M., 1970. 18ème Cong. Internat. Lait, Sydney, 1F, 49.
2. Alais C., 1962. Thèse de Doct. Sci., Paris, n° 759, 144 p.
3. Alais C., 1965. Indust. Laitière 224, 436—443.
4. Berridge N. J. et Scurlock P. G., 1970. J. Dairy Res., 37, 417—429.
5. Bertalanffy L. von, 1957. Quaterly Rev. Biol., 32 (4), 217—231.
6. Cheeseman G. C., 1962. 16ème Cong. Internat. Lait., Copenhague, B, 465—472.
7. Christ W., 1956. Milchwissenschaft, II (10), 381—384.
8. Davis J. G., 1965. Cheese: vol. I, Basic technology, 463 p.; vol. II, Annotated bibliography with subject index, 275 p., Churchill Ed., London.
9. Dimov N. D. et Mineva P., 1962. 16ème Cong. Intern. Lait, Copenhague, B, 817—825.
10. Douillard R., 1972. J. Texture Studies, 4, 158—165.
11. Guerault A. M., 1956. La fromagerie devant les techniques nouvelles. Editions SEP, Paris, 301 p.
12. Guerault A. M., 1956. 14ème Congrès Internat. de Lait., Rome, C. R. II, 211—220.
13. Guthy K. et Kiermeier F., 1972. Z. Lebensmitt. Untersuch Forsch., 148, 117—123.
14. Hankinson C. L. et Palmer L. S., 1943. J. Dairy Sci., 26, 1043.
15. Jacquet J. et Marcais H., 1964. Acad. Agr. Franç., 50, 1271—1280.
16. Jolles J., Alais C. et Jolles P., 1970. Helv. Chim. Acta, 53, 1918.
17. Kirchmeier O., 1961. Milchwissenschaft, 16 (3), 137—140.
18. Kirchmeier O., 1972. Milchwissenschaft, 27 (2), 99—102.
19. Kiermeier K. et Wüllerstorff B. von, 1963. Milchwissenschaft, 18 (2), 75—79.
20. Knoop A. M. et Peters K. H., 1975. Kieler Milchwirtsch. Forschungsb., 27 (4), 315—330.
21. Kosikowski F. W. et Mocquot G., 1958. Progrès de la technologie fromagère. Editions F.A.O., Rome, Etudes agric. n° 38, 262 p.
22. Kunz B., Lorber S. et Raeuber H. J., 1972. Lebensmittel Ind., 19, (h. 10), 421—423.
23. Lawrence A., 1959. Australian Journ. Dairy Technology, 14, 166—172.
24. Lindquist B., 1963. Dairy Sci. Abstr., 25 (7) 257—264, (8) 299—308.
25. Mc Gann T. C. A. et Pyne G. T., 1960. J. Dairy Res., 27, 436—443.
26. Marucjouls M., 1952. Principes généraux de la fromagerie. Leur application aux techniques. E.N.I.L., Aurillac, 170 p.
27. Mocquot G., Alais C. et Chevalier R., 1954. Ann. Technol. Agric., 1, 1—44.
28. Nagasawa T. et Tonahashi T., 1952. Japanese J. Zootech. Sci., 23, 91.

29. Patel M. C., Lund D. B. et Olson N. F., 1972. J. Dairy Sci., 55 (7), 913—918.
30. Ramet J. P., 1976. Thèse Doct.-Ing., Université Nancy I, 159 p. (C.N.R.S. n° A.O. 12170).
31. Ramet J. P. et Weber F., 1980. Le Lait, 60, (591—592), 1—13.
32. Schulz M. E., 1951. Milchwissenschaft, 6 (3) 74—82, (4) 112—118.
33. Scott R., 1954. Dairyman, 71 (8) 229—235, (9) 261—265.
34. Scott-Blair G. W. et Baron M., 1949. 12ème Cong. Internat. Lait., Stockolm, vol. 11, 49—57.
35. Stoll W., 1966. University of Minnesota, Food Technology, Ph. D., 181 p.
36. Tarodo de la Fuente B., 1971. Technique Laitière, 26 (719), 79—83.
37. Tarodo de la Fuente B., 1973. Thèse Science, University Nancy I, 120 p.
38. Tarodo de la Fuente B., Alais C. et Frentz R., 1969. Le Lait, 49, (487), 400—416.
39. Veisseyre R., 1975. Technologie du Lait, 3ème édition, 714 p. Ed. La Maison Rustique, Paris.
40. Weber F., 1976. Thèse doct. ès Sciences, Université de Caen, 316 p.
41. Whitehead H. R. et Harkness W. L., 1954. Australian J. Dairy Res., 9 (3), 103—107.
42. Wurster K., 1934. Milchwirtschaf. Forsch., 16, 200—214.
43. Yamamoto T., Asago T. et Chikuma G., 1953. Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. Japan (Série G, 6), 28, 83.

Глава 3

АКТИВНОСТЬ ВОДЫ В СЫРЕ И ПОСОЛКА

Ж. Арди*

Еще в начале нашего века биохимики и физиологи, занимающиеся изучением роли водной фазы в биологических процессах, обратили внимание на то, что часть воды, содержащейся в живых организмах, обладает свойствами, отличающимися от свойств чистой воды. Впоследствии, пытаясь найти объяснение влиянию воды на физические, химические и биологические свойства продуктов питания, исследователи очень быстро пришли к выводу, что всю влагу, содержащуюся в этих продуктах, следует рассматривать как состоящую, с одной стороны, из так называемой свободной воды и, с другой — из связанной воды. Технологический прогресс и появление новых способов консервации продуктов питания (замораживание, выпаривание, использование растворимых добавок, приготовление продуктов с так называемой промежуточной влажностью) привели к еще большему интересу к указанной выше концепции.

Цель многих технологий переработки молока заключается в изменении или выделении водной фазы: обезвоживание молока или молочной сыворотки, производство сгущенного молока с сахаром, замораживание смеси для мороженого — это лишь небольшое количество примеров, в которых структура воды и способы ее соединения с составными частями молока играют важную роль. Технология сыроделия состоит из совокупности процессов, ведущих к снижению содержания воды в исходном продукте. Можно легко понять, что физико-химическое состояние, в котором эта вода присутствует в молоке, будет влиять вначале на механизмы свертывания молока, затем на механизмы выделения сыворотки из сгустка и, наконец, на механизмы созревания сыра. Кроме этого, исходная ситуация будет постепенно изменяться под влиянием различных действий: повышения кислотности молока, извлечения или разбавления молочного сахара и минеральных солей, внесение соли, появления молекул с низким молекулярным весом в процессе созревания и т. д.

Все проблемы, касающиеся содержащейся в сыре связанной воды, освещены в главе книги, посвященной посолке сыра; это отражает важность данного этапа технологии производства сыра в свете изменений, происходящих в связях воды с субстратом, и тех последствий, к которым эти изменения могут привести в процессе созревания сыра.

* J. Hardy.

1. Связанная (адсорбционная) вода сыра

1.1. Определения и измерение

По мнению Куприянова (Kuprianoff) [1], дать какое-то общее определение связанной воды невозможно. Эта часть общей влаги может быть охарактеризована лишь через ее свойства, что в значительной мере обусловлено методом исследования.

Действительно, в зависимости от состава и структуры молекул, с которыми эта вода вступает в контакт, она создает возможность для различных видов взаимодействия. Поскольку в подавляющем большинстве случаев продукты питания состоят из белков, жиров, углеводов и минеральных веществ, вода оказывается связанной со всеми этими составными элементами различными механизмами, и любое измерение содержания этой воды не сможет пойти дальше усредненного количественного определения, основанного на учете всей совокупности упомянутых выше взаимодействий. В силу этого количество связанной воды, устанавливаемое в продуктах питания, зависит одновременно от их состава, структуры и от используемого метода анализа. Ввиду невозможности принятия единого определения использование термина «связанная вода» зачастую приводит к значительному смешению понятий [2].

Тем не менее существует три основных определения, представляющих практический интерес:

а) связанная вода может быть определена как вода, не замерзающая при определенной отрицательной температуре (чаще всего при —40 °С). Совершенно очевидно, что это определение может быть полезным при использовании методов замораживания или сублимации;

б) связанная вода может быть определена как та часть влаги, содержащейся в системе, которая не может быть использована в качестве растворителя для какого-то соединения с низкой молекулярной массой (например, хлористого натрия, сахаров). Был проведен целый ряд измерений, касающихся нерастворяющей воды, содержащейся в молочных продуктах [3—5]; затем эти измерения были квалифицированы как измерения содержания связанной воды. Получаемое ее количество зависит, однако, от используемого количества растворяемого вещества и может оказаться ошибочным в случае, если последнее вступит в соединение с некоторыми из присутствующих составных элементов молока;

в) связанная вода также может быть определена как количество остаточной воды после установления равновесия между однородным образцом продукта и воздухом окружающей среды при определенных условиях температуры и относительной влажности. Кривую, представляющую изменение содержания воды в состоянии равновесия при постоянной температуре в зависимости от относительной влажности воздуха, называют изотермой сорбции (адсорбция — в смысле увлажнения сухого вещества, десорбция — в смысле обезвоживания влажного вещества). Для большинства пищевых продуктов эта кривая имеет сигмовидную форму (рис.

Рис. 3.1. Характерный вид изотермы сорбции

3.1). При достижении состояния равновесия между образцом и окружающим воздухом относительное давление водяного пара в атмосфере становится равным относительному давлению водяного пара в образце. Это можно выразить следующим образом:

$$\frac{HRE}{100} = \frac{P'}{P^0} = \frac{P}{P^0} = a_w,$$

в котором HRE — относительная влажность состояния равновесия; P' — давление водяного пара в воздухе; P — давление водяного пара в образце; P_0 — давление пара чистой воды при той же температуре; a_w — активность воды в образце.

Содержание воды при определенной величине a может быть использовано для оценки степени гидратации продукта. И наоборот, определение a какого-то продукта питания, имеющего определенное содержание воды, представляет собой общую оценку количества влаги, присутствующей в нем. Знание изотермы сорбции представляет более узкий практический интерес при использовании методов сушки и в тех технологических процессах, в которых используется или присутствует в концентрированном виде какое-то растворенное вещество, обладающее большой способностью к снижению активности воды (хлористый натрий, сахара).

Изотермы сорбции создали почву для многочисленных теоретических толкований. По общему мнению, начальный участок кривой (от 0 до $0{,}5a_w$) строго следует теории полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эммета и Теллера (Brunauer, Emmett, Teller) [6], но затем происходит развитие других форм связывания воды. Таким образом, часть воды, представленная на рисунке 3.1 и начинающаяся с точки $Б$ (занимающая заштрихованную зону), по-видимому, соответствует определенной выше растворяющей воде. В таблице 3.1 сгруппированы различные величины, касающиеся способности к сорбции воды составными частями молока или молочных продуктов, взятые из различных публикаций.

Представляется интересным дополнить эти три основных определения тем, которое было дано в отношении эквивалентности свободной воды с подвижной водой и которое было получено с использованием метода ядерно-магнитного резонанса. Однако, если это орудие исследования и приемлемо для изучения проблемы воды, связанной с отдельными макромолекулами, его применение пока еще представляется затруднительным в отношении столь сложного продукта питания, как сыр.

1.2. Структура воды, содержащейся в пищевых продуктах

1.2.1. Взаимодействие воды с растворенными веществами

Основным аспектам связей молекул воды между собой посвящено много специальных научных трудов и публикаций [7, 8]. Свойства водных растворов в значительной мере зависят от взаимодействия воды с растворенными в ней веществами. Франк (Franks) [9], вновь обратившись к рассмотрению этих вопросов, показал, что бо́льшая часть ионизированных соединений «организует» молекулы воды, осуществляя их ориентацию в результате гидратации ионов. Определенному структурированию молекул воды способствуют также полярные органические молекулы. И напротив, некоторые неполярные молекулы оказываются изолированными внутри организованных скоплений молекул воды. Эти молекулярные гидраты, свойства которых в значительной степени отличаются от исходных молекул, называют кластерами. Наконец, с другими молекулами взаимодействие может носить гидрофобный характер.

Поскольку описание взаимодействий между растворенным веществом и водой зачастую оказывается весьма сложным, то проще дать этому процессу общую оценку. Это можно осуществить путем измерения связывающей спо-

3.1. Содержание связанной воды в составных частях молока и молочных продуктов (в г воды/г сухого вещества, за исключением случаев, помеченных звездочкой*, где г/воды/г белков)

Продукт	Метод измерения и библиографическая ссылка	Содержание связанной воды
Нативная форма казеина	Метод незамерзающей воды [11]	0,553
Мицеллярный казеин	То же [17]	0,438
Казеин сычужного сгустка	» » [17]	0,437
Кислый казеин	» » [17]	0,429
Казеиновые мицеллы	Метод фиксируемой воды [51]	2,0
Казеиновые мицеллы	Метод измерения растворимости	3,66
Казеин	Метод незамерзающей воды [52]	0,241—0,295
Казеин при pH 6,0	Метод определения воды, поглощаемой при a_w=0,84 [53]	0,216
Казеин при pH 4,5	То же, при a_w=0,84 [53]	0,211
Казеин при pH 7,5	То же, при a_w=0,84 [53]	0,264
Казеин	То же, при a_w=1 [54]	0,312
Казеин на уровне изоточки	То же, при a_w=1 [55]	0,4
Казеин	Метод определения воды, не растворяющей сахарозу [3]	0,60—0,69
Казеин в состоянии раствора, pH 5,83	То же [14]	0,38—0,44
Казеин в состоянии раствора, pH 6,69	» » [14]	0,77—0,81
Казеин в состоянии раствора, pH 7,36	» » [14]	0,39—0,50
Казеин (адсорбция) 30 °C	Метод монослоя Брунауэра, Эммета, Теллера (Brunauer, Emmett, Teller), сокращенно BET [56]	0,076
β-Лактоглобулин	Метод незамерзающей воды [11]	0,553
β-Лактоглобулин	Метод монослоя BET [10]	0,059—0,067
Неденатурированные сывороточные белки	Метод незамерзающей воды [57]	0,514
Неденатурированные сывороточные белки	Метод монослоя BET [57]	0,091
Денатурированные сывороточные белки	Метод незамерзающей воды [57]	0,471
Денатурированные сывороточные белки	Метод монослоя BET [57]	0,090
Молочная сыворотка	Метод незамерзающей воды [52]	0,199—0,248
Молочная сыворотка, pH 6,58	Метод воды, не растворяющей сахарозу [3]	0,13—0,14
Молочная сыворотка, pH 4,76	То же [3]	0,06—0,07
Оболочка жировых шариков	» » [3]	0,58—0,63*
Фосфолипиды	» » [3]	6,2—6,5
Лактоза	» » [3]	0,027
Лактоза (адсорбция), 23 °C	Метод монослоя BET [56]	0,062
Цельное молоко	Метод незамерзающей воды [52]	0,087—0,128
Обезжиренное молоко	То же [52]	0,167—0,181
Обезжиренное молоко	Метод воды, не растворяющей лактозу [58]	0,5*
Обезжиренное молоко (адсорбция), 30 °C	Метод монослоя BET [56]	0,07

Продолжение

Продукт	Метод измерения и библиографическая ссылка	Содержание связанной воды
Обезжиренное молоко (адсорбция), 2 °С	Метод монослоя BET [56]	0,101
Цельное молоко	Метод воды, не растворяющей сахарозу [3]	0,19—0,24
Обезжиренное молоко	То же [3]	0,25—0,29
Сгусток и сыр чеддер	Метод воды, не растворяющей лактозу [59]	0,2—0,3
Сгусток и сыр грюйер	То же [4]	0,45
Сгусток после посолки	» » [4]	0,30
Восстановленный сыр	» » [5]	0,25—0,40*
Восстановленный сыр	Метод воды, не растворяющей хлористый натрий [5]	0,1—0,15*
Восстановленный сыр	Метод определения воды, поглощаемой при $a_w=0{,}96$ [5]	1,4
Йогурт (адсорбция), 25 °С	Метод монослоя BET [56]	0,041
Йогурт (десорбция), 25 °С	То же [56]	0,042
Эдамский сыр (адсорбция), 25 °С	» » [56]	0,033
Эдамский сыр (десорбция), 25 °С	» » [56]	0,035
Эмментальский сыр (адсорбция), 25 °С	» » [56]	0,033
Эмментальский сыр (адсорбция), 45 °С	» » [56]	0,022
Эмментальский сыр (десорбция), 25 °С	» » [56]	0,037

собности раствора (или пищевого продукта, рассматриваемого в данном случае как раствор). Итак, может возникнуть необходимость в следующем: измерить величину снижения давления водяного пара; измерить активность воды; измерить осмотическое давление; определить точку замерзания (или кипения).

1.2.2. Взаимодействие воды с макромолекулами

Связь воды с макромолекулами и, в частности, с белками в значительной мере определяет их функциональные свойства: растворимость, вязкость, набухание, синерезис и др.

При проведении исследований на молекулярном уровне, как правило, считается, что сорбция водяного пара дегидрированным белком происходит в условиях низкой относительной влажности путем соединения молекул воды с гидрофильными группами (мономолекулярная адсорбция) в случае повышения относительной влажности (или полимолекулярной адсорбцией) [10]. Молекулы, ближе всего расположенные к поверхности белка, выстраиваются, таким образом, в структуру, близкую к структуре льда (ice-structured water), но молекулы воды последующих слоев теряют такую организацию и приближаются к неупорядоченной структуре жидкой воды. Например, Берлен и др. (Berlin et al.) [11], используя метод калориметрии, пришли к выводу, что вода типа «ice-structured», соединенная с казеином животного происхождения или с β-лактоглобулином, составляет 50—60% сухого веса белка.

Такая прочносвязанная вода может претерпевать целый ряд изменений под действием многочисленных факторов, главные среди которых следующие:

а) состав белка и, в частности, количество полярных или неполярных аминокислотных центров; первые имеют гидрофильный характер и могут связывать в среднем по шесть молекул воды; вторые являются гидрофобными и могут даже (в зависимости от конформации молекулы) маскировать некоторые гидрофильные группы;

б) конформация молекулы, способная изменяться под действием температуры или изменения концентрации растворимых веществ.

На мицеллярном уровне определенное количество воды может связываться (в некотором роде механическим способом) макромолекулярной белковой структурой. Эту воду не следует, однако, путать с водой, связанной в буквальном смысле (в этом случае речь идет лишь о невысоких уровнях энергии) [12]. В зависимости от условий каждого конкретного случая и от используемых методов измерения эту воду называют водой набухания, капиллярной водой, гидратационной водой мицелл казеина и связанной водой.

Наконец, рассматривая проблему на макроскопическом уровне, следует отметить, что большинство продуктов питания имеет вид пространственных структур нерастворимых белковых макромолекул, включающих в себя водную фазу, которая, в свою очередь, может рассматриваться как раствор других белков, сахаров или минеральных солей. Подавляющая часть воды, содержащейся в этих продуктах, является свободной, несмотря на то, что она удерживается макромолекулярной сетью, а для ее удаления оттуда часто приходится использовать физические приемы (прессование, отжимание, фильтрацию, ультрафильтрацию и т. д.). Уместно заметить, что эти методы приводят к приблизительно пропорциональному удалению остальных составных частей раствора без изменения активности воды среды. Снижение показателя a_w возможно лишь за счет повышения содержания растворенных веществ или удаления воды, связанной с макромолекулами.

1.3. Вода, связанная с составными частями молока

В таблице 3.2 представлены результаты определения количества связанной воды, соединенной с составными частями молока или молочных продуктов. Связанная вода определяется здесь следующим образом:

а) незамерзающая вода (метод калориметрических измерений);

б) нерастворяющая вода (растворимым веществом, используемым в качестве метки, является в зависимости от условий каждого конкретного случая хлористый натрий, сахароза или лактоза);

в) вода, поглощаемая в условиях стандартной относительной влажности (при $a_w=0{,}84$), или вода, получаемая с помощью экстраполяции, при $a_w=1$ линейной части изотермы сорбции (точка *B* на рис. 3.1);

г) вода, образующая мономолекулярный слой на поверхности сухого продукта; расчет количества этой воды выполняется путем применения модели BET к случаю сорбции водяного пара;

д) как результат измерения удельного объема казеиновых мицелл; в этом случае речь идет о сольватации (или гидратации) мицелл.

Данные, приведенные в таблицах 3.1 и 3.2, показывают, что содержание воды, связанной составными частями молока или молочных продуктов, может изменяться под действием большого количества разнообразных факторов. Ясно, что различия в представленных данных вызваны различиями между методами исследования, и здесь речь может идти как о факторах изменения, связанных с этими методами (способ определения связанной воды, температура в момент выполнения измерения, относительная влажность положения равновесия), так и о тех, которые обусловлены особенностями составных частей продуктов и их предысторией. Именно о последних и пойдет речь в данной книге.

3.2. Способность к поглощению воды составных частей молока или молочных продуктов
(в г/г сухого вещества, за исключением (*), где г/г белков)

Продукт и библиографическая ссылка	Температура, °C	Активность воды							
		0,20	0,40	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	0,98
Казеин (адс.)[1] [34]	30	0,055	0,09	0,115		0,16	0,195	0,225	
Казеин (адс.) [43]	20	0,061	0,079	0,104	0,122	0,147	0,190	0,233	
Казеин в процессе молочнокислого брожения [3]:									
свежий (адс.)	20	0,07	0,09	0,12	0,15	0,22	0,35		
свежий (дес.)[2]	20	0,06	0,07	0,10	0,13	0,19	0,30		
регидратированный (адс.)	20	0,02	0,04	0,06	0,08	0,15	0,33		
регидратированный (дес.)	20	0,02	0,03	0,05	0,06	0,10	0,25		
Казеин кислый (адс.) [4]	24,5	0,07	0,10	0,13	0,22	0,35			
Казеин мицеллярный (адс.) [4]	24,5	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21		
Казеин мицеллярный (адс.) [56]	25	0,07	0,10	0,14	0,16	0,20	0,26		
Казеин мицеллярный (дес.) [56]	25	0,09	0,13	0,17	0,18	0,22	0,26		
Казеин мицеллярный (адс.) [57]:									
pH 4,7	25					0,20	0,32		1,00
pH 5,5	25					0,17	0,26		0,80
pH 6,0	25					0,16	0,22		0,47
pH 7,0	25					0,16	0,22		0,40
Параказеин (адс.) [56]	25	0,07	0,10	0,13	0,155	0,18	0,24		
Параказеин (дес.) [54]	25	0,08	0,12	0,16	0,17	0,20	0,24		
Параказеин (адс.) [23]	20	0,09	0,10	0,12	0,15	0,17	0,24		
Параказеин (адс.) [31]	20	0,075	0,11	0,145	0,16	0,185	0,225	0,265	0,45
Параказеин (дес.) [31]	20	0,085	0,13	0,16	0,18	0,205	0,25	0,30	0,60
Лактоза лиофилизированная (адс.) [4]	24,5	0,02	0,15	0,01	0,01	0,01	0,01		
Минеральные соли молока (адс.) [4]	24,5			0,07	0,20	0,45	1,40		
Хлористый натрий (раств.)[3] [54]	24					3,35	6,15	12,0	28,5
β-Лактоглобулин (адс.) [9]	25	0,054	0,088	0,130	0,155	0,188	0,282	0,392	
β-Лактоглобулин (адс.) [9]	40	0,047	0,084	0,123	0,147	0,183	0,257	0,332	
Сыр гауда после посолки (дес.)* [23]	20	0,11	0,13	0,15	0,18	0,23	0,40		
Сыр гауда после посолки (дес.)* [23] (белок 100; соль 12,6)	20	0,12	0,15	0,22	0,38	0,50	1,00		
Сыр чеддер (сорб.)[4] [63]	12,8					0,13	0,20		
Сыр грюйер до созревания (сорб.) [45]	20			0,11		0,14	0,20	0,43	
Сыр грюйер после созревания (сорб.) [45]	20			0,13		0,18	0,29	0,65	
Сыр эмментальский после 90 сут созревания [58] (сорб.)	25	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10	0,19		
Сыр эмментальский после 250 сут созревания [58] (сорб.)	25				0,08	0,12	0,21		
Камамбер свежеприготовленный (адс.) [32]	20	0,03	0,04	0,06	0,08	0,15	0,29	0,45	0,77
Камамбер свежеприготовленный (дес.) [32]	20	0,04	0,06	0,10	0,125	0,19	0,36	0,65	1,18
Молоко обезжиренное Low Heat (адс.) [33]	15	0,08	0,105	0,125	0,155	0,20	0,30		

[1] Адсорбция.
[2] Десорбция.
[3] Раствор.
[4] Сорбция.

1.4. Параметры, определяющие содержание связанной воды в сыре

Ввиду того что большинство твердых составных частей молока переходит в сыр, совершенно очевидно, что любое изменение, касающееся связанной воды молока, скажется на содержании связанной воды в сычужном сгустке. Превращения, происходящие со сгустком (нарастание кислотности, выделение сыворотки), могут также привести к изменению содержания связанной воды в исходных составных частях, влияя, таким образом, на содержание влаги в сыре перед созреванием.

На этой стадии изготовления посолка и следующее за ней созревание способны привести к значительным изменениям содержания связанной воды в сыре.

1.4.1. Обработка молока

В 1932 г. Сейр (Sayre) [13] писал: «Связанная вода присутствует не в тех количествах, которые могут определяться относительно твердой массы системы, а как отношение между связанной и свободной водой. Это отношение может быть изменено путем изменения температуры, кислотности, поверхностного натяжения, давления, количества электролитов и т. д.

1.4.1.1. Вода, связанная казеином

Результаты измерений, проведенных на растворах казеина [14, 15], позволяют установить постепенное уменьшение количества связанной воды при изменении pH от уровня, имевшего место в молоке, до pH изоэлектрической точки. При более внимательном исследовании роли ионов, вводимых для изменения pH, обнаруживается [15], что эти различия в гидратации казеинов в растворе могут объясняться определенными изменениями уровня гидратации самих ионов. При этом структурные изменения белковых молекул играют, по-видимому, второстепенную роль.

Продолжая работы по изучению мицеллярного казеина, те же авторы [15] исследовали поглощение водяного пара казеином, выделяемым путем ультрацентрифугирования, и показали, что при pH около 7 имеет место минимальный уровень гидратации. Они объясняют это явление влиянием pH на солевые балансы, оказывающие стабилизирующее воздействие на казеиновые мицеллы. Изменение pH в бо́льшую или меньшую сторону от 7 влечет за собой растворение минеральных веществ, связанных с казеиновой мицеллой; повышение концентрации ионизированных веществ сопровождается повышением способности мицеллы к связыванию воды.

В технологии сыроделия эти различные модели поведения казеина как белковой молекулы или казеинпаткальцийфосфатного комплекса (ККФК) оказывают противоположные воздействия на количество связанной воды в сгустке и сырной массе после удаления сыворотки. По мнению указанных выше авторов [15], способность к поглощению воды у сыра, по всей видимости, более низкая, если разделение сыворотки и сгустка происходит после правильно проведенного нарастания кислотности, а не при их разделении до нарастания кислотности.

Для создания общего представления об изменениях, происходящих с водой, связанной с казеином, в процессе свертывания молока, следует обратить внимание еще на одно явление. Воздействие коагулирующего средства, например сычужного препарата, вызывает переход в состояние раствора гликомакропептида (ГМП), то есть именно той молекулы, которая содержит больше полярных гидрофильных остатков, чем весь казеиновый комплекс. Можно предположить, что потеря этой молекулы приводит к изменению гидратационных свойств белков сыра, поскольку авторам представляется, что параказеиновый комплекс имеет более выраженный гидрофобный характер [16].

Авторы считают, что эту гипотезу подтверждают работы Рюега с сотрудниками (Ruegg et al.) [17], установивших, что способность к поглощению воды у параказеина ниже приблизительно на 10%, чем у мицеллярного казеина (см. табл. 3.1).

1.4.1.2. Вода, связанная сывороточными белками

Хорошо известно, что нагревание молока влечет за собой денатурацию некоторых термочувствительных белков. Эта денатурация выражается в их выпадении в осадок, позволяющем рекуперировать их в сгустке после выделения сыворотки, и в повышении выхода сухого вещества.

Нерастворившиеся белки обладают более высокой способностью к связыванию воды, чем сам параказеин, особенно когда речь идет о наиболее высоких уровнях активности этой воды. Так, в таблице 3.1 приведены данные, показывающие, что при $a_w = 0{,}90$ β-лактоглобулин адсорбирует 0,282 г воды на грамм белка, тогда как 1 г параказеина адсорбирует только 0,24 г воды.

При использовании понятия «незамерзающая вода» можно заметить, что сывороточные белки, денатурируемые при нагревании, содержат 0,47 г воды на один грамм белка, в то время как казеин, коагулируемый с помощью сычужного препарата, содержит лишь 0,437 г воды (см. табл. 3.2).

Вот почему нагревание молока, предназначенного для изготовления сыра, переводя в нерастворимую форму некоторые сывороточные белки, приводит к увеличению количества связанной воды в сыре.

1.4.1.3. Вода, образующая соединения с лактозой и минеральными веществами сыра

Проблема поглощения воды лактозой отражена во многих работах; это явление играет важную роль в технологическом процессе производства концентрированных или обезвоженных продуктов.

Вся лактоза и бо́льшая часть минеральных веществ содержатся в исходном молоке в растворенном состоянии. Эти молекулы, отличающиеся низкой молекулярной массой, в значительной степени определяют связывающие свойства молока, если рассматривать его как своеобразный раствор (снижение точки замерзания воды и активности воды).

Всякое изменение концентрации этих составных частей приводит к изменению указанных выше свойств. Так же обстоит дело и в случае разбавления или концентрации молока, гидролитического расщепления лактозы или его превращения в молочную кислоту, а также в случае нарушения солевых балансов, вызываемых повышением кислотности молока, его охлаждением и т. д.

1.4.1.4. Вода, связанная с оболочкой жировых шариков и фосфолипидами

Оболочка жировых шариков способна связывать приблизительно такое же количество воды, что и сами белки (см. табл. 3.2). Напротив, фосфолипиды имеют резко выраженный гидрофильный характер. Однако по сравнению с другими составными частями молока их масса незначительна. В результате изменения содержания связанной воды, происходящие при сепарировании сливок (см. табл. 3.2), являются лишь кажущимися и обязаны своим происхождением главным образом фактору разбавления жиром. Тем не менее удалось установить [14], что в результате нагревания молока может происходить заметное уменьшение количества воды, связанной с оболочкой жировых шариков и фосфолипидами.

1.4.2. Выделение сыворотки из сгустка, посолка и созревание сыра

При изготовлении сырного сгустка с помощью молокосвертывающего фермента связанная вода присутствует в нем в непостоянном количестве. Как уже подчеркивалось выше, нарастание кислотности, происходящее во время выделения сыворотки, приводит к изменению гидратационной способности ККФК, составляющего основу будущего сыра. Однако масштабы и направление этого воздействия, которое не следует смешивать со снижением степени набухания белкового геля (синерезис), пока еще окончательно не установлены.

Авторы считают, что если операции механической обработки, которым может быть подвергнут сырный сгусток (разрезка, формование, прессование), являются важными в плане выделения свободной водной фазы, то они не оказывают прямого воздействия на содержащуюся в нем связанную воду. Напротив, разбавление сыворотки в сыродельной ванне (удаление молочного сахара или промывка сгустка) вызывает повышение активности воды, содержащейся вне сырного зерна, и способствует дополнительному осмотическому извлечению лактозы и минеральных веществ, содержащихся в межзеренном пространстве [18]. В результате могут произойти изменения солевых балансов ККФК, ведущие к изменениям уровней его гидратации. Однако, насколько известно, исследований, которые могли бы внести необходимые уточнения в отношении познания этих явлений, пока еще не проводилось.

Посолка в зерне или посолка свежего сыра и внедрение управляемого процесса выделения влаги из сыра в ходе его созревания — вот основные факторы, позволяющие влиять на содержание связанной воды в продукте.

Сильное отрицательное воздействие на фиксацию воды белками оказывают минеральные соли. В целом создается впечатление, что низкие концентрации нейтральных электролитов типа хлорида натрия усиливают фиксацию воды. Напротив, в случае более высоких концентраций может произойти снижение гидратации. Герц и др. (Geurts et al.) [19] провели серию опытов по установлению содержания воды, не растворяющей NaCl. Цель этого заключалась в определении количеств связанной воды в сырах, восстановленных из параказеина; в связанной воде удалось выявить лишь минимальное содержание NaCl (в диапазоне от 5 до 15%). Однако Моко (Mocquot) [4] установил заметное влияние посолки сгустка в зерне на количество связанной воды, измеряемой в виде воды, не растворяющей лактозу. По Герцу и др., эти различия объясняются явлениями вытеснения одного растворенного вещества другими.

Рис. 3.2. Изотермы адсорбции водяного пара различными смесями параказеина и соли при 20 °С

Способность сыра к сорбции воды в значительной мере изменяется в зависимости от присутствия соли в сырном тесте. Так, при активности воды, равной 0,90, Герц и др. получили приблизительно 0,8 г сорбированной воды на грамм белка в сыре, не прошедшем посолки, и 1,25 г белка в сыре после нормальной посолки. При этом проблема еще более усложняется, поскольку соль обладает высокой сорбирующей способностью по отношению к воде и также может вступать в соединения с белками [20, 21].

Резюмируя вышесказанное, авторы считают обоснованным выдвинуть предположение о возможности того, что добавка соли к содержащему влагу белку влечет за собой следующие явления: возможное вступление части соли в соединение с белком; разбавление соли свободной водной фазой (растворяющей водой); снижение активности воды смеси, ведущее к снижению гидратации белка в соответствии с его собственной изотермой десорбции.

Результат действия этих механизмов заключается в том, что сорбирующая способность по отношению к воде смеси сыра и соли может изменяться в широких пределах (см. рис. 3.2, на котором представлена группа изогальных* изотерм адсорбции воды различными смесями параказеина и соли [22]). Рассмотрение этого рисунка позволяет авторам сделать также заключение о том, что при постоянном содержании воды внесение соли оказывает значительное влияние на a_w продукта. Ясно также, что воздействие управляемого обезвоживания на снижение активности воды в значительной степени зависит от содержания соли в сыре. В силу этого все соображения, касающиеся механизмов или последствий поверхностного испарения влаги из сыра, должны учитывать механизмы и последствия посолки; при этом параметром, позволяющим наиболее полно связать обе группы явлений, остается активность воды.

2. Активность воды сыра

В процессе исследования структуры воды, содержащейся в пищевых продуктах, а также в рамках разработки способов консервирования этих продуктов приходится использовать физико-химическое понятие активности воды. Этот параметр является столь же важным, что и температура или pH для развития микроорганизмов или для скорости протекания некоторых реакций, играя к тому же роль сдерживающего фактора для фазы созревания сыра. На его счет могут быть в определенной степени отнесены даже особенности консистенции сыра.

2.1. Определение и измерение активности воды, содержащейся в сыре

Термин «активность воды» в определенной степени означает готовность общей влаги, содержащейся в продукте, вступать в различные реакции, требующие наличия водной фазы. Активность воды для простого раствора может быть определена с помощью закона Рауля (Raulf)

$$\frac{P}{P_0} = x\gamma = a_w,$$

где γ — коэффициент активности воды в растворе; для идеального раствора он равен 1; он значительно отличается от единицы при повышенной концентрации раствора или в сильных электролитах; x — молярная концентрация растворителя; P — давление пара в растворе; P_0 — давление пара чистой воды при той же температуре.

Что касается растворов, то между активностью воды и другими ее термодинамическими свойствами существуют определенные зависимости. Например, при заданной температуре T осмотическое давление связано с активностью воды следующим отношением:

$$\pi = -\frac{RT}{V} \ln a_w,$$

в котором R — константа идеального газа, а V — парциальный молярный объем растворителя.

---

* Изогальные — изолинии солености. — *Прим. пер.*

3.3. Изменение a_w растворов хлорида натрия при 25 °С в зависимости от концентрации (в г/1000 г воды) [23]

NaCl	a_w
0	1
5,85	0,99664
29,25	0,98355
58,5	0,96686
117,0	0,9316
234,0	0,8515
351,0	0,7598
Насыщение	0,7528

3.4. Активность воды различных насыщенных растворов при 25 °С [23]

Растворенное вещество	a_w
$LiCl, H_2O$	0,1105
$MgCl, 6H_2O$	0,3300
$LiNO, 2H_2O$	0,4706
$NaBr, 2H_2O$	0,5770
$NaNO_3$	0,7379
NaCl	0,7528
$(NH_4)_2SO_4$	0,7997
KCl	0,8426
KNO_3	0,9240
$K_2Cr_2O_7$	0,9808

В таблицах 3.3 и 3.4 соответственно представлены значения a_w растворов хлорида натрия и различных насыщенных растворов при температуре 25 °С [23].

В более сложных соединениях, например твердых пищевых продуктах, определить a_w можно только с помощью отношения давлений пара. Исследователями было выведено несколько уравнений, позволяющих определять активность воды смеси на основе активности воды составных частей этой смеси [24—26].

Еще один закон [27], применимый чаще всего для определения состава пищевых продуктов с так называемой промежуточной влажностью, позволяет получить интересное приближение к проблеме снижения a_w сыра с помощью поссолки. Этот закон может быть сформулирован в следующем виде:

$$a_w(\text{смеси}) = a_w[1] \times a_w[2] \times \ldots \times a_w[n].$$

Иначе говоря, a_w *смеси* равна произведению a_w *отдельных компонентов* с учетом их концентрации в смеси. Однако использование этого закона предполагает знание изотерм сорбции компонентов смеси. Применительно к мягким сырам была построена диаграмма, позволяющая делать приблизительную оценку a_w этих продуктов в зависимости от содержания в них соли и воды.

Тем не менее в большинстве случаев приходится проводить измерение a_w экспериментальным путем. Существует множество вариантов методики проведения этих измерений.

Авторы считают необходимым лишь напомнить читателю, на чем основаны эти методы:

а) на прямом измерении относительной влажности воздуха, при которой образец продукта находится в состоянии равновесия;

б) на определении относительной влажности воздуха, при которой в образце продукта не происходит никаких изменений содержания воды. Это метод интерполяции Ландрека и Проктора (Landrock, Proctor) [31];

в) на установлении состояния равновесия между образцом продукта и небольшим количеством эталонного вещества, кривая сорбции которого хорошо известна;

г) на методе криоизмерений (для жидких продуктов).

2.2. Роль активности воды, содержащейся в пищевых продуктах

2.2.1. Показатель a_w и развитие микроорганизмов

За время, прошедшее с появления важной работы Скотта (Scott) [32], было проведено большое количество исследований, посвященных воздействию воды на развитие микроорганизмов и позволяющих прийти к следующим основным выводам:

1. В зависимости от величины показателя a_w каждый вид микроорганизмов имеет свою собственную кривую роста.

2. Снижение a_w среды ведет к увеличению продолжительности лаг-фазы.

3. Скорость роста микроорганизмов в зависимости от a_w проходит через максимум, расположенный между 0,9 и 1,0, а затем резко падает со снижением a_w. Авторы полагают, что предельная величина a_w может служить характеристикой для некоторых видов микроорганизмов. Наиболее чувствительны к снижению a_w бактерии (если не считать некоторых галофильных). При a_w ниже 0,85 никакого развития других видов бактерий не наблюдается. Дрожжи перестают развиваться при a_w ниже 0,80 (за исключением нескольких видов *Saccharomyces*). При a_w ниже 0,70 развиваются лишь некоторые виды плесеней. В таблице 3.5 даны предельные значения, почерпнутые из различных публикаций, касающиеся развития некоторых видов полезных или вредных для производства сыра микроорганизмов.

3.5. Предельные значения показателя a_w для роста некоторых видов микроорганизмов, играющих важную роль в производстве молочных продуктов [60—62]

Вид микроорганизмов	Температура, °С	Среда	Депрессор a_w	Минимальное значение a_w
Streptococcus lactis	30	Эллиикера	NaCl	0,965
Streptococcus lactis	30	»	Глицерин	0,924
Streptococcus thermophilus	37	»	NaCl	0,984
Lactobacillus helveticus	37	*MRS*	NaCl	0,962
Propionibacterium shermanii	30	Пептонизированное молоко	NaCl	0,950
Micrococcus lactis		Поверхность сыра	NaCl	От 0,947 до 0,975
Oospora lactis		То же	NaCl	От 0,947 до 0,975
Penicillium camemberti	24	Сывороточный агар	NaCl	0,86
Mucor sp.	24	То же	NaCl	0,92

4. Иногда изменения воздействия a_w на микроорганизмы связаны с видом используемого растворенного вещества, играющего роль депрессора.

5. Активность воды играет важную роль при уничтожении микроорганизмов нагреванием: обычно их теплосопротивление повышается при снижении a_w среды.

2.2.2. Показатель a_w, химические и биохимические реакции

Как правило, при снижении активности воды наблюдается снижение активности водорастворимых ферментов. Ферменты типа пероксидаз и амилаз полностью утрачивают свою активность при a_w=0,85. Напротив, липазы остаются активными при таких низких уровнях a_w, как 0,3 или даже 0,1 [33].

В имеющихся публикациях содержится мало данных о поведении ферментов по отношению к a_w, представляющих интерес для сыроделия. Указано только (в свете исследований, проведенных в отношении роли соли в созревании сыров), что a_w в известной мере управляет протеолитическими реакциями, но последствия воздействия хлорида натрия не позволяют вывести из этого какие-то общие законы. Так, создается впечатление, что гидролиз фракций α_s и β казеинового комплекса стимулируют низкие концентрации NaCl в сыре, но что его уровень снижается при более высоких концентрациях [34]. Таким же образом, согласно мнению Стадхоудерса (Stadhouders) [35], оптимальная точка гидролитического расщепления параказеина сычужным ферментом достигается при содержании приблизительно 3% соли.

Активность воды воздействует также на большое количество химических реакций, представляющих интерес в производстве пищевых продуктов, например реакций потемнения, ускоряемых нагреванием, при которых максимальная точка наблюдается при a_w=0,65—0,70 [36]. Кроме этого, при очень низких уровнях активности воды может наблюдаться ускорение окисления ненасыщенных жиров.

2.2.3. Влияние a_w на физические свойства продуктов питания

В обезвоженных пищевых продуктах типа бисквитов и продуктах вспененного типа было обнаружено существование довольно прочных взаимосвязей между «хрустящим» характером продукта и активностью содержащейся в нем воды. «Текучесть» сыпучих продуктов также может быть связана с активностью воды [37]. Что касается продуктов с более высоким содержанием воды (мясные продукты, сыры), то здесь часто приходилось наблюдать, что внесение соли в значительной степени изменяет их консистенцию. Тем не менее нет уверенности в том, что и в этом случае может быть установлена тесная взаимосвязь с активностью воды. Проведенные недавно работы [38] наводят на мысль, что изменение некоторых реологических свойств (например, вязкости) происходит, видимо, вследствие изменения отношения между растворяющей водой и водой, связанной с макромолекулами.

И наконец, следует отметить, что a_w оказывает значительное влияние на кинетику дегидратации продукта. Сыр, на поверхности которого величина показателя a_w составляет 0,90, при созревании в сырохранилище (при относительной влажности воздуха 80% и a_w=0,80) теряет влагу до тех пор, пока между окружающим воздухом и ним не установится состояние равновесия. Для осознания этого явления можно записать закон Дальтона в следующей форме:

$$Q = \alpha \cdot S \cdot \left(a^S_W - \frac{HR}{100} \right),$$

где Q — количество воды, испаряющейся в единицу времени и на единицу массы; α — коэффициент испарения, зависящий, в частности, от состояния поверхности продукта и вентиляции; S — площадь поверхности продукта; $a_w{}^S$ — активность воды, содержащейся в поверхностной части продукта; HR — относительная влажность воздуха.

2.3. Изменение активности воды, содержащейся в сыре

Роль этого параметра в процессе созревания сыра очень важна, поэтому необходимо эффективно управлять им. Некоторые технологии производства сыров располагают определенными средствами, способными изменять a_w продукта; изменяется этот параметр и вследствие самого созревания.

Удаление молочного сахара ведет к снижению кислотности сырной массы, но разбавление лактозы вызывает также снижение осмотического дав-

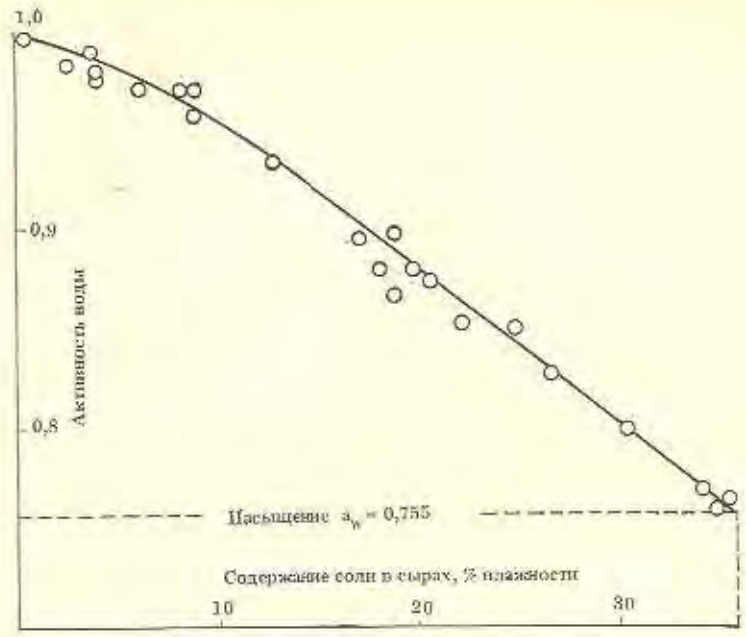


Рис. 3.3. Снижение активности воды в сырах типа камамбер непосредственно после выделения сыворотки с использованием возрастающих количеств хлорида натрия (при 20 °С)

ления в сыре после удаления сыворотки. Величина показателя a_w на поверхности такого сыра перед посолкой будет, несомненно, более высокой.

По мнению авторов, выделение сыворотки из сгустка не оказывает сколько-нибудь значительного воздействия на a_w, поскольку эта стадия изготовления сыра позволяет удалять лишь свободную водную фазу. Напротив, управляемая дегидратация (обсушивание) перед посолкой заметно снижает значение a_w на поверхности продукта.

Совершенно очевидно, что посолка является основной побудительной причиной снижения a_w [28]. На рисунке 3.3 представлены результаты, касаю-

3.6. Активность воды в различных видах сыра на стадии его реализации [41]

Вид сыра	a_w	Вид сыра	a_w
Бри	0,980	Гауда	0,950
Камамбер	0,982	Грюйер	0,948
Чеддер	0,950	Мюнстер	0,977
Коттэдж	0,988	Сен-полэн	0,968
Эдамский	0,960	Пармезан	0,917
Эмментальский	0,972	Сбриц	0,940
Горгонзола	0,970	Тильзит	0,962

щиеся посолки мягких сыров. Они доказывают важность роли соли и могут быть использованы для описания изменения поверхностной a_w после посолки, когда соль, концентрирующаяся вначале на поверхности сыра, медленно проникает вовнутрь.

Мойка или обтирание корки сыра с использованием воды ведут к повышению a_w на его поверхности, вызывая разбавление и даже выделение соли [39].

И наконец, в процессе созревания a_w не может рассматриваться в качестве постоянного фактора, поскольку потеря влаги способствует его снижению. Кроме этого, молекулы с низкой молекулярной массой, образующиеся во время созревания сыра, принимают участие в снижении a_w и в изменениях сорбирующей способности сыра по отношению к воде [40]. Поэтому при возникновении необходимости определения a_w сыра следует учитывать его состав и степень созревания. В таблице 3.6 представлен ряд характерных значений a_w [41], определенных с помощью проб различных видов сыра, взятых на стадии их реализации.

3. Посолка сыров

Рассмотрев тесную взаимосвязь между фиксацией воды в сыре и посолкой, авторы считают необходимым перейти к более детальному исследованию механизмов проникновения соли внутрь сыра, а также коснуться различных аспектов ее использования в сыроделии в целом.

3.1. Содержание соли в сыре. Назначение посолки

Обычно считается, что хлорид натрия, вносимый в сырную массу, играет «тройную» роль.

1. Обеспечивает дополнительное выделение сыворотки, способствуя дренированию через сырную массу свободной водной фазы, воздействуя к тому же на процесс гидратации белков, и вследствие этого он принимает участие в образовании сырной корки.

2. Воздействует (напрямую или через изменение a_w) на развитие микроорганизмов и активность ферментов и, следовательно, оказывает влияние на созревание сыра в целом.

3. Формирует характерный вкус сыра, а также способствует усилению или маскировке вкусовых свойств некоторых веществ, проявляющихся в ходе созревания продукта.

В зависимости от типа сырной массы и требований, предъявляемых к хранению различных видов сыра, содержание соли в нем может изменяться в широких пределах. Так, у большинства свежих сыров, потребляемых без созревания, содержание соли составляет 1—2%. Напротив, некоторые сыры восточного типа, хранящиеся в рассоле, отличаются гораздо более высоким содержанием соли (от 8 до 15%); потребляют их, однако, после предварительного вымачивания (обессоливания).

Вопрос используемого количества соли (здесь, кстати, следовало бы ограничиться рассмотрением только того его аспекта, который касается норм потребления натрия человеческим организмом) весьма актуален. Дело в том, что органы здравоохранения многих стран выступают с рекомендациями, направленными на снижение содержания натрия в пищевых продуктах. Ясно, что в некоторых случаях содержание соли в сыре могло бы быть снижено или скорректировано до оптимального. Однако роль соли в традиционной технологии сыроделия такова, что предположить полный отказ от ее использования представляется затруднительным. Следует, по-видимому, обратить внимание на разработку новых продуктов с низким содержанием натрия [42].

3.2. Механизмы диффузии соли и кинетика ее поглощения продуктом

При погружении сыра в концентрированный или насыщенный раствор поваренной соли разность концентраций водных фаз сыра и рассола вызывает диффузию соли в сырную массу и обратную миграцию водной фазы сыра в сторону рассола. Этот диффузионный процесс отличается медленным характером протекания. Кривая такого просаливания во времени представлена на рисунке 3.4.

В целом диффузия вещества подчиняется тем же законам, что и теплопроводность. Герц [43] использует одно из возможных применений закона диффузии Фика (Fick) для прогнозирования просаливания сыра гауда в рассоле, а Арди (Hardy) [44] вносит уточнение, говорящее о том, что этот закон применим также и к сыру камамбер и его можно даже распространить на все виды сыра при условии, что конечная цель будет заключаться в получении низких содержаний соли. Упрощенное уравнение, обеспечивающее тем не менее достаточно точное определение просаливания S сыра, помещенного в рассол, записывается следующим образом:

$$S = 2C \cdot \frac{A}{V} \left(\frac{D \cdot t}{\pi} \right)^{1/2},$$

где S выражается в граммах соли на 100 г воды сыра; C — концентрация рассола, г соли на 100 г воды; A — площадь поверхности сыра, см²; V — объем сыра, см³; t — продолжительность посолки в рассоле, ч или сут; $\pi = 3{,}14$; D — коэффициент диффузии соли, характерный для данной сырной массы, см²/ч или см²/сут (около 0,20 см²/сут для сыра камамбер, от 0,18 до 0,25 см²/сут для сыра гауда и от 1,1 до 1,2 см²/сут для чистой воды).

Уместно заметить, что при использовании этого уравнения необходима постоянная температура рассола, чтобы обеспечивалось его своевременное перемешивание, позволяющее избежать осолонения сыров, и чтобы объем рассола был достаточно большим по отношению к объему сыра, что позволяет свести к минимуму изменение C, связанное с поглощением соли продуктом.

Герц и др. [19] внесли уточнение в параметры, оказывающие положительное воздействие на величину коэффициента D: речь идет о содержании воды и температуре. Возможно также, что определенную роль при этом играет структура сыра. Так, для сыра камамбер, полученного с помощью формования кубиков сгустка, имеющих несколько стратифицированную в горизонтальной плоскости структуру, коэффициент радиальной диффузии соли оказывается выше коэффициента осевой диффузии [44]. Следует уточнить, что правильное использование указанного выше уравнения, по всей видимости, предполагает экспериментальное определение коэффициента D конкретного вида сыра для его последующего использования в целях регулирования посолки.

В дополнение к сказанному авторы обращают внимание читателя также и на то, что ощутимые изменения коэффициента диффузии зависят от интенсивности перемешивания рассола, определяющей действительное изменение степени просаливания сыра (см. рис. 3.3).

Что касается посолки сухой солью, то приведенная выше формула не может быть использована, поскольку процесс диффузии соли начинается лишь после растворения ее кристаллов поверхностной влагой сыра и продолжительность этой диффузии должна, по-видимому, корректироваться с учетом времени, необходимого для этого растворения.

Если проводится посолка сырной массы (в зерне) насыщенным рассолом, просаливание каждого отдельного зерна должно, по всей вероятности, следовать какому-то закону, близкому к изложенному выше, но при этом авторам представляется затруднительным объяснить, как на основе этого закона можно будет определять распределение соли в сыре.

Рис. 3.4. Кинетика поглощения соли сырами типа камамбер (температура 14 °С, рассол насыщенный) [44]

В поисках объяснения значительной разницы, существующей между коэффициентами диффузии соли в чистой воде и сырной влаге, некоторые авторы [19] обращались к роли «фактора извилистости», связанного с присутствием сухого вещества, «удлиняющего» действительный путь прохождения соли через водную фазу сыра. Возможно также, что снижение скорости проникновения соли внутрь сыра является следствием ее фиксации белковыми веществами.

Просаливание сыра при посолке сухой солью подчиняется несколько иным законам. По всей вероятности, при использовании этого метода количество соли, проникающей внутрь сыра, зависит от следующих факторов: поверхностная влажность продукта, гранулометрия используемой поваренной соли, количество использованной соли (до известного предела), а также физическая структура поверхностной части сыра.

3.3. Потеря сырной влаги, вызываемая посолкой

При помещении сыра в рассол происходит постепенное насыщение последнего растворимыми веществами. Параллельно с этим наблюдается медленное его разбавление. С другой стороны, масса и размеры головок сыра после посолки оказываются ниже, чем перед ней (масса головок сыра после посолки составляет 96—98% первоначальной). Эти факты свидетельствуют о том, что с поглощением соли продуктом одновременно снижается содержание в нем влаги. Результаты проведенных работ [45, 46] показывают, что между потерей влаги и просаливанием существует довольно устойчивая связь. Величина этого отношения, изменяющегося в процессе просаливания, составляет около 2,5. К параметрам, оказывающим положительное влияние на эту величину, относят pH сыра, продолжительность посолки, концентрацию рассола и в несколько меньшей степени температуру и величину поверхностно-объемного отношения сыра.

Теряемая сыром влага уносит с собой также и определенное количество растворимых веществ, а рассмотрение балансов, составляемых в отношении содержания молочной кислоты, азотистых или минеральных веществ, содержащихся в рассолах, используемых в условиях промышленного сыроделия, равно как и изменения их pH [47], наводит на мысль, что характеристики влаги, выделяющейся из сыра в процессе посолки, близки к характеристикам сыворотки в конце ее выделения из сгустка.

3.4. Миграция соли и уравновешивание ее содержания в сырной массе во время созревания сыра

К концу посолки соль концентрируется в поверхностных слоях сыра и обеспечивает этому участку такую величину a_w, которая практически равна a_w рассола (0,75 у насыщенного рассола).

Однако соль все еще продолжает проникать в сырную массу вследствие градиента концентрации, а часть внутренней влаги сыра все еще стремится

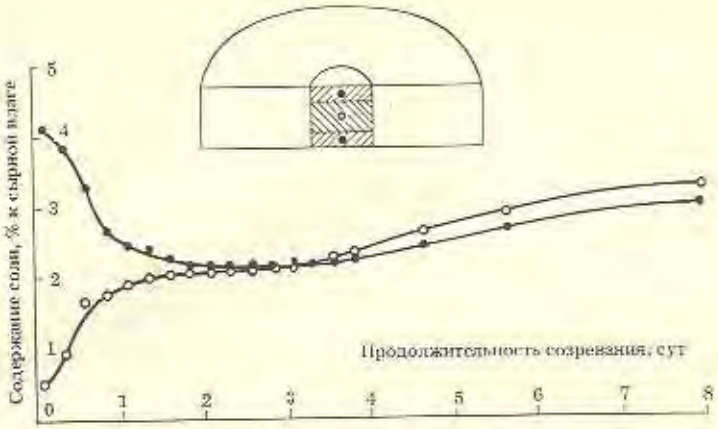


Рис. 3.5. Изменение содержания соли в центральной части сыров типа камамбер в процессе созревания [44]

выйти на его поверхность. Равномерное распределение соли достигается лишь значительно позднее. Возможно даже, что в силу происходящего поверхностного испарения полное ранненесие абсолютно недостижимо. Так, в зрелом эмментальском сыре содержание соли 0,9% в поверхностных слоях может снижаться до 0,4% в центральной части [48]. На рисунке 3.5, иллюстрирующем изменения содержания соли в центральной части сыров типа камамбер, показано также, как происходит миграция соли с поверхности внутрь сыра. Данные этого рисунка позволяют констатировать, что на поверхности сыра (после снижения содержания соли, вызванного уравновешиванием в осевом направлении) происходит новое повышение ее содержания в результате миграции соли с поверхностной части в радиальном направлении. Так, величина поверхностной a_w довольно низка в момент извлечения сыра из рассола, затем повышается до своего максимального значения (у сыра камамбер это происходит приблизительно через трое суток после посолки) и вновь медленно снижается. Авторы склонны считать, что эти весьма своеобразные изменения влияют на поведение поверхностной микрофлоры (например, на появление нежелательных для сыров плесенеобразующих грибов рода *Mucor*) сыров с плесневой коркой на третьи или четвертые сутки их созревания.

3.5. Рассолы, используемые для посолки сыров

Солильный рассол постепенно насыщается различными веществами, поступающими из сыра (растворимые белковые вещества, минеральные соли, молочный сахар, молочная кислота, частицы казеина), а также из воды, используемой для приготовления рассола, и даже из поваренной соли, если она предварительно не была подвергнута достаточной очистке.

В первые дни использования рассола происходит быстрое повышение его pH, сопровождающееся стабилизацией на уровне, близком к pH сыворотки на завершающем этапе ее выделения. Напротив, его титруемая кислотность продолжает нарастать, несмотря на отмечаемую тенденцию к замедлению этого нарастания, вызванную разбавлением рассола или внесением в него дополнительного количества соли. Уровень этой кислотности можно легко увязать с содержаниями азотистых или минеральных веществ, и она может служить надежным показателем общего содержания загрязнений в рассоле [44].

Параллельно с этим химическим загрязнением рассола происходит его обсеменение микрофлорой.

Микроорганизмы попадают в рассол из сыра, воды или окружающей среды. Те из них, которые входят в состав нормальной микрофлоры сыра, не создают сколько-нибудь серьезных затруднений. Однако в рассол могут случайно попадать и некоторые нежелательные виды микроорганизмов, способные в течение нескольких суток выдерживать высокую концентрацию соли [49].

Заражение нежелательными микроорганизмами может, в свою очередь, распространиться на следующую партию сыра, в результате чего партия продукции будет недоброкачественной.

Все вышесказанное сводится к необходимости осуществления строгого контроля как в плане физико-химических характеристик рассола (концентрация, температура, мутность и т. д.), так и в отношении его микробиологических свойств [50]. Целью этого контроля должны стать достижение перечисленных ниже целей и своевременное выполнение указанных там же мероприятий:

а) постоянство содержания соли в рассоле, необходимое для стандартизации ее содержания в сыре. Авторы считают, что для большинства видов сыра оптимальной концентрацией является уровень насыщенного раствора (плотность 1,204; концентрация 317,8 г соли/л рассола при 20 °C); для поддержания рассола, соприкасающегося с сырами, в насыщенном состоянии рекомендуется энергично перемешивать его во время посолки;

б) постоянство уровня активной кислотности (pH) рассола, который, по-видимому, можно устанавливать с момента использования свежего рассола в соответствии с уровнем pH сырной массы на заключительном этапе выделения сыворотки;

в) постоянство температуры в течение всего времени посолки;

г) поддержание на минимальном уровне содержания нежелательных микроорганизмов (за исключением случаев обсеменения сырной массы спорами необходимых для нее плесеней);

д) удаление частиц, находящихся в рассоле в состоянии взвеси, с помощью фильтрации;

е) удаление или очистка рассолов, загрязненных нежелательными микроорганизмами. В этом случае рекомендуется проводить как физическую (тепловую, с помощью ультрафиолетового облучения), так и химическую (перекисью водорода, гипохлоритом натрия, сорбиновой кислотой) обработку рассолов. Следует, однако, отметить, что используют эти виды обработки пока еще недостаточно широко вследствие проблем, связанных с их стоимостью, или ограничений, установленных действующими нормативными документами.

Несмотря на кажущуюся относительную простоту реализации способов посолки сыра в условиях промышленного производства, процессы, происходящие при проникновении соли в сырную массу, многообразны и далеки от того, чтобы быть изученными полностью; поэтому следует признать за этой стадией производства ту важную роль, которую она играет в плане установления состава готового продукта или физико-химического состояния содержащейся в нем влаги и в обеспечении качественного проведения созревания.

ЛИТЕРАТУРА*

1. Kuprianoff J., 1958. In "Fundamental aspects of the dehydration of foodstuffs", Soc. Chem. Ind., Londres, 14.
2. Fennema O. et Powrie W. D., 1964. Adv. Food Res., 13, 219.
3. Pyenson H. et Dahle C. D., 1938. J. Dairy Sci., 21 (4), 169.

* Представленный перечень использованной литературы несколько обширнее, чем в других главах. Новизна темы и недостаточное знакомство с ней (вследствие отсутствия информации) заставили авторов отвести в рамках данной книги большое место для представления указанных выше явлений и дать читателю возможность для получения дополнительной информации с помощью тех источников, которые могут ему для этого потребоваться.

4. Mocquot G., 1947. Le Lait, 27, 576.
5. Geurts T. J., Walstra P. et Mulder H., 1974a. Neth. Milk Dairy J., 28, 46.
6. Brunauer S., Emmett P. H. et Teller E., 1938. J. Am. Chem. Soc., 60, 309.
7. Frank H. S. et Wen W. Y., 1957. Discuss. Faraday Soc., 24, 133.
8. Scheraga H. A., 1965. Annals N. Y. Acad. Sci., 125, 253.
9. Franks F., 1975. In "Water relations of foods", Duckworth Ed., Academic Press, 3.
10. Pauling L., 1945. J. Am. Chem. Soc., 67, 557.
11. Berlin E., Kliman P. G. et Pallansch M. J., 1970. J. Coll. Interf. Sci., 34, 488.
12. Simatos D., Blond G., Dauvois P. et Sauvageot F., 1974. La lyophilisation. Coll. ANRT.
13. Sayre J. D., 1932. J. Agr. Res., 44, 669.
14. Dahle C. D. et Pyenson H., 1938. J. Dairy Sci., 21 (8), 407.
15. Ruegg M. et Blanc B., 1976. J. Dairy Sci., 59, 1019.
Ruegg M. et Blanc B., 1977. Milchwissenschaft, 32 (4), 193.
16. Mercier J. C., Grosclaude F. et Ribadeau-Dumas B., 1972. Milchwissenschaft, 27, 403.
17. Ruegg M., Luscher M. et Blanc B., 1974. J. Dairy Sci., 57, 387.
18. Bressan J. A., Carroad P. A., Merson R. L. et Dunkley W. L., 1981. J. Food. Sci., 46, 1958.
19. Geurts T. J., Walstra P. et Mulder H., 1974b. Neth. Milk Dairy J., 28, 102.
20. Cox D. J. et Schumaker V. N., 1961. J. Am. Chem. Soc., 83, 2433.
21. Gal S., 1975. In "Water relations of foods", Duckworth Ed., Academic Press, 183.
22. Hardy J. et Steinberg M. P., 1983. 3e Cong. Intern. Enaging and Food, Dublin (IRL), Doc. 97.
23. Robinson R. A. et Stokes R. H., 1959. Electrolyte solutions. Butterworths Sci. Publ., London.
24. Ferro-Fontan C., Chirife J. et Benmergui E. A., 1979. J. Food. Technol., 14, 639.
25. Ferro-Fontan C., Benmergui J. et Chirife J., 1980. J. Food. Technol., 15, 47.
26. Iglesias H. A., Chirife J. et Boquet R., 1980. J. Food. Sci., 45, 450.
27. Ross K. D., 1975. Food Technology, 29, 26.
28. Marcos A. et Esteban M. A., 1982. J. Dairy Sci., 65, 1795.
29. Multon J. L. et Bizot H., 1976. In "Biodeterioration investigation techniques", Walter Ed., Applied Interscience, 149.
30. Troller J. A. et Christian J. H., 1978. Water activity and food. Academic Press.
31. Landrock A. H. et Proctor B. E., 1951. Food Technology, 5 (8), 332.
32. Scott W. J., 1957. Adv. Food Res., 7, 83.
33. Acker L., 1962. Adv. Food Res., 11, 263.
34. Noomen A., 1978. Neth. Milk Dairy J., 32, 26.
35. Stadhouders J., 1962. 16e Congr. Int. Lait, B, 353.
36. Labuza T. P. et Saltmarch M., 1981. In "Water activity: influences on food quality", Rockland et Stewart Ed., Academic Press, 855.
37. Moreyra R. et Peleg M., 1981. J. Food Sci., 46, 1918.
38. Urbanski G. E., Wei L. S., Nelson A. I. et Steinberg M. P., 1982. J. Food Sci., 47, 792.
39. Hardy J., 1979. Rev. Lait. Franç., 377, 19.
40. Mathlouthi M., Michel J. F. et Maitenaz P. C., 1981. Lebensm. Wiss. u. Technol., 14, 163.
41. Ruegg M. et Blanc B., 1981. In "Water activity: influences on food quality", Rockland et Stewart Ed., Academic Press, 799.
42. Albrecht J. J., 1982. Food Technology, 36 (9), 73.
43. Geurts T. J., 1972. Versl. Landbouwk. Onderz.
44. Hardy J., 1976. Thèse Doct. Ing. Univ. Nancy, C.N.R.S. AO12169.
45. Byers E. L. et Price W. V., 1937. J. Dairy Sci., 20, 307.
46. Geurts T. J., Walstra P. et Mulder H., 1980. Neth. Milk Dairy J., 34, 229.

47. Lacrampe J. L., Hardy J., Ramet J. P. et Weber F., 1971. Le Lait, 51, 158.
48. Kurmann J. L., Gehriger G., Fluckiger E., Steffen C. et Kaufmann H., 1976. Schweiz. Milchztg, 102 (9), 57.
49. Centeleghe J. L., 1973. Thèse Doct. Spec., Univ. Nancy.
50. Kurmann J. L., 1964. Lait. Romand., 16, 22.
51. Schmidt D. G., Walstra P. et Buccheim W., 1973. Neth. Milk Dairy J., 27, 128.
52. Duckworth R. B., 1971. J. Food Technol., 6, 317.
53. Hagenmaier R., 1972. J. Food Sci., 37, 965.
54. Steinberg M. P. et Leung H., 1975. In "Water relations of foods", Duckworth Ed., Academic Press, 233.
55. Briggs D. R., 1932. J. Phys. Chem., 36, 367.
56. Iglesias H. A. et Chirife J., 1976. Lebensm. Wiss. u. Technol., 9, 107.
57. Greig R. I., 1979. Dairy Ind. Intern., 44 (6), 15.
58. Eilers H., 1945. Versl. Landbouwk. Onderz., 50, 1001.
59. Mc Dowall F. H. et Dolby R. M., 1936. J. Dairy Res., 7, 156.
60. Stadhouders J., 1975. Neth. Milk Dairy J., 29, 104.
61. Streit K., Von Ruegg M. et Blanc B., 1979. Milchwissenschaft, 34, 459.
62. Hardy J., Recordon J. et Weber F., 1981. Comm. Congr. Assoc. Fr. Nut., Nantes, 6—7 mai.
63. Sood S. M., Sidhu K. S. et Dewan R. K., 1976. N. Zel. J. Dairy Sci. Techn., 11, 79.

Глава 4

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И БИОХИМИЯ СОЗРЕВАНИЯ СЫРА

К. Шуази, М. Демазо, Ж. К. Грипен, Ж. Ламберэ, Ж. Ленуар, К. Турнер*

1. Созревание сыра — сложный биохимический процесс

Процесс созревания сыра соответствует фазе ферментативной конверсии сырного сгустка. Свертывание молока и выделение сыворотки из сгустка обеспечивают создание субстрата, состоящего главным образом из казеинов, жира и из фракции растворимых веществ молока. Этот субстрат обсеменен микроорганизмами, а в процессе созревания его составные части претерпевают изменения под действием нативных ферментов сгустка или ферментов, вырабатываемых в результате микробиологического синтеза.

Биохимические превращения придают сгустку новые свойства. Сырная масса вначале довольно плотная, затем становится компактной и относительно безвкусной, изменяет свой состав и структуру, вследствие чего происходит изменение ее внешнего вида, консистенции и цвета. Одновременно происходит формирование вкуса и запаха сыра.

Явления, лежащие в основе этих изменений, весьма сложны; это объясняется, в частности, природой субстрата, многообразием факторов, обусловливающих происходящие превращения, разнообразием изменений составных частей, а также огромным спектром продуцируемых веществ [1—7].

В предыдущих главах книги речь уже шла о составе и структуре сгустка. В нем присутствуют все компоненты молока, но в иной пропорции. Некоторые представляют результат определенных изменений, происшедших в процессе свертывания молока или выделения сыворотки из сгустка. Все эти составные части в большей или меньшей степени включены в процесс созревания сыра; это означает, что либо произойдет их расщепление, либо они смогут влиять на этот процесс созревания, воздействуя на развитие микроорганизмов или деятельность ферментов. Свою роль играет также физико-химическая структура сгустка: состояние воды, степень ее дисперсии, относительные содержания свободной и связанной воды, а также структура молочного жира, его в большей или меньшей степени сохранившееся глобулярное состояние и, наконец, в большей или меньшей степени изменившаяся в результате деминерализации структура казеиновой мицеллы. Все эти факторы могут сыграть важную роль, определяя уровень активности ферментов или чувствительность составных частей сыра к их воздействию.

Ферменты, являющиеся движущейся силой созревания, имеют различное происхождение; речь может идти о ферментах молока, о сычужном ферменте или его заменителе, а также о микроорганизмах, живущих в сырной массе. Эти последние могут попадать в сырную массу из молока, заквасок, рассола, а также из атмосферы производственных помещений сыродельных заводов и с производственного оборудования; они могут относиться к самым разным видам и родам. Разнообразие микрофлоры сыра еще более усложняет процесс созревания, поскольку в присутствии ассоциаций различных видов микроорганизмов часто имеют место явления синергизма или антагонизма. К тому же эта микрофлора эволюционирует: развиваются некоторые новые виды, а у других видов появляется тенденция к исчезновению; какого-то устойчивого равновесия не существует, скорее происходит замена одной микрофлоры другой, при которой последовательность их появления или исчезновения управляется эволюцией самого субстрата. Таким образом, в процессе созревания сыра имеют место рост и метаболическая активность многих видов микроорганизмов, вовлекающая в действие огромное множество ферментных систем.

Во время созревания в сырной массе последовательно протекает целый ряд реакций расщепления. В частности, происходят сбраживание молочного сахара, гидролиз белков, расщепление молочного жира; все эти трансформации не заканчиваются на какой-то первичной фазе, поскольку образовавшийся продукт или продукты могут, в свою очередь, претерпевать изменения, образуя новые соединения, которые могут использоваться другими ферментными системами.

Любая составная часть сырного сгустка может трансформироваться под действием различных агентов. Она может также служить основой для образования огромного количества различных соединений. Кроме этого, одно и то же соединение может иметь несколько происхождений. В этих условиях становится понятным, что созревание сыра приводит к образованию разнообразной гаммы веществ.

Таким образом, подводя итог, можно сказать, что сыр, находящийся на стадии созревания, представляет собой целую экосистему, своеобразный биореактор, пока еще не полностью изученный. Молоко, используемое для производства сыра, не является каким-то стандартным продуктом; микроорганизмы и ферменты, участвующие в процессах его превращения, различны по своей природе и концентрации; последовательность и механизмы происходящих изменений не всегда досконально известны [6]. Иначе говоря, пока еще не удалось полностью овладеть процессом созревания.

2. Агенты, обусловливающие созревание сыра

Ферменты, отвечающие за созревание сыра, могут быть разного происхождения. Это могут быть ферменты молока, молокосвертывающие ферменты или же ферменты микроорганизмов, обсеменяющих сырную массу.

Зачастую роль и относительная важность этих различных агентов известны не полностью. Следует, однако, отметить, что в последние годы благодаря внедрению технологии асептического сгустка, а также благодаря лучшему знанию свойств очищенных ферментов и разработке весьма совершенных методов анализа удалось достичь существенных успехов.

* C. Choisy, M. Desmazeaud, J. C. Gripon, G. Lamberet, J. Lenoir et Colette Tourneur.

2.1. Ферменты молока

В своем естественном состоянии молоко содержит огромное количество ферментов. К настоящему времени удалось выделить или идентифицировать более двадцати из них и обнаружить следы деятельности большого числа других [8, 9].

Особую важность среди присутствующих в молоке ферментных систем представляют две следующие: липаза и протеазы; при этом не следует полностью исключать роль других ферментов.

2.1.1. Липаза

Естественная липаза молока представляет собой липопротеинлипазу, которая в нативном состоянии в большинстве своем связана с казеиновой мицеллой. Миграции фермента из мицелл в сыворотку способствуют: внесение поваренной соли, присутствие гепариноидных веществ и охлаждение молока; кроме этого, в зависимости от качества молока и проведенной обработки содержание фермента в свободном состоянии в сыворотке может быть различным [10].

Фермент имеет следующие основные характеристики [11, 12]:

а) максимальной активностью обладает при pH 9, которая остается ощутимой и при pH 5—6;

б) максимальная устойчивость наступает при нейтральных pH 6,8;

в) оптимальная температура для активности фермента составляет около 35—40 °С;

г) фермент отличается низкой теплоустойчивостью и полностью утрачивает активность при нагревании молока до 70 °С с выдержкой в течение 15 с;

д) фермент отличается высокой чувствительностью к воздействию света;

е) фермент отличается выраженной специфичностью к образованию связей между первичными эфирами и триглицеридами, содержащими низкомолекулярные жирные кислоты.

Что касается возможности для деятельности фермента в сырной массе, то она определяется, в частности, количеством фермента, оставшегося в сгустке, состоянием оболочки жирового шарика и возможным присутствием активаторов; эти параметры изучены далеко не полностью. Принимая во внимание свойства фермента, можно предположить, что он может действовать в прессуемых сырах с низкой температурой второго нагревания, но лишь в тех из них, которые изготовляются из сырого молока. Если говорить о степени липолитического расщепления жира, которую может обеспечить этот фермент, то для большинства видов сыра она еще подлежит уточнению. Рейтер и другие (Reiter et al.) [13], использовавшие технологию асептического сгустка, отмечают, что сыр чеддер, изготовленный из сырого молока, содержит свободных жирных кислот выше 4 : 0, то есть 0,178 ммоль на 100 г сыра против 0,048 ммоль у чеддера, изготовленного из пастеризованного молока; разница 0,130 ммоль объясняется активностью липазы молока, что составляет от 15 до 20% обычного содержания свободных жирных кислот в сыре этого типа [14].

2.1.2. Протеазы

Наличие в молоке нативной протеолитической активности давно общепризнано, а присутствие по меньшей мере двух ферментов, связанных с казеиновой мицеллой, установлено с полной очевидностью [15]: основным компонентом этой системы является щелочная протеаза, называемая плазмином.

Максимальный уровень ее активности отмечен при pH 8, продолжая оставаться устойчивым в интервале pH от 5 до 9. Протеаза отличается довольно высокой теплоустойчивостью (в буферной среде с pH 7), сохраняя 20% своей активности после нагревания до 70 °С с выдержкой в течение 10 мин [16]. Этот фермент относится к группе серин-протеаз; он разрывает связи Lys—X и лежит в основе образования γ-казеинов и протеозо-пептонов 5 и 8, воздействуя на β-казеин, обеспечивая предпочтительное расщепление именно этой фракции казеинового комплекса.

Оптимальная величина показателя pH для активности кислой протеазы близка к 4; ее теплоустойчивость довольно высока, поскольку для полной ее дезактивации необходимо провести десятиминутное нагревание до 70 °С при pH 4. Если говорить о ее воздействии на казеиновый комплекс, то она имеет предпочтение к воздействию на фракцию α_{s1} [17].

Действие этих ферментов в молоке происходит на довольно высоком уровне, а тепловая обработка молока (нагревание до 72 °С с выдержкой 15 с) повышает его на 30—40% [18]. Их активность во время созревания продукта была достаточно точно установлена у прессуемых сыров с медленным созреванием. При изготовлении сыра чеддер было обнаружено присутствие продуктов гидролиза, обладающих свойствами γ-казеинов [19], что служит доказательством активности плазмина. При изготовлении сыра гауда с использованием технологии асептического сгустка результат активности протеаз молока после шести месяцев созревания был оценен в размере 3—3,5% растворимого азота, образовавшегося главным образом за счет пептидов с низкой молекулярной массой, что составляет около 12% степени протеолиза обычного сыра [20]. Авторы не располагают никакими количественными данными в отношении мягких сыров; они считают, что доля участия этих ферментов в данном случае относительно невелика по сравнению с долей ферментов микробного происхождения. Тем не менее в сырах с плесневой коркой повышение pH до значений выше 6 способствует активности плазмина [21], что было обнаружено у сыра камамбер (на его поверхности на двадцать первые сутки созревания и в его середине на тридцать шестые сутки созревания) в виде появления фрагментов пептидных цепочек, характерных для процессов расщепления β-казеина [22]. В сырах типа контэ концентрация γ-казеинов претерпевает сезонные изменения параллельно с изменениями содержания плазмина, и, по всей вероятности, этот фермент играет важную роль в их созревании; возможно, что он способствует появлению таких пороков продукта, как горький вкус и самокол [22 bis].

2.1.3. Другие ферменты молока

Возможности воздействия других ферментов молока на созревание сыра до настоящего времени почти совсем не исследовались. Авторам, однако, представляется, что некоторые из них могут играть заметную роль в этом процессе. Так, фосфатазы могут, по-видимому, действовать через дефосфорилирование казеинов или фосфопептидов, облегчая их гидролитическое расщепление протеолитическими ферментами.

Кислая фосфатаза, оптимум pH которой близок к 4,6—4,8, отличается высокой теплоустойчивостью и оказывает значительное воздействие на фракции казеинового комплекса, но ее концентрация в молоке невелика, и в сыр, по-видимому, переходит лишь небольшое ее количество, соединенное с мембраной жирового шарика.

Оптимум pH для воздействия на казеины щелочной фосфатазы, присутствующей главным образом в мембране, составляет 6,8. Она не оказывает воздействия на нативный казеин молока, но способна осуществлять дефосфорилирование отдельных его фракций [23]. Деятельность щелочной фосфатазы в процессе созревания сыра следовало бы, по-видимому, еще уточнить, но низкая теплоустойчивость фермента делает это маловероятным для сыров, изготовляемых из пастеризованного молока или из молока, подвергнутого терминации.

2.2. Молокосвертывающие ферменты

Молокосвертывающие ферменты (сычужный препарат или его заменители микробного происхождения) представляют собой эндопептидазы, относящиеся к группе карбоксипротеаз. Эти ферменты отличаются двойным видом активности: первый, весьма специфический, связан с воздействием на κ-казеин (см. часть I, главу 1), второй вид активности связан с их воздействием на протеолиз в целом; она распространяется на все белки и может проявляться и в процессе созревания сыра.

Сычужный фермент выделяется в сычугах молодых телят, находящихся в стадии кормления молоком; он представляет собой смесь химозина (80%) и пепсина (20%)*.

Оптимальный уровень pH для воздействия на казеин химозином, являющимся доминирующим ферментом, близок к 5, максимальная стабильность действия отмечается при pH 5—6; фермент отличается невысокой специфичностью действия и разрушает главным образом те связи, в которых задействованы, в частности, гидрофобные аминокислоты: лейцин и фенилаланин [24].

2.2.1. Количества молокосвертывающих ферментов, остающиеся в сгустках

Количества молокосвертывающих ферментов, вносимых в молоко в процессе изготовления сыра, бывают различными в зависимости от вида сыра. При производстве сыра типа камамбер в молоко вносят 15—20 мл сычужного фермента (с активностью 1/10 000) на 100 л молока, тогда как при изготовлении сыра с высокой температурой второго нагревания используют от 25 до 30 мл фермента. В процессе выделения сыворотки часть молокосвертывающего фермента уносится сывороткой, а другая часть, оставшаяся в сгустке, принимает участие в созревании сыра. Доля оставшегося фермента превышает долю сыворотки, оставшейся в сырной массе; это означает, что имеет место определенная фиксация молокосвертывающих ферментов сгустком.

Существующие методы оценки количеств молокосвертывающих протеаз в сгустках не отличаются высоким уровнем чувствительности и точности, поэтому имеющиеся в нашем распоряжении данные немногочисленны и недостаточно точны.

Установлено, что в сыре гауда количество сычужного фермента в готовом сыре эквивалентно 230—300 мкл на килограмм продукта (то есть 10—15% общего его количества, внесенного в молоко). Что касается сыра чедер, то здесь эти количества будут, по-видимому, еще более низкими и составят около 160 мкл/кг [26]. Различия в степени фиксации имеются также между протеазами грибного происхождения и сычужным ферментом: те из них, которые вырабатываются видами *Mucor miehei* и *Mucor pusillus* в меньшей мере задерживаются в сырной массе, чем сычужный фермент.

На фиксацию фермента влияют особенности различных технологий изготовления сыра. Так, определяющими факторами здесь являются: температура нагревания сгустка и величины показателя pH молока и сгустка в процессе выделения сыворотки. Чем ниже активная кислотность молока, тем большее количество фермента остается в сгустке (в случае сыра гауда это количество составляет 280 и 380 мкл/кг соответственно для pH молока 6,56 и 6,38) [26]. Напротив, фиксация протеаз грибного происхождения (*Mucor miehei* и *Mucor pusillus*), по всей вероятности, не зависит от pH молока [27].

При изготовлении сыров с высокой температурой второго нагревания подогрев сгустка до 52—55 °C ведет к денатурированию фермента, поэтому в сыре типа эмментальского количество оставшегося фермента весьма невелико или равно нулю [28]. Денатурирование сычужного фермента происходит

* Определение относительных содержаний химозина и пепсина проведено на основе свертывающей способности фермента при pH 6,6.

также и при более низких температурах: так, в сыре гауда, изготовляемом с нагреванием сгустка до 33,5 или 38 °C, содержание сычужного фермента составляет соответственно 350 и 230 мкл/кг [26].

Следует отметить, что количества сычужного фермента, присутствующие в сгустках, невелики и составляют лишь незначительную часть общего количества фермента. Так, концентрации 250 мкл/кг соответствуют концентрации, равные приблизительно 130 и 80 мкг очищенных химозина и пепсина животного происхождения на 1 кг сыра. Эти незначительные количества, однако, достаточны для того, чтобы эти протеазы могли играть важную роль в процессах созревания многих видов сыра.

2.2.2. Стабильность действия сычужного фермента во время созревания сыра

Физико-химические свойства сыра позволяют сычужному ферменту сохранять стабильность и активность в течение всего времени созревания сыра. Это подтверждается результатами измерения количеств сычужного фермента в начале и конце созревания [26], а также нарастанием в ходе этого процесса количества продуктов расщепления казеинов, происходящим в результате его активности [29]. Таким образом, действие коагулирующих средств на первом этапе изготовления сыра не прекращается, а распространяется на весь период созревания.

2.2.3. Исследование действия сычужного фермента на различные фракции казеинового комплекса

Помимо своего специфического воздействия на κ-казеин в течение фазы свертывания молока, химозин оказывает общее влияние на процесс протеолитического расщепления α_{s1} и β-казеинов во время созревания сыра. Оптимальное определение этого влияния удалось осуществить с помощью исследований in vitro, проведенных на растворах очищенных казеинов. Казеин отличается наличием двух исключительно слабых связей: Phe_{23}—Phe_{24} и Ph_{24}—Val_{25} [30], разрыв которых ведет к образованию пептидов 24—199 и 25—199, имеющих менее гидрофобный характер, чем α_{s1}-казеин. По мнению авторов, это ведет к ослаблению гидрофобных взаимодействий белковой сетки сгустка, и обрыв этих связей может, видимо, способствовать изменениям консистенции сыра, наблюдаемым во время его созревания [31]. В условиях исследований iv vitro расщепление β-казеина происходит последовательно, начиная с зоны С-концевой последовательности, а наиболее уязвимыми являются связи Leu_{192}—Tyr_{193} и Ala_{189}—Phe_{190} [32]. Однако, как представляется авторам, это нарушение связей отсутствует в тех сырах, где β-казеин обладает исключительной стойкостью к воздействию сычужного фермента. Возможно, что в сгустках часть С-концевой последовательности замаскирована и, следовательно, недоступна для воздействия сычужного фермента.

2.3. Микроорганизмы и их ферменты

Роль микроорганизмов в созревании сыра заключается в выделении ими в сырный сгусток внеклеточных ферментов или же после их гибели и лизиса в активности высвободившихся внутриклеточных ферментов или ферментов, связанных с оболочками клеток. Эти ферменты могут относиться к одной из приведенных ниже четырех основных групп.

1. Протеолитические ферменты (E.C.3.4). Эти ферменты разделяются на две подгруппы: эндопептидазы (или протеазы), гидролизующие белки с выделением пептидов, и экзопептидазы (аминопептидазы, карбоксипептидазы, дипептидазы), разделяющие пептиды на аминокислоты.

2. Липазы (E.C.3.1.1) осуществляют гидролитическое расщепление триглицеридов на жирные кислоты и частичные глицериды.

3. Активные системы на основе аминокислот (декарбоксилазы, дезаминазы, трансаминазы, деметилазы), трансформирующие или расщепляющие аминокислоты, высвобождаемые экзопептидазами.

4. Активные системы, основанные на жирных кислотах или их производных (дегидрогеназы, декарбоксилазы), являющиеся источником образования β-кетоновых кислот, метилкетонов и вторичных спиртов.

Потенциальная активность этих ферментов может быть различной в зависимости от их локализации по отношению к клетке:

а) внеклеточные ферменты, выделяемые в окружающую среду во время роста клеток, могут оказывать прямое воздействие на субстрат;

б) внутриклеточные ферменты, локализующиеся в разных местах, выделяются только после смерти или лизиса клеток. Использование методов дифференциального центрифугирования позволяет разделять компоненты клеток на целый ряд фракций, с которыми связаны различные виды ферментативной активности; среди них различают *растворимую, рибосомную* и *«спартикулярную»* (на уровне частиц) фракции. Знание этой локализации и свойств ферментных систем облегчает понимание роли ферментов микробного происхождения в процессе созревания сыра.

2.3.1. Протеолитические ферменты

2.3.1.1. Ферменты молочнокислых бактерий [34]

Молочнокислые стрептококки несут внутриклеточные или прикрепленные к оболочкам протеолитические ферменты. У *Streptococcus lactis* были обнаружены одна мембранная протеаза с pH_o (оптимум pH) 7,0 и несколько аминопептидаз с pH_o 7—8; у *S. diacetylactis* из очищенной растворимой фракции была выделена одна металлопротеаза с pH_o около 7 [35]; дополнительно к этому этот вид отличается дипептидазной активностью при pH_o 7,5—8; *S. cremoris* несет сложную эндопептидазную систему: две протеазы (одна нейтральная и одна кислая) прикреплены к оболочке, а две другие присутствуют в растворимой фракции; у *S. thermophilus* были выделены одна очищенная нейтральная протеаза (pH_o 6,5) и один аминопептидазный (pH_o 6,5) и дипептидазный (pH_o 7,5) набор.

Таким образом, молочнокислые стрептококки отличаются заметной протеолитической активностью; уровень этой активности может быть различным в зависимости от используемого штамма, и изменчивость уровня активности приводит к определенным последствиям при изготовлении сыра, поскольку штаммы, обладающие наиболее высокой активностью in vitro, остаются ими и в сыре [36].

Наличием богатого набора ферментов отличаются также лактобациллы, причем отличительной чертой этого набора является его богатство экзопептидазами; у *L. bulgaricus* была обнаружена одна эндопептидаза, связанная с оболочками (pH_o 5,5—6). *L. casei* содержит одну протеазу и несколько экзопептидаз (pH_o 6,5—7,5), связанных с растворимой фракцией (карбоксипептидаза, аминопептидаза и дипептидаза) [37].

Авторы полагают, что, как правило, термофильные лактобациллы имеют две протеолитические системы: одну периплазматическую эндопептидазного происхождения, другую — цитоплазматическую, имеющую экзопептидазный характер; активность мезофильных видов, имеющая главным образом экзопептидазный характер, связана с внутренней структурой [38].

2.3.1.2. Ферменты других бактерий

Среди коринебактерий предметом достаточно направленных исследований явился лишь вид *Brevibacterium linens*.

Этот микроорганизм имеет вне- и внутриклеточные протеазы с оптимумом pH 7,5—8. На клеточных экстрактах наблюдались также различные виды экзопептидазной активности, уровень и природа которых могут быть различными в зависимости от используемых штаммов [39, 40].

У микрококков внутриклеточные ферменты *Micrococcus caseolyticus* обладают исключительно высокой способностью к расщеплению казеинов, уже претерпевших определенные изменения под воздействием чужеродного фермента. Некоторые из их штаммов отличаются наличием экзоклеточной металлопротеазы (pH_o 7,4), довольно активной по отношению к нерасщепленным казеинам, в частности, к β-казеину.

В протеолизе могут принимать участие также стрептококки группы D; *S. faecalis* наритет *liquefaciens* вырабатывает экзоклеточную протеазу с pH_o 7,6; внутриклеточная активность *S. faecium* и *S. durans* подобна внутриклеточной активности молочнокислых стрептококков.

У пропионовокислых бактерий было установлено наличие казеинолитической активности, связанной с оболочками, и внутриклеточной пептидазной активности (pH_o 5,5—6).

2.3.1.3. Ферменты дрожжей

Дрожжи отличаются значительным уровнем внутриклеточной протеолитической активности, изменяющимся в зависимости от рассматриваемых видов и штаммов; исключительно сильно выражена в этом случае экзопептидазная активность [41].

У *Kluyveromyces marxianus* удалось выделить две щелочные протеазы и одну кислую. *K. lactis* имеет одну нейтральную карбоксипептидазу и три аминопептидазы с соответствующими оптимумами pH, равными 5,0, 7,1 и 8,0. *Rhodotorula glutinis* вырабатывает одну кислую протеазу, устойчивая активность которой наступает при pH от 2,0 до 6,5.

2.3.1.4. Ферменты плесеней

Плесени рода *Penicillium* имеют сложные протеолитические системы, и оба ее вида: *P. camemberti* и *P. roqueforti* — выделяют похожие ферменты, отличающиеся лишь своими электрофоретическими свойствами и природой расщепляемых связей [42, 43].

Исследователям удалось дать характеристику двум экзоклеточным эндопептидазам: одной кислой протеазе (оптимум воздействия на казеин при pH 4—5) и одной металлопротеазе (pH_o 5,5—6,0).

Экзопептидазы обоих видов плесени относятся к типам карбокси- и аминопептидаз. У *P. roqueforti* были выделены: одна кислая карбоксипептидаза (pH_o 3,5) и одна щелочная аминопептидаза (pH_o 8). *Geotrichum candidum* (другой вид плесени, часто присутствующий в сыре) отличается своей вне- и внутриклеточной протеолитической активностью. Его системы (pH_o 5,5—6) выделяются своей устойчивостью в отношении pH и температуры.

2.3.2. Липазы

2.3.2.1. Липазы бактериального происхождения

До настоящего времени эти липазы еще не были достаточно изучены, а их роль в процессе созревания сыра остается малоизвестной.

Молочнокислые бактерии имеют низкий уровень липолитической активности; они лучше действуют на жир, уже подвергшийся частичному гидролитическому расщеплению. Тем не менее у стрептококков есть определенные жирорасщепляющие и этерифицирующие системы цитоплазматического происхождения [44].

У *Micrococcaceae* внутриклеточная липолитическая активность стафилококков проходит на более высоком уровне, чем у микрококков, и последние,

по-видимому, играют лишь незначительную роль в расщеплении жира в процессе созревания сыра [45]. Наличие определенной внутриклеточной липолитической активности было установлено также у *Brevibacterium linens, Streptococcus faecalis* и *Propionibacteria*.

Заслуживает внимания довольно высокий уровень липолитической активности психротрофных бактерий: оптимум pH их внеклеточных липаз, отличающихся очень высокой теплоустойчивостью, лежит в диапазоне 6,5—7,5, но они продолжают сохранять свою активность и при pH 5.

2.3.2.2. Липазы дрожжей и плесеней

Известно, что некоторые дрожжи имеют внеклеточные или связанные с оболочками клеток липазы, но, к сожалению, исследования, которые касались бы тех их видов, которые присутствуют в сыре, немногочисленны. Напротив, липолитические системы плесеней изучены достаточно хорошо. Известно, например, что *Geotrichum candidum* содержит липазу, связанную с клеточными перегородками; эта липаза выделяет главным образом ненасыщенные кислоты C 18, а ее оптимум pH лежит в пределах от 5,6 до 7. Это означает, что потенциально она достаточно активна во время созревания [46]. *P. roqueforti* выделяет две внеклеточные липазы; у одной оптимальный уровень активности достигается при pH 6 и расщепляет она главным образом трикапроин; другая (pH_o 9) действует на трибутирин [47]. *Penicillium camemberti* имеет лишь одну внеклеточную липазу, оптимум pH которой близок к 9 и которая отличается своей особой активностью в отношении трибутирина и безводного молочного жира.

2.3.3. Ферменты, расщепляющие аминокислоты

Аминокислоты, выделяющиеся в результате гидролиза белков и пептидов, могут, в свою очередь, трансформироваться некоторыми микроорганизмами. Ферменты, принимающие участие в этих трансформациях, относятся к следующим группам:

а) декарбоксилазы, лежащие в основе образования аминов. Они присутствуют в микрококках, *Brevibacterium* и стрептококках группы D; оптимум pH около 5,5;

б) дезаминазы, выделяющие аммиак с образованием органических кислот и альдегидов. Их присутствие было установлено у перечисленных выше групп бактерий, а также у *Lactobacillus cagei* и *Geotrichum candidum*;

в) трансаминазы, являющиеся источником образования новых аминокислот. Они присутствуют у молочнокислых бактерий, некоторых микрококков и стрептококков группы D;

г) лиазы, расщепляющие боковые цепи некоторых аминокислот с образованием фенола, индола или серосодержащих соединений. *Brevibacterium linens*, *Pseudomonas* и *Penicillium camemberti* имеют ферменты, отличающиеся активностью по отношению к метионину (деметилазы) и лежащие в основе образования метилмеркаптана и других летучих серосодержащих соединений.

2.3.4. Ферменты, оказывающие воздействие на жирные кислоты

Трансформация свободных жирных кислот может идти по двум основным путям: этерификации и β-окисления.

Что касается эстераз, то они производятся различными группами микроорганизмов. К наиболее активным среди них относятся дрожжи, оптимальная активность которых наступает при pH 5,5—7, а также *Pseudomonas*, за счет которых может появиться фруктовый привкус, и микрококки, которым приписывают образование эфиров метилмеркаптана.

Основным источником происхождения ферментов, ответственных за

β-окисление, являются плесени (*Penicillium camemberti* и *Penicillium roqueforti*), играющие главную роль в развитии запаха сыров типов камамбер и голубого путем образования метилкетонов и вторичных спиртов.

3. Факторы, определяющие созревание сыра

Созревание сыра происходит в результате деятельности ферментов, имеющих в большинстве своем микробное происхождение, и поэтому все факторы, способные влиять на развитие микроорганизмов, производство ферментов и ферментативную активность, могут сыграть определяющую роль в процессе созревания.

Среди этих факторов авторами будут рассмотрены те, которыми сыродел в силах управлять. К ним относятся следующие: вентиляция и состав воздуха в сырохранилищах, активность воды, температура, pH.

3.1. Вентиляция и состав воздуха в сырохранилищах

Известно, что потребности микроорганизмов в кислороде могут быть различными. Некоторые из этих микроорганизмов представляют собой строгих анаэробов и развиваются только внутри сырной массы; их отличает низкий окислительно-восстановительный потенциал ($<-20 \div 30$ мВ); к ним относятся, например, *Clostridia* и пропионовокислые бактерии. Другие относятся к микроаэрофилам и лучше развиваются в среде с пониженным содержанием кислорода, как, например, молочнокислые бактерии, в частности, лактобациллы. Наконец, третьи являются строго аэробными организмами и могут активно развиваться лишь на поверхности сыра. К ним относятся плесени, дрожжи, микрококки, коринебактерии. Под действием этих микроорганизмов могут созревать только мелкие сыры. Существует, однако, одно исключение: речь идет о голубых сырах, но в этом случае их прокалывание обеспечивает определенную вентиляцию сырной массы; кроме этого, используемый вид плесени (*Penicillium roqueforti*) способен развиваться в условиях относительно низкого содержания кислорода в окружающей атмосфере (5%) [48].

Состав атмосферы также может оказывать непосредственное влияние на процесс созревания. Так, аммиак, присутствующий в воздухе сырохранилищ, используемых для созревания мягких сыров с мытой коркой, участвует в нейтрализации поверхностной части сыра, способствуя тем самым развитию и активности поверхностной микрофлоры — микрококков и коринебактерий; кроме этого, он может влиять на различные виды ферментативной активности и определять интенсивность протекания определенных реакций; так, ограничивая активность *Penicillium camemberti*, он снижает риск развития порока горького вкуса в сырах типа камамбер [49 bis, 49 ter], регулирование содержаний углекислого газа при созревании сыров с высокой температурой второго нагревания обеспечивает оптимизацию контроля за формированием рисунка этих сыров. Следует, однако, отметить, что влияние газового состава атмосферы производственных помещений, упаковки или внутренней части сырной массы на микробиологические, ферментативные и химические процессы, происходящие при созревании, изучено пока далеко не полностью, несмотря на то, что это один из основных путей, ведущих к овладению процессом созревания сыра.

3.2. Активность воды

Активность воды (a_w) — важный фактор развития микроорганизмов и деятельности ферментов. К тому же она оказывает определяющее влияние на процесс созревания сыра. Снижение активности воды тормозит ферментативную активность, увеличивает продолжительность лаг-фазы микроорганизмов и снижает скорость роста некоторых из них [50, 51]. Некоторые микроорганизмы могут нормально развиваться в средах с низким уровнем показателя a_w (например, некоторые виды дрожжей, микрококки, коринебактерии, *Peni-*

4.1. Влияние активности воды на развитие различных видов микроорганизмов [51]

Группа микроорганизмов	Содержание NaCl, г/100 мл				
	0	5	10	15	20
	Значение a_w				
	0,992	0,975	0,947	0,916	0,880
Плесени					
Geotrichum candidum (53 aa)	100,0	46,9	—	—	—
Mucor mucedo (54 o)	100,0	47,4	11,6	—	—
Penicillium camemberti (53 11)	100,0	80,9	36,4	4,1	1,1
Clostridium herbarum (53 b)	82,6	100,0	62,4	13,9	3,5
Scopulariopsis fusca (53 L 1)	100,0	78,4	76,9	65,4	14,6
Дрожжи					
Rhodotorula (44 a)	100,0	69,5	21,8	1,0	—
Debaryomyces (54 k)	100,0	49,7	30,2	10,5	8,2
Микрококки					
M. saprophyticus (55 a)	100,0	96,3	67,2	19,1	—
M. saprophyticus (56 b)	84,7	100,0	61,2	16,7	—
Brevibacterium linens					
штамм 58 a	100,0	44,1	29,9	13,8	4,1
штамм BL 107	100,0	67,0	30,0	15,6	3,2
Колиформы					
штамм 54 i	100,0	23,4	—	—	—
штамм SL	100,0	19,9	—	—	—

Примечание. Результаты выражены в процентах от максимального уровня роста; прочерк означает отсутствие роста.

cillium). И напротив, развитие других замедляется даже при незначительном снижении активности воды (например, *Geotrichum candidum*, колиформы) (табл. 4.1).

В сыре активность воды определяется двумя основными параметрами: содержание воды и содержание соли [51—54]. Определенную роль играют также степень созревания сыра и повышение содержания растворимого азота, выражающегося в заметном снижении a_w [52, 54]. По Рюэггу и Блану (Ruegg, Blanc) [52], коэффициенты корреляции между a_w и содержанием воды и растворимого азота в эмментальском сыре соответственно составляют +0,836 и —0,871. Маркос и др. (Marcos et al.) [54] в результате наблюдений, проведенных на 34 разновидностях сыра, установили, что существует взаимосвязь между a_w и содержанием соли в водной фазе (r=—0,808). Это выражается в том, что влажность сырного теста становится определяющим фактором созревания: созревание сырных масс с высокой влажностью происходит быстрее, чем созревание тех, которые подвергаются интенсивному выделению сыворотки. Важную роль играет также концентрация соли в водной фазе; у большинства сыров она составляет от 4 до 5%, а у голубых сыров достигает 6—8%. Речь идет именно о такой концентрации, которая оказывает селективное воздействие на деятельность микроорганизмов и подавляет ферментативную активность.

Выборочное воздействие соли на развитие плесеней на поверхности мягких сыров хорошо известно. Достаточно интенсивная посолка этих сыров

4.2. Влияние просаливания на рост *Penicillium roqueforti* [60]. Рост штаммов в сгустке в присутствии NaCl

	% NaCl	Сутки 2	4	6	8	10	20		Сутки 2	4	6	8	10	20
S	1	—	+	3+	4+	4+	4+	R	—	2+	3+	4+	4+	4+
	2	—	+	3+	4+	4+	4+		—	2+	3+	4+	4+	4+
	3	—	—	3+	4+	4+	4+		—	+	2+	3+	3+	3+
	4	—	—	3+	4+	4+	4+		—	—	+	2+	3+	3+
	5	—	—	3+	4+	4+	4+		—	—	+	+	2+	3+
	6	—	—	2+	4+	4+	4+		—	—	+	+	+	3+
	8	—	—	—	+	4+	4+		—	—	—	±	±	+
	10	—	—	—	—	—	4+		—	—	—	—	—	—

S — штамм Стилтон; R — штамм Рокфор

ограничивает или даже приостанавливает рост *Geotrichum candidum*, не нанося сколько-нибудь значительного ущерба развитию *Penicillium* [55]. Напротив, задержка посолки создает возможность для хорошего проникновения плесени. В сырах типа рокфор Девойо с сотрудниками (Devoyod et al.) [56—59] удалось со всей очевидностью установить влияние соли на развитие микрококков и дрожжей, а также ее тормозящее влияние на коагумезоположительные стафилококки и ее воздействие на состояние равновесия мезофильных лактобацилл *L. plantarum*, имеющих тенденцию к вытеснению *L. casei*. Некоторые микроорганизмы, известные своей стойкостью к воздействию соли, оказываются, однако, чувствительными по отношению к ней. Так, у *Penicillium roqueforti* наблюдаются торможение прорастания спор и задержка в росте при повышении содержания соли в среде (табл. 4.2) [60].

Торможение роста на солодовом агаре показано на рисунке 4.1.

Посолка снижает также активность ферментов, в частности, липаз и протеаз. Так, в жидкой среде в присутствии 4,5% соли активность протеаз микробного происхождения снижается на 50—80% по сравнению с эталонным образцом, не содержащим NaCl [61]. Для сыра типа камамбер также было установлено, что содержание 4% соли приводит к значительному снижению степени протеолиза (с 40% в эталонном образце, не подвергавшемся посолке, до 25% после двадцати суток созревания [62]). Подобные наблюдения были сделаны и на сырах типа голубого, когда при увеличении продолжительности посолки отмечалось снижение содержания растворимого азота [63]. При концентрациях соли выше 6% в сырах этого типа наблюдалось также чувствительное снижение липолиза [64].

3.3. Температура

Температура как основной фактор развития микроорганизмов и ферментативной активности оказывает огромное влияние на ход созревания сыра. Оптимальное для развития микроорганизмов ее значение лежит в пределах 20—25 °С для плесеней, дрожжей и микрококков, 30—35 для мезофильных молочнокислых бактерий и 40—45 °С для термофильных видов микроорганизмов. Максимальная активность ферментов наблюдается при температуре 30—35 °С для липаз и 45—50 °С для протеаз, но она может продолжаться в заметных пределах и при низких температурах; это относится, в частности, к липазам (липаза *Penicillium camemberti* и при 1 °С сохраняет 50% своей максимальной активности [65]) (рис. 4.2).

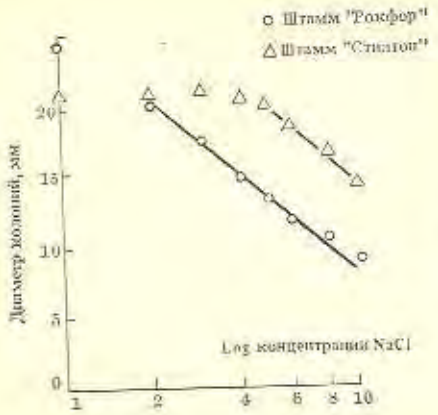


Рис. 4.1. Торможение роста *Penicillium roqueforti* на солодовом агаре

Значения температуры, необходимой для созревания сыра, гораздо ниже, чем было указано: они лежат в интервале между 5 и 20 °С и, как правило, снижаются при повышении влажности сырных масс. Так, при созревании часто используется следующая температура: для голубых сыров 3—4 °С, для рокфора 7—8, для камамбера 7—10, для прессуемых сыров 10—12, для прессуемых сыров с высокой температурой второго нагревания типа грюйер 12—13 в холодном сырохранилище и 16—22 °С в теплом сырохранилище.

Созревание определенного вида сыра в условиях более низкой или высокой температуры по сравнению с нормальной приводит к тому, что процесс ускоряется или замедляется. В настоящее время существует тенденция к проведению созревания мягких сыров в условиях низких температур (≃4 °С); это приводит к замедлению биохимических процессов и позволяет оптимизировать управление ими. В случае же созревания твердых сыров, напротив, возникает искушение к повышению температур с целью сокращения продолжительности созревания (трех-четырехмесячное пребывание сыра при температуре 15 °С практически эквивалентно с точки зрения их созревания шестимесячному пребыванию в сырохранилище при температуре 10 °С). Испытания, проведенные на сыре чеддер, наводят на мысль, что подобное повышение температуры необязательно должно отражаться на качестве готовой продукции, возможно, даже наоборот, но при непременном условии, что используемое

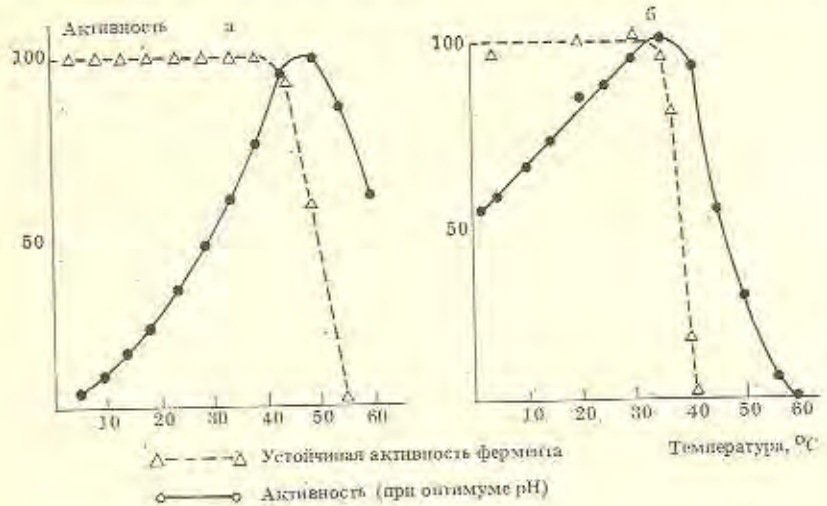


Рис. 4.2. Влияние температуры на ферментативную активность *Penicillium camemberti*:

а — металлопротеаза [67]; *б* — липаза [65]

4.3. Влияние pH на развитие некоторых групп микроорганизмов

Группа микроорганизмов	pH				
	5,0	5,3	5,6	6,0	6,6
Колиформы:					
штамм 54 i	—	+	+	++++	++++
штамм SL	—	++++	++++	++++	++++
Pseudomonas:					
штамм HS 1	—	—	—	—	++++
штамм HS 2	—	—	—	+++	++++
Brevibacterium linens:					
штамм 58 a	—	—	—	++++	++++
штамм BL 107	—	—	—	+	++++

Примечание. Знак — означает отсутствие развития, а число знаков + соответствует уровню развития на девятые сутки созревания при 25 °С.

для изготовления этого сыра молоко имеет высокое бактериологическое качество [66]. Тем не менее следует заметить, что в результате любого изменения температуры происходит не только общее замедление или ускорение процесса созревания: в зависимости от рассматриваемой группы микроорганизмов или происходящей ферментативной реакции их роль будет в большей или меньшей степени изменяться; кроме этого, произойдет изменение внутренних балансов и внутренней динамики самого процесса созревания. Это, в свою очередь, обязательно приведет к появлению различий в свойствах зрелых сыров. Например, относительные уровни протеолиза и липолиза могут существенно отличаться друг от друга при созревании сыра при 3—4 или 8—10 °С. Если принять уровень активности происходящих процессов за единицу при 10 °С, то при 5 °С уровни активности металлопротеазы и липазы *Penicillium camemberti* составят соответственно 0,45 и 0,85 [65, 67] (см. рис. 4.2); таким образом, отношение между липолизом и протеолизом станет отличаться от единицы при 10 °С до величины, близкой к 1,9, при 5 °С.

3.4. Показатель pH

Влияние pH на развитие микроорганизмов и на ферментативную активность велико. Среди микроорганизмов лишь молочнокислые бактерии, дрожжи и плесени могут развиваться при pH ниже 5; напротив, развитие некоторых видов *Brevibacterium linens* замедляется при незначительном подкислении среды (табл. 4.3) [51]. Активность ферментов тоже весьма чувствительна к изменениям pH.

Как уже отмечалось выше, максимальная активность большинства протеаз микробного происхождения находится в интервале pH 5—7,5, а максимальная — в пределах 7,5—9.

При pH ниже 4,5 активность и устойчивость многих ферментов в значительной мере ослабевают.

По окончании выделения сыворотки pH сгустков не превышает 5,5, делая их местом активного молочнокислого брожения. Кислый характер сгустка необходим, поскольку он тормозит действие ферментов и препятствует развитию вредной микрофлоры (колиформ, гнилостных бактерий, анаэробных спорообразующих бактерий...), но слишком кислая среда нежелательна, поскольку химические и биохимические реакции, обеспечивающие эластичность сырного теста, могут остановиться.

Сгустки, которые используются для производства мягких сыров, имеют

Рис. 4.3. Изменение pH в процессе созревания сыра камамбер [68]

Рис. 4.4. Изменение pH в процессе созревания сыра сен-полэн [Гальзен (Galzin), неопубликованные данные]

pH ниже 5 (около 4,5 у камамбера). Такая величина pH препятствует развитию микрококков и коринебактерий, являющихся агентами созревания этого вида сыра. При этом не достигается требуемая активность протеаз; кроме того, при таком значении pH затруднено взаимодействие белков с минеральными веществами и белков с водой, что должно придавать сырной массе мягкую и однородную консистенцию. Таким образом, необходимо проводить определенную нейтрализацию сгустка, которая обеспечивается за счет развития плесеней и дрожжей, использующих молочную кислоту в качестве источника углерода (мягкие сыры с плесневой коркой типа камамбера), или за счет совместного действия дрожжей и насыщенной аммиаком атмосферы сырных подвалов (это относится к мягким сырам с мытой коркой типа мюнстера). У прессуемых сыров с высокой и низкой температурами второго нагревания значения pH выше 5 (5,2—5,3). Эти значения pH совместимы с полезными для сыров химическими и ферментативными реакциями, что снимает необходимость в нейтрализации сырной массы. В этом случае, напротив, требуется предупредить какое бы то ни было «постнарастание кислотности» сгустка. Это становится возможным благодаря высокой степени минерализации сырного теста, придающей ему высокую буферность, а также благодаря тому, что вследствие усиленного выделения сыворотки (у твердых сыров) или промывания сырного зерна водой (сыр сен-полэн) в нем остается лишь небольшое количество свободного молочного сахара.

Следует обратить внимание на различия между изменениями pH мягкого и прессуемого сыра в процессе созревания (рис. 4.3 и 4.4). В сыре типа камамбер pH быстро повышается и в конце созревания достигает значения, близкого 7 (на поверхности сыра) [68]. В сыре типа сен-полэн значение pH остается близким к 5,5.

Относительное постоянство величины pH прессуемых сыров на уровне 5 является критической для развития микрофлоры, активности ферментов или взаимодействия казеинов с минеральными веществами или водой. Это объясняет тот факт, что даже незначительное изменение pH способно привести к серьезным последствиям для консистенции сыра или качества готовой продукции. Например, формирование рисунка сыра грюйер невозможно при pH<5, а при pH>5,35 происходит очень быстро [69]; для сыра чеддер риск появления такого порока, как горький вкус, довольно высок при pH сырного теста <4,95 и в значительной степени ослабевает при более высоких значениях pH [70]; в свою очередь, консистенция солюбилизованного мягкого сыра (pH 5,1) значительно отличается от консистенции сгустка, предназначенного для изготовления сыра камамбер (pH 4,5—4,7) (несмотря на близость содержания воды).

4. Изменения, происходящие в составных частях сырного теста в процессе созревания

4.1. Сбраживание молочного сахара и расщепление молочной кислоты

4.1.1. Основные пути расщепления молочного сахара

Молочный сахар может вступать в метаболические реакции со многими микроорганизмами, присутствующими в молоке и сырной массе. После проникновения в клетки молекула расщепляется на глюкозу и галактозу. Последующее расщепление обоих этих сахаров может происходить различными путями [71], два основных из них те, которые ведут к появлению фруктозобифосфатов и пентозофосфатов.

Гликолитический путь образования фруктозобифосфатов ведет к появлению пировиноградной кислоты, полностью окисляющейся согласно циклу Кребса в CO_2 и H_2O в случае аэробного метаболизма (дыхания) микрококков, коринебактерий и плесеней.

В условиях анаэробноза (брожения) она полностью восстанавливается в молочную кислоту. Этот гомоферментативный путь, при котором на одну молекулу метаболизованного молочного сахара образуется четыре молекулы молочной кислоты, характерен для молочнокислых стрептококков и большинства лактобацилл.

Пентозофосфатный, или гетероферментативный, путь ведет к образованию двух молекул молочной кислоты, а также к выделению CO_2, этанола и уксусной кислоты. Он является результатом действия лейконостоков и гетероферментативных лактобацилл. Подобный цикл в условиях анаэробноза проходят и дрожжи, но у них он завершается получением этанола и CO_2.

Примерно так же протекает метаболизм у колиформ (смешанное кислотное и бутандиоловое брожения), которые выделяют в среду молочную, уксусную, муравьиную и янтарную кислоты, этанол, CO_2, 2,3-бутандиол и ацетоин.

Бактерии заквасок, используемых в сыроделии, обеспечивают преобладание гомоферментативного брожения, в условиях которого, однако, могут иметь место определенные различия, обусловливаемые способом переноса молочного сахара через клеточную мембрану. У мезофильных стрептококков этот перенос происходит по системе фосфотрансферазы, фосфорилирующей дисахарид в дифосфат лактозы. Затем дифосфат лактозы расщепляется фосфо-β-галактозидазой на глюкозо-6-фосфат и галактозо-6-фосфат; метаболизация первого идет по пути фруктозобифосфатов, а второго — по пути *D*-тагатозо-6-фосфата [72].

У термофильных стрептококков фосфорилирование завершается образованием галактозо-глюкозо-6-фосфата [73], гидролизуемого в галактозу, выделяющуюся в среду [74—76], и в глюкозо-6-фосфат. И, наконец, создается впечатление, что лактобациллы, за исключением *L. casei*, имеют только один вид активности: активность β-галактозидазы [77]. В этом случае фосфорилирование действует непосредственно на глюкозу и галактозу. Независимо от используемого пути галактоза, метаболизм которой подавляется глюкозой, расщепляется медленно и довольно долго продолжает присутствовать в сырной массе (рис. 4.5 и 4.6).

Молочная кислота и лактаты, образующиеся при брожении, могут быть, в свою очередь, подвергнуты процессам метаболизма.

Плесени и дрожжи окисляют их до CO_2 и H_2O (цикл Кребса). *Propionibacterium* превращают их в ацетат, пропионат и CO_2, играющий главную роль в формировании рисунка сыров с высокой температурой второго нагревания (пропионовокислое брожение). Многие виды *Clostridium* расщепляют их на масляную и уксусную кислоты, CO_2 и H_2 (маслянокислое брожение).

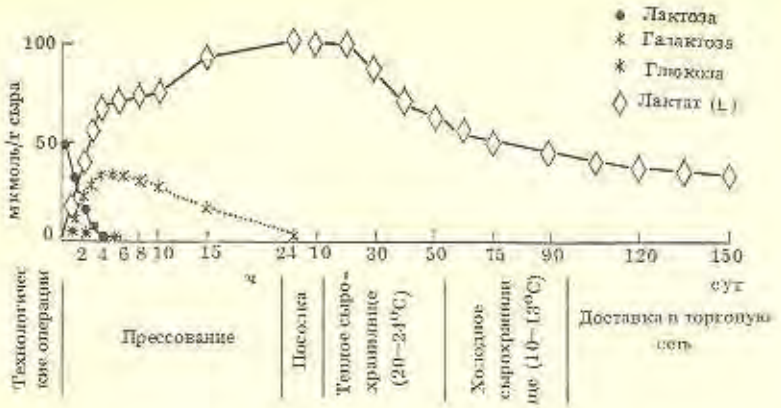


Рис. 4.5. Изменение содержания лактозы и лактата в эмментальском сыре [78]

4.1.2. Эволюция молочного сахара и основных продуктов его расщепления в некоторых видах сыра

Кислотность, приобретенная продуктом в результате сбраживания молочного сахара на этапе свертывания молока, отличается невысоким уровнем (0,1—0,2%). В процессе выделения сыворотки она возрастает до 0,9—1,3%. Это свидетельствует о том, что метаболизм молочного сахара происходит на ранней стадии изготовления сыра.

В сырах типа эмментальского, подвергшихся усиленному выделению сыворотки (см. рис. 4.5) [75], спустя четыре-пять часов полностью исчезает молочный сахар. В чеддере [79] 50% сахара сбраживаются в течение первых шести часов прессования. В камамбере эта эволюция происходит с меньшей скоростью. Молочный сахар может продолжать присутствовать на поверхности сыра вплоть до пятнадцатых суток, а внутри его — даже до двадцать пятых (см. рис. 4.6) [80]. Быстрое снижение содержания молочного сахара, наблюдаемого в период между четвертыми и седьмыми сутками (особенно на поверхности), может быть отнесено за счет активности плесеней.

Трансформация солей молочной кислоты происходит по-разному в зависимости от типа сырного теста.

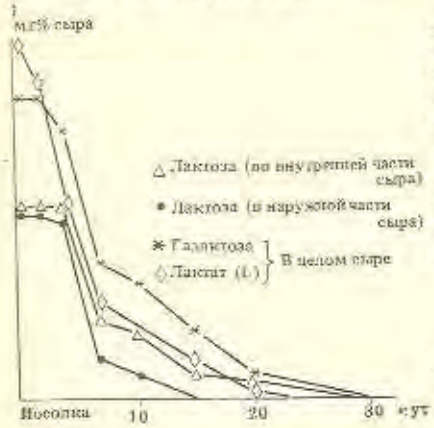


Рис. 4.6. Изменение содержания лактозы и галактозы лактата в сыре камамбер [Шуазн (Choisy), неопубликованные данные]

В эмментальском сыре происходит частичная метаболизация молочной кислоты пропионовокислыми бактериями при помещении продукта в теплое сыроохранилище, но затем ее содержание стабилизируется.

В мягких сырах соли молочной кислоты быстро расщепляются плесенями. Этот процесс особенно активен в период между четвертыми и седьмыми сутками, а приблизительно на двадцатые сутки соли почти полностью окисляются. Совершенно очевидно, что сбраживание молочного сахара и лактатов в процессе созревания сыра влияет на его органолептические свойства [81].

Косвенное влияние этого процесса выражается в изменении условий среды. Например, окисление молочной кислоты в сырах типа камамбера обеспечивает нейтрализацию сырного теста.

Влияние сбраживания молочного сахара выражается также через продукты происходящего при этом расщепления. Например, пропионовая и уксусная кислоты принимают участие в формировании аромата сыров с высокой температурой второго нагревания. Было, кстати, установлено, что в такой бедной сахаром среде, как сырные массы [82], энергетический обмен молочнокислых бактерий может нарушаться, приводя к появлению значительных количеств углеродных соединений типа муравьиной и уксусной кислот и этанола.

4.2. Гидролиз жира и превращения жирных кислот

4.2.1. Состав молочного жира

Основными составными элементами молочного жира являются нейтральные липиды, состоящие из триглицеридов (90%) и диглицеридов (0,2—0,5%). Содержание фосфолипидов составляет около 1%, свободных жирных кислот — 0,1—0,2, неомыляемого вещества — 0,3—0,5%.

4.2.1.1. Состав и структура триглицеридов

Триглицериды отличаются огромным разнообразием присутствующих в них жирных кислот (к настоящему времени идентифицировано около 60 этих кислот; большинство из них присутствует в виде остатков) [83].

Среди основных жирных кислот можно выделить следующие:

а) насыщенные кислоты (4 : 0—20 : 0), общее количество которых составляет около 65% (в молярном выражении) общего содержания жирных кислот; около 50% этих кислот составляют кислоты 14 : 0,16 : 0 и 18 : 0, а 18% составляют низкомолекулярные жирные кислоты 4 : 0—10 : 0,16;

б) ненасыщенные кислоты, к которым относится олеиновая кислота, доля которой от общего содержания жирных кислот составляет около 25%.

Распределение этих кислот между молекулами и внутри молекул глицерина не носит какого-то случайного характера. Весьма широким распространением отличаются кислоты с короткими цепочками. В большинстве случаев они присутствуют в сочетаниях с двумя другими жирными кислотами (со средними или длинными цепочками). Внутри молекулы кислоты C_{18} фиксируются главным образом во внешнем положении, точнее говоря, в точке *sn*—1 (18 : 0) и между *sn*—1 и *sn*—3 в случае 18 : 1; жирные кислоты с короткими цепочками (C_4 и C_6) также находятся во внешнем положении, но фиксируются в основном в точке *sn*—3; тогда как кислоты 8 : 0, 10 : 0, 12 : 0 и 14 : 0 крепятся главным образом между *sn*—2 и *sn*—1 [84]. Отличительная черта распределения этого типа заключается в создании тенденции к снижению точки плавления молочного жира и повышению его чувствительности к воздействию липаз, отличающихся определенной специфичностью в отношении триглицеридов, содержащих жирные кислоты с короткими цепочками.

4.2.1.2. Физико-химическая структура молочного жира

В молоке жир присутствует в виде жировых шариков диаметром от 0,1 до 10 мкм. Мелких жировых шариков диаметром <1 мкм довольно много, но они составляют лишь небольшую долю от общего объема молочного жира. 91% общего количества молочного жира — это шарики диаметром от 3 до

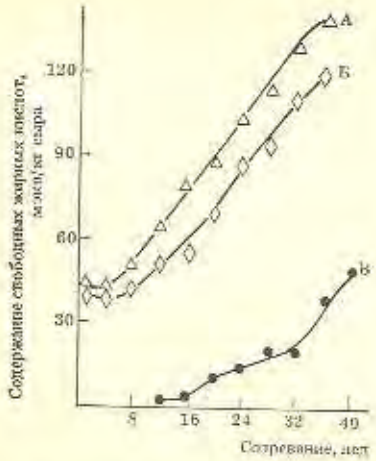


Рис. 4.7. Влияние обработки молока на ход липолиза в сырах типа голубого [87]. Накопление свободных жирных кислот в сырах, изготовленных из:

А — гомогенизированного молока; *Б* — пастеризованного и гомогенизированного молока; *В* — необработанного молока

6 мкм; доля жировых шариков диаметром <3 мкм составляет 3—4%, а доля шариков диаметром >6 мкм равна 2—3% [85].

Шарики окружены стабилизирующей оболочкой, толщина которой около 10 нм; состав и структура этой оболочки до настоящего времени изучены не полностью.

В молоке эта оболочка обеспечивает достаточно эффективную защиту триглицеридов от действия некоторых липолитических ферментов.

При образовании в молочной железе липидная капелька окружается пресекреторным слоем, происходящим из эндоплазматической мембраны клетки и состоящим из фосфолипидов, холестерина и белков. В момент выделения из железы капелька полностью покрывается второй оболочкой из двойного слоя фосфолипидов, происходящих из плазматической оболочки или частично из пузырьков Гольджи [85 bis]. Общий состав этой оболочки сходен с составом биологических мембран, и как только шарик оказывается в полости ацинуса, он, по-видимому, претерпевает глубокие структурные превращения, сжатия, разрывы и везикуляцию, выражающиеся в более или менее значительных потерях составных частей [86] и приводящие к формированию окончательной структуры.

Жир, содержащийся в сыре, может иметь раздробленный вид; это зависит от условий приготовления сгустка: жировые шарики могут оставаться в дисперсном состоянии (например, в сыре моцарелла) или же имеют тенденцию к слипанию (пример: чеддер). На исходный уровень содержания свободных жирных кислот в сыре, а также впоследствии и на скорость липолиза во время его созревания можно влиять путем обеспечения высокой дисперсности жирового вещества, достигаемой за счет гомогенизации молока (рис. 4.7).

4.2.2. Липолиз

4.2.2.1. Общие сведения о механизме липолиза

Триглицериды, отличающиеся нерастворимостью в воде, гидролизуются на моноглицериды и свободные жирные кислоты ферментами и липазами, имеющими общую отличительную черту, а именно: специфичность воздействия на поверхность раздела между маслом и водой. Согласно номенклатуре МБС*, это соответствует глицерол-эфир-гидролазам (ЕС 3.1.1.3) или триацилглицерол-ацил-гидролазам.

Как правило, липолиз происходит по следующей схеме: триглицерид → 1,2- или 2,3-диглицерид → 2-моноглицерид. Возможные исключения объ-

* По рекомендации комиссии по ферментам Международного биохимического союза (МБС) каждому ферменту присваивается номер, в котором первая цифра обозначает класс, вторая — подкласс, третья — подподкласс и четвертая — порядковый номер энзима. — *Прим. ред.*

4.4. Кислотность жирового вещества различных видов сыра
(средние данные по шести образцам) [89]

Вид сыра	Миллиэквивалентов кислоты на 100 г жирового вещества	Вид сыра	Миллиэквивалентов кислоты на 100 г жирового вещества
Бурсен	4,80±1,40	Пиренейский	7,50± 4,93
Эмментальский	15,60±1,11	Бри	10,68±1,55
Грюйер	7,66±0,68	Камамбер	22,27±13,73
Честер	8,39±1,25	Жерве	16,68± 8,55
Гауда	6,14±0,50	Датский голубой	45,34±14,93
Ила	9,11±2,59	Рокфор	27,55±12,16

ясняются особыми специфичностями субстрата по отношению к положению или природе жирных кислот. С другой стороны, миграция к глицерину может стать источником появления других соединений, а липолиз может продолжаться до высвобождения глицерина [88].

Липазы относятся к ферментам с низким уровнем специфичности; это позволяет предположить, что в сыродели проявление их специфичности может затормаживаться доступностью субстрата.

Высокая скорость гидролиза триглицеридов липазами зависит от их молекулярной массы. При этом большинство известных липаз выделяет кислоты во внешнее положение, зачастую без различия между кислотами с разной длиной углеродной цепи. Могут также иметь место случаи более узкой специфичности по отношению к природе жирных кислот. Так, липаза *Geotrichum candidum* образует главным образом олеиновую кислоту и другие кислоты с двойной связью в положении 9 и с конформацией типа *cis*. Предгастральные эстеразы, используемые в некоторых видах итальянского сыра, образуют кислоты с короткой углеродной цепью. Однако если говорить о специфичности большого количества липаз микробного происхождения, то к настоящему времени они изучены еще недостаточно [88].

4.2.2.2. Степень липолиза в основных видах сыра

В таблице 4.4 приведены уровни окисления жировой фазы у различных видов сыра [89].

В отношении сыров типа голубого были приведены другие исследования [90], результаты которых показали, что содержание жирных кислот в них составляет от 48,8 до 67 г на кг (около 65—100 мэкв. на 100 г жира), то есть степень липолиза у них приблизительно вдвое выше указанной в таблице 4.1 и соответствует выделению 18—25% общего количества жирных кислот. В случае сыров типа рокфора уровни содержания свободных жирных кислот значительно ниже тех, которые сообщаются, как правило, когда речь идет о сырах типа голубого (24 г/кг сыра или 39 мэкв. на 100 г жира), то есть уровень липолиза составляет 8—10% общего количества кислот.

Степень расщепления жира в сырах типа камамбера, изготовляемых в департаменте Нормандия (Франция), может, по-видимому, достигать 6—10% [91], но анализ образцов этих сыров, поступающих в торговую сеть, дает более низкие результаты (от 3 до 5%). В сыре гауда уровень окисления жировой фазы составляет около 6 мэкв. на 100 г жира, то есть объем липолиза близок к 1,5%. Кюздзаль — Савуа и Кюздзаль (Kuzdzal — Savoie, Kuzdzal) [92] считают, что степень липолиза в сырах типа эмментальского не превышает, по-видимому, 1%, а у сыра контэ составляет 2%, то есть окисление составляет от 3,2 до 4,6 мэкв. на 100 г жира. В сырах типа чеддер в зависимости от торговых марок количество окисленного жира составляет, по всей вероятности, от 1 до 6,2 мэкв. на 100 г жира, то есть степень липолиза ко-

леблется в пределах от 0,25 до 1,5% [93]. Другие авторы сообщают о среднем количестве кислот выше 4 : 0 в 6,9—8,6 ммоль на 1 кг сыра, что соответствует 2,2—2,7 мэкв. на 100 г жира [94].

Следует отметить, что общее содержание свободных жирных кислот не совсем точно отражает степень гидролиза жира: дело в том, что липолиз является единственным источником образования лишь тех жирных кислот, углеродное число которых больше или равно 6. Например, масляная кислота может появляться также и в результате сбраживания лактозы и молочной кислоты, таким же путем могут появляться муравьиная, уксусная и пропионовая кислоты. Расщепление аминокислот приводит к образованию пропионовой, изомасляной, изовалериановой, фенилуксусной и бензойной кислот. В зависимости от вида сыра доля липолиза в образовании свободных жирных кислот может изменяться в широких пределах. В сырах типа камамбера и голубого она составляет более 95% [95]. В сырах типа чеддера доминирует уксусная кислота (60% в молярном выражении) [94]. В прессуемых сырах с высокой температурой второго нагревания (эмментальском, грюйере, контэ) молярный процент содержания уксусной и пропионовой кислот составляет более 50% и может достигать 80% [96].

При определении содержаний свободных жирных кислот точное установление доли тех из них, которые являются продуктом липолиза, представляется затруднительным. Показатели процентного содержания летучих жирных кислот учитывают также часть кислот, образующихся в результате липолиза, а окисление жира может касаться не всех кислот с короткими углеродными цепочками. Кюздзаль — Сауа и Кюздзаль [92] предложили производить расчет степени липолиза по содержанию свободной капроновой кислоты на основе ее среднего содержания в молочном жире. Однако этот метод предполагает наличие активности липаз без какой либо специфичности.

В рамках недавнего исследования, проведенного Ву с сотрудниками (Woo et al.) [96 bis], анализы проб 16 видов сыра говорят о существовании тенденции к появлению определенного единообразия в отношении уровней липолиза в пределах значений, составляющих даже менее 2% в случае двух видов мягких сыров с плесневой коркой; исключение составляют лишь сыры типа голубого, уровни липолиза в которых могут достигать 10%.

4.2.2.3. Характеристики свободных жирных кислот

Характеристики свободных жирных кислот — продуктов липолиза, определяемые с помощью метода газовой хроматографии, наводят на мысль, что гидролиз триглицеридов происходит с достаточно низким уровнем специфичности; как правило, свободные кислоты присутствуют в таких же пропорциях, что и те, которые появились в результате этерификации глицерина: это относится, в частности, к сыру чеддер [97].

Тем не менее удалось установить определенные различия в содержании свободных жирных кислот. В сырах типа камамбера доминирует свободная олеиновая кислота; несколько меньше ее содержится в сырах куломье и в пон-левек [91]. В то же время в некоторых сырах типа голубого эта кислота присутствует в меньших количествах по сравнению с другими свободными кислотами, а рокфору, видимо, присущ такой тип липолиза, при котором образуется гораздо большее количество кислот с короткими углеродными цепочками [90]. В некоторых итальянских сырах наблюдалось повышенное содержание масляной кислоты [98], а в ряде случаев метаболиз кислот с короткими или средними цепочками (см. 4.2.3) может приводить к изменению общего состава свободных жирных кислот.

Анализ остаточных глицеридов [99] также показывает, что в некоторых случаях липолиз отличается низким уровнем специфичности (исследования проводились на сырах следующих видов: моццарелла, камамбер, эмментальский производства Швейцарии), но уместно заметить, что в итоге наиболее характерные для этих видов сыра наборы жирных кислот имеют те же особенности, что и у летучих кислот, не являющихся результатом липолиза.

4.2.2.4. Основные факторы липолиза

Гидролитическое расщепление молочного жира (липолиз) в сырах, изготовленных из сырого молока, может происходить в результате активности нативной липазы молока и липаз микробного происхождения.

Выделять липазы (в более или менее значительных количествах, зависящих от видов или штаммов микроорганизмов) способны все микроорганизмы.

К микроорганизмам сыра, отличающимся наибольшей липолитической активностью, относятся плесени. *Penicillium camemberti* представляет собой один из видов благородных плесневых грибов. Он может вырабатывать большие количества внеклеточной липазы и является главным фактором липолиза в сыре камамбер. Липолиз гораздо активнее протекает у поверхности, охватывая 30% массы сыра. Дрожжи *Geotrichum candidum*, развивающиеся в начальной стадии процесса созревания сыра, также могут способствовать гидролизу триглицеридов, обеспечивая выделение олеиновой кислоты [100].

В сырах типа голубого липолиз происходит в основном за счет действия *P. roqueforti*. Присутствие двух липаз, обладающих различной специфичностью, делает более разнообразным набор выделяющихся свободных жирных кислот в силу различия условий необходимых для синтеза и активности этих ферментов: на активности одного благоприятно сказывается кислая среда, а на активности другого — нейтральная [101, 102].

Бактерии молочнокислого брожения отличаются низким уровнем липолитической активности; активность лактобацилл и *Streptococcus thermophilus* низка, а у мезофильных молочнокислых стрептококков и *Leuconostoc* она, как правило, бывает чуть выше [109]. Тем не менее эти микроорганизмы играют главную роль в процессе липолиза в сырах, изготовляемых из пастеризованного молока, микрофлора которых состоит в основном из бактерий молочнокислого брожения, а в сырах, изготовляемых из сырого молока, эти микроорганизмы усиливают активность естественной липазы молока в силу своей способности к гидролизу ди- или моноглицеридов [109 bis].

Микрококки более активны, чем бактерии молочнокислого брожения, но их активность ни в коей мере не желательна в голубых сырах или в сырах с дрожжевой флорой [104]. И напротив, их внутриклеточные липазы могли бы играть определенную роль в сырах с медленным созреванием (например, чеддер). Значительной липолитической активностью отличается вид *Brevibacterium linens*; активность этого микроорганизма объясняется присутствием липазы с довольно широкой специфичностью действия. Этот вид может, в частности, присутствовать в мягких сырах с мытой коркой. *Brevibacterium linens* и большинство микрококков отличаются также наличием карбоксилэстераз [105].

4.2.3. Трансформации, происходящие с жирными кислотами

Микроорганизмы могут использовать жирные кислоты в качестве источника углерода, однако, как правило, количества используемых кислот невелики по сравнению с масштабами липолиза. При формировании органолептических свойств сыра наибольшее значение имеют следующие процессы, происходящие с жирными кислотами: повторная этерификация и окислительное расщепление.

Повторная этерификация в первую очередь касается жирных кислот с короткими или средними углеродными цепочками, что же касается действующих в этом случае спиртов, то это прежде всего алифатические (этанол) или ароматические (фенилэтанол) моноспирты или тиоспирты (метантиол). При pH, характерном для сыра, особенно это касается быстросозревающих его сортов, эта реакция протекает биологическим путем благодаря активности эстераз, синтезируемых различными микроорганизмами, в частности, дрожжами и микрококками.

Окислительное расщепление лежит в основе образования метилкетонов и вторичных спиртов. Метилкетоны с цепочкой средней длины являются компо-

шентами, характерными для формирования аромата сыров, созревающих при участии *Penicillium roqueforti* или *P. camemberti*. Эти плесени отличает наличие у них ферментной системы, позволяющей отходить от обычного пути β-окисления жирных кислот:

Насыщенная жирная кислота (C_{2n}) ⟶ α, β-ненасыщенная кислота ⟶ ⟶ β-оксикислота ⟶ β-кетокислота ⟶ уксусная кислота + жирная кислота (C_{2n-2})
↓
метилкетон (C_{2n-1}) + CO_2

Благодаря присутствию фермента, способного декарбоксилировать β-кетоновые кислоты (β-кетоацилдекарбоксилаза), эта система образует метилкетоны (→ 2-алканоны).

Для микроорганизмов этот метаболический путь означает детоксикацию среды от ингибиторов, которые представлены жирными кислотами, и в первую очередь детоксикацию от кислот с углеродной цепочкой средней длины. В отличие от пути полного расщепления в этом случае используется только одна молекула кофермента А вместо двух, что обеспечивает более высокую скорость рециркуляции кофактора [87].

Затем в сыре происходит ферментативное восстановление метилкетонов во вторичные спирты, ведущее к ограничению их накопления [87].

P. roqueforti и *P. camemberti*, действуя через мицелий или споры, способны образовывать эти соединения в различных количествах в зависимости от применяемых штаммов. При этом главным образом используются кислоты с углеродными цепочками средней длины (8 : 0, 10 : 0, 12 : 0) [106—108].

В сырах типа голубого содержание метилкетонов составляет от 80 до 600 мкмоль на 100 г жира. Здесь присутствуют соединения, включающие от 3 до 15 атомов углерода, причем отмечается преобладание 2-нонанона и 2-гептанона [109—110]. Количество образующихся метилкетонов возрастает с увеличением масштабов липолиза (рис. 4.8) [87]; это может объясняться избыточным количеством субстрата или повышенным уровнем метаболической активности *Penicillium* по отношению к липидам. В сырах типа камамбера содержание метилкетонов составляет от 25 до 60 мкмоль на 100 г жира, основными составными элементами также являются 2-нонанон и 2-гептанон [111].

4.2.4. Влияние липолиза на органолептические свойства сыра*

Роль жира в формировании органолептических свойств сыра представляется авторам определяющей. Любой вид сыра, включая прессуемый, изготовленный из обезжиренного молока, может быть полностью лишен аромата и характерных органолептических свойств.

Молочный жир прежде всего влияет на консистенцию сырной массы. Важную роль он играет и как растворитель ароматообразующих веществ, изменяя пороги их восприятия и вмешиваясь в установление балансов между диссоциированными и недиссоциированными формами жирных кислот.

Обычно считается, что гидролиз триглицеридов не принимает участия в процессе изменения реологических свойств зрелых сыров; однако продукты гидролиза (диглицериды и моноглицериды) являются поверхностно-активными веществами и в силу этого способны играть определенную роль в расположении различных молекул и их взаимодействии с водой. Кроме этого, жирные кислоты могут соединяться с белками или пептидами, а новые связи между составными элементами сырной массы наверняка оказывают определенное влияние на их консистенцию [110, 112]. Однако главная роль липолиза, даже в тех сырах, где его масштабы незначительны, заключается в образовании вкусо- и ароматообразующих компонентов — жирных кислот и их производных.

* См. также часть III, 4.2.

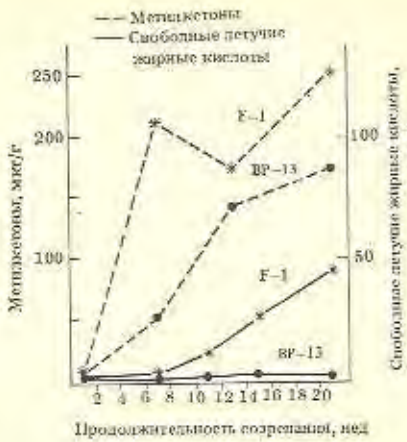


Рис. 4.8. Связь между липолитической активностью и образованием метилкетонов в двух образцах, изготовленных с использованием двух различных штаммов *Penicillium roqueforti* [87]

Жирные кислоты с короткой углеродной цепочки (до 12 : 0) отличаются наиболее выраженными вкусом и запахом, но восприятие этих свойств зависит от их физико-химического состояния, поскольку пороги восприятия могут сильно изменяться в зависимости от того, находятся эти кислоты в состоянии раствора в жировой фазе, недиссоциированной форме или водной фазе (табл. 4.5). Также на их распределение между жировой и водной фазами влияет температура.

В водной фазе или интерфазе между водой и минеральным маслом кислоты могут находиться в ионизированной или неионизированной форме. Количественные отношения между этими формами зависят от величины показателя pH. Повышенные значения показателя pH способствуют диссоциации, а в солевой форме жирные кислоты с короткими углеродными цепочками оказывают весьма незначительное влияние на формирование аромата продукта, воздействуя, по всей видимости, в основном на формирование его вкуса. При низких уровнях pH доминируют недиссоциированные формы и их влияние на формирование вкуса и аромата сыра усиливается.

Выше уже отмечалось, что степень липолиза может изменяться в зависимости от вида сыра. Некоторые сыры отличает высокий уровень липолитического расщепления, например камамбер (под коркой) и сыры типа голубого; при этом наблюдается отсутствие прогорклого вкуса, и даже напротив, высокое содержание свободных жирных кислот необходимо для формирования специфических свойств сыра. Так, голубой сыр, в котором содержание жирных кислот составляет 16,9 г на 1 кг сыра вместо 40—50 г, не отвечает установленным для этого вида сыра требованиям [90]. По-видимому, по мере повышения степени протеолиза сыр выдерживает (а возможно, даже и требует) более высокий уровень содержания свободных жирных кислот. И наоборот, недостаточный протеолиз, сопровождающийся значительным липолизом, выражается в появлении заметного порока вкуса. Следует, однако, отметить, что органолептические свойства некоторых видов сыра сохраняются даже при значительных изменениях степени липолиза. Например, сыр мюнстер одинаково хорошо выдерживает липолиз в размере 7% и более низкие его уровни [92].

4.5. Пороги вкусового восприятия летучих жирных кислот в воде и минеральном масле [112]

Жирные кислоты	Пороги восприятия, мкг⁻¹	
	воде	минеральное масло
2:0	54,0	—
4:0	6,8	0,6
6:0	5,4	2,5
8:0	5,8	350,0
10:0	3,5	200,0
12:0	—	700,0

В прессуемых сырах липолиз является (и должен быть!) незначительным, поскольку пороки таких сыров, связанные с прогорклостью, легко выявить. Так, в сыре конте порок появляется при степени липолиза, достигающей 6,2 мэкв. на 100 г жира [95]. В сыре чеддер по-

роки вкуса, близкие к прогорклости, могут появляться при избыточном содержании свободных жирных кислот [94] или из-за чрезмерно высокого содержания монобутирина, являющегося мощным средством формирования аромата [97].

Метилкетоны, вторичные спирты и алифатические эфиры относятся к таким соединениям, которые часто отличаются высокой летучестью, а пороги их восприятия гораздо ниже, чем у жирных кислот. Две первые группы этих составных элементов играют важную роль в формировании характерного вкуса сыров, созревающих с участием плесеней, в частности, голубых [113]. Эфиры пришоят в аромат сыра заметную фруктовую ноту, но их избыток, например в чеддере, считается пороком [114].

4.3. Расщепление белков и трансформации аминокислот

4.3.1. Природа и степень интенсивности протеолиза в сыре

4.3.1.1. Используемые методы анализа

Метод частичных осаждений (фракционирование). Этот классический и издавна известный метод основан на выпадении в осадок казеинов на уровне изоэлектрической точки (4,6) или на использовании таких коагулянтов, как трихлоруксусная и фосфорно-вольфрамовая кислоты. Так, при доведении сырной массы до pH 4,6 происходит выпадение в осадок как интактных казеинов, так и казеинов, подвергшихся незначительному расщеплению, и поэтому в растворе присутствуют пептиды с высокой молекулярной массой, пептиды с короткими цепочками и аминокислоты. Добавление 12% раствора трихлоруксусной кислоты к надосадочной жидкости, полученной после выпадения осадка при pH 4,6, ведет к коагуляции новых пептидов, в результате чего в растворе остаются лишь мелкие пептиды и аминокислоты. Добавление к этой трихлоруксусной надосадочной жидкости фосфорно-вольфрамовой кислоты ведет к тому, что в растворе остаются лишь пептиды с очень короткими цепочками и большинство аминокислот. Количественное определение пептидов и аминокислот различных фракций производится обычно после минерализации азота по методу Кьельдаля. Определить азот аммиака можно также на трихлоруксусном фильтрате в области 430 нм после добавления реактива Несслера. Растворимым азотом называют обычно азотистую фракцию, состоящую из веществ, не выпадающих в осадок при pH 4,6, а небелковым азотом называют фракцию, растворяющуюся в трихлоруксусной кислоте (в частности, в ее 12%-ном растворе) [115].

Электрофорез. Этот новый метод исследований, отличающийся высокой степенью чувствительности и предоставляющий возможность для проведения более точной качественной оценки степени расщепления белков сырного сгустка, был разработан в последние годы. Разделение казеинов и продуктов их расщепления создает необходимость введения в гель мочевины, служащей для дезагрегирования казеиновых мицелл, а расщепление дисульфидных мостиков, образующих межмолекулярные связи, осуществляется с помощью β-меркаптоэтанола. Специфическое окрашивание и денсиметрический анализ позволяют проводить количественную оценку степени расщепления основных казеиновых фракций и выявлять образующиеся пептиды с высокой молекулярной массой [116]. Разрешающая способность методов электрофоретического анализа еще более повысилась с внедрением изоэлектрической фокусировки и двухмерного электрофореза [117].

Хроматографические методы громоздкие, поэтому они относительно редко использовались для определения изменений, происходящих с казеинами в процессе созревания сыра. В таких случаях обычно обращались к методам гель-фильтрации, основанных на разделении компонентов в зависимости от их молекулярных масс. Отделение веществ с низкой молекулярной массой производилось с помощью уксусной кислоты, а для отделения пептидов с высокой молекулярной массой, образующих агрегаты, приходилось вводить диссоциирующий элемент в форме буферного раствора (мочевина или додецилсульфат натрия). В последнем случае появляется возможность количественного определения концентраций пептидов заданного молекулярного класса [116].

4.6. Различия между сырами типа камамбер, сен-полэн и грюйер де контэ в отношении степени протеолиза [119]

Вид азота	Камамбер	Сен-полэн	Грюйер де контэ
Общий растворимый[1]	31—34	16—21	28—32
Аминный[2]	9—12	13—18,5	32—37
Аммиачный[2]	21—27	2,7—8,5	10,5—14,5
Аминный/аммиачный	0,35—0,50	2,1—7,5	2,4—3,3

[1] В процентах от общего азота.
[2] В процентах от общего растворимого азота.

Методы ионообменной хроматографии также использовались редко, поскольку результаты, получаемые для пептидных фракций с низкой молекулярной массой, с трудом поддавались дальнейшему использованию. Следует все же отметить, что с помощью метода хроматографии на DEAE-целлюлозе удалось выделить пептиды с высокой молекулярной массой в сыре чеддер (γ-казеины).

Для установления состава свободных аминокислот в некоторых видах сыра использовался метод хроматографии на ионообменных смолах (ход анализа и используемое оборудование были традиционными для исследований такого рода). В этом случае для устранения большей части присутствующих пептидов выделение свободных аминокислот осуществляется, как правило, с помощью спиртового раствора [118].

4.3.1.2. Эволюция различных фракций азотистых соединений в некоторых сырах

Наблюдаемые в этой области существенные различия объясняются различиями в используемых технологиях производства. В прессуемых сырах расщепление белков незначительно (сен-полэн), поскольку в конце созревания количество растворимого азота составляет около 18% общего азота. Общий процесс протеолиза гораздо интенсивнее протекает в мягких сырах с плесневой коркой (камамбер) или в сырах с высокой температурой второго нагревания (грюйер де контэ), в которых при pH 4,6 содержится значительное количество растворимого азота (соответственно около 32 и 30%) [119]. Общий процесс протеолиза еще более выражен в голубых сырах, где может достигать 50% общего содержания растворимого азота.

Различия существуют также и в распределении различных азотистых соединений в пределах фракций растворимого азота (табл. 4.6).

Довольно высоким содержанием аммиачного азота отличается камамбер (7—10% общего азота), а очень низким (около 1%) — прессуемые сыры (например, сен-полэн). Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания (например, грюйер де контэ) содержат достаточно большие количества аммиачного азота (около 3%), и для них характерны также высокие содержания свободных аминокислот (приблизительно 10% общего азота) [119]. Свободные аминокислоты действительно обнаруживаются в значительных количествах в некоторых видах сыра: их количество составляет около 1 г/100 г сыра в камамбере и 3 г/100 г сыра в сыре контэ. Бывали случаи, когда в некоторых голубых сырах обнаруживались еще более значительные содержания свободных аминокислот (6 г/100 г датского голубого сыра). Авторы считают возможным определение характерного для каждого вида сыра набора аминокислот; этот набор отличается от того, который получают при

исследовании продуктов гидролиза казеина. Это объясняется тем, что содержание некоторых аминокислот в таком случае выше, чем в казеинах. Это относится, например, к содержанию лейцина и фенилаланина в камамбере, сен-ландре и грюйер де контэ. Возможно, это является результатом их предпочтительного выделения и/или их неиспользования микроорганизмами [118].

4.3.2. Общие механизмы расщепления белков

Как уже было показано выше, в сырных сгустках могут одновременно действовать несколько видов ферментов: коагулянт, остающийся в сгустке после свертывания молока и сохраняющий свою активность в процессе созревания сыра, протеазы молока и протеазы микробного происхождения, выделяемые бактериями молочнокислого брожения, плесневообразующими грибами рода *Penicillium* (*P. camemberti* или *P. roqueforti*), а также микроорганизмами второстепенных видов микрофлоры.

Методика отбора, позволяющая выделить действие каждого из перечисленных выше факторов, заключается в приготовлении асептических сгустков, не содержащих никаких микроорганизмов в состоянии развития. В этих асептических сгустках кислотообразующее действие молочнокислых бактерий заменяется введением эфира (дельта-глюконолактон), который медленно и спонтанно самогидролизуется. Постепенное добавление этого вещества позволяет получать кинетику нарастания кислотности и конечный показатель pH, сравнимые с теми, которые имеют место при использовании бактерий молочнокислого брожения. Это означает, что получаемые в подобных сгустках продукты распада белков являются результатом воздействия только сычужного фермента и протеазы молока [120, 121]. В еще более «совершенных» (так называемых эталонных) сгустках активность сычужного фермента может быть нейтрализована с помощью тепловой обработки в процессе приготовления сгустка, и в этом случае можно вести наблюдения только за активностью протеазы молока [122]. В полученные эталонные сыры можно также вводить различные ферменты, предварительно стерилизованные с помощью фильтрации. Кроме этого, в определенных условиях их можно обсеменить штаммом одной из бактерий молочнокислого брожения или *Penicillium*, получая сгустки с управляемой микрофлорой. В последнем случае можно наблюдать совместное действие ферментов микробного происхождения и молочной протеазы, сопровождающееся (или нет) действием сычужного фермента. Таким образом, этот метод позволяет выделять и полнее определять действие каждого из участников процесса протеолитического расщепления белков, происходящего при созревании сыра.

Сычужный фермент. Сычужный фермент играет важную роль в расщеплении белков в процессе созревания сыра. Выделяющиеся при этом пептиды имеют в основном высокие молекулярные массы. Так, например, в асептических сгустках доля пептидов с молекулярной массой ниже 3000 составляет лишь 28% общего количества растворимого азота (рис. 4.9). Ко-

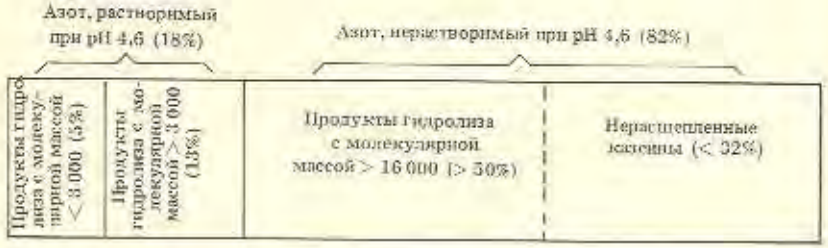


Рис. 4.9. Влияние сычужного фермента на расщепление белков в процессе созревания сыра [116]

личества свободных аминокислот, выделяемых сычужным ферментом, практически равны нулю. В сгустках этот фермент очень быстро атакует α_{s1}-казеин, расщепляя связи Phe_{23}—Phe_{24}, Phe_{24}—Val_{25}. В результате спустя 24 ч после начала изготовления сыра с помощью метода электрофореза можно легко обнаружить α_{s1}-пептид. Этот процесс гидролиза продолжается и при созревании сыра: метод электрофореза позволяет обнаружить заметное снижение содержания α_{s1}-казеина в пользу соединения α_{s1}. Напротив, характерных продуктов гидролиза β-казеина сычужным ферментом (β1, β11, β111) в процессе созревания не обнаруживается. В конце созревания (в асептических сгустках, не содержащих микроорганизмов) более 70% β-казеина остается в неизменном виде [116]. Поэтому авторы полагают, что сычужный фермент оказывает на эту фракцию казеинового комплекса (β-казеин) гораздо менее интенсивное воздействие, чем на α_{s1}-казеин [123]. В сырах с простой микрофлорой, где действуют лишь бактерии молочнокислого брожения, на долю сычужного фермента выпадает производство большей части растворимого азота.

Молочная протеаза (плазмин). Этот фермент, связанный с мицеллами казеина, отличается высокой теплоустойчивостью; он присутствует в сгустке, даже в сырах, изготовляемых из пастеризованного молока. Роль плазмина в протеолизе, протекающем в сырах типа гауда, чедера и заключается в образовании γ-казеинов из β-казеина. Исследования, проведенные на асептических сгустках, показали, что плазмин образует небольшие количества аминокислот и растворимых пептидов [124]. Его роль возрастает в тех случаях, когда нейтрализация сырной массы происходит при pH 6—7, наиболее благоприятном для его действия.

Специалистам удалось доказать существование одной протеазы молока, имеющей кислый оптимальный показатель pH, но, несмотря на то, что этот оптимальный показатель способствует ее активности, роль этой протеазы в процессе протеолиза продолжает оставаться гипотетической.

Ферменты бактериального происхождения. Используемые в сыроделии бактерии молочнокислого брожения лежат в основе появления значительных количеств растворимого азота, состоящего главным образом из аминокислот и пептидов с короткими цепочками. Это хорошо согласуется с природой протеолитических ферментов, наличие которых было установлено у бактерий молочнокислого брожения. Был описан ряд аминопептидаз (некоторые из них обладают весьма узкой специфичностью), дипептидаз, пролинминопептидаз и трипептидаз [125]. С другой стороны, работы, проведенные на асептических сгустках, показали, что бактерии молочнокислого брожения также отличаются эндопептидазной активностью, разумеется, более низкой, чем у сычужного фермента, но все же поддающейся обнаружению методом электрофореза. Исследования с помощью этого метода показали, что бактерии молочнокислого брожения атакуют главным образом α_{s1}-казеин или продукт его расщепления α_{s11} [126]. Видимо, разумно предположить, что протеазы этих микроорганизмов расщепляют β-казеин, поскольку работы, проведенные in vitro показали, что он гидролизуется видом *Streptococcus thermophilus* и некоторыми лактобациллами. В сырах типа гауда отмечено, что «негорькие» штаммы выделяют большее количество аминокислот, чем «горькие» [124]. Активность бактерий молочнокислого брожения дополняет активность сычужного фермента. Дело в том, что выделяемые ферментом пептиды с высокой и низкой молекулярными массами атакуются бактериями молочнокислого брожения и, в свою очередь, расщепляются на аминокислоты и пептиды с короткими цепочками.

Глубокое воздействие на созревание оказывают плесени (*P. camemberti* и *P. roqueforti*). Они выделяют как пептиды с высокой и низкой молекулярными массами, так и аминокислоты. Роль *Penicillium* в мягких сырах была подтверждена исследованиями, проводившимися на сгустках с управляемой микрофлорой, в которых развивался только этот микроорганизм [126]. Синтезируемые им внеклеточные эндопептидазы осуществляют глубокое расщепление α_{s1}- и β-казеинов. В последнем случае кислая протеаза атакует главным образом три следующие связи: Lys_{89} — Ile_{90}; Lys_{97} — Val_{98}; Lys_{99} — Glu_{100}, выделяя пептиды Ile_{90} — Val_{209}; Val_{98} — Val_{209}; Glu_{100} — Val_{209}, которые в

больших количествах обнаруживаются в зрелых сырах. Металлопротеаза также расщепляет β-казеин (в частности, наблюдалось расщепление связей Lys_{28} — Lys_{29}; Pro_{90} — Glu_{91}; Glu_{100} — Ala_{101}). Продукты распада β-казеина, появляющиеся в результате активности этого фермента, обнаруживаются с самого начала развития *Penicillium*, но затем их количество уменьшается. В противоположность этому количество пептидов, образуемых кислой протеазой в процессе созревания, увеличивается, что наводит на мысль о том, что этот фермент играет важную роль, несмотря на то, что величина показателя pH мало способствует его активности [127]. И все же результаты наблюдений, основанных на изменении активности обоих ферментов в процессе созревания сыра камамбер и на определении их потенциального воздействия, основанного на их собственных характеристиках, сводятся к тому, чтобы заставить отдать предпочтение металлопротеазе [128]. В голубых сырах доминирует активность кислой протеазы *Penicillium roqueforti*. Экзопептидазы, выделяемые этой плесенью (кислая карбоксипептидаза, щелочные аминопептидазы, щелочная карбоксипептидаза), осуществляют глубокое расщепление присутствующих пептидов и лежат в основе образования значительных количеств аминокислот, обнаруживаемых в голубых сырах. Отличающаяся большим разнообразием в отношении синтезируемых ей ферментов экзоклеточная протеолитическая система *Penicillium* играет таким образом определяющую роль в протеолизе, происходящем в этих сырах [129].

Что касается точного определения роли второстепенных видов микрофлоры в процессе расщепления белков, то эта проблема изучена в меньшей степени. Тем не менее существуют описания ряда экзопептидаз, в частности, *Brevibacterium linens*, *Propionibacterium* sp. или *Kluyveromyces lactis*. Вследствие этого авторы полагают, что эти микроорганизмы принимают участие в образовании аминокислот сыра в процессе его созревания. Это относится также и к некоторым штаммам *Geotrichum candidum*, исключительно богатым эндопептидазами и способствующим, таким образом, повышению содержания в сыре растворимого азота.

4.3.3. Расщепление аминокислот

4.3.3.1. Явления, происходящие в процессе расщепления аминокислот

Некоторые аминокислоты присутствуют лишь в готовом сыре и отсутствуют в нативном казеине. Это касается, например, γ-аминомасляной кислоты и орнитина, значительные количества которых обнаруживаются в различных видах сыра. Другие аминокислоты присутствуют в сыре в гораздо меньших количествах, чем в нативных казеинах, например аспарагиновая кислота, серин и тирозин в таких сырах, как грюйер, камамбер и сен-полэн [118]. И напротив, как уже было отмечено выше, некоторые аминокислоты (например, лейцин и фенилаланин) обнаруживаются в этих же сырах в более значительных количествах. Эти относительные различия являются результатом ассимиляции, выделения или лизиса микроорганизмов, но происходят также вследствие глубоких преобразований или расщеплений, происходящих с аминокислотами. С другой стороны, прямым доказательством этих расщеплений является высокое содержание нелетучих аминов (тирамина, триптамина или гистамина) в большинстве видов сыра. В качестве примера можно привести сыр рокфор после одиннадцати месяцев созревания, в котором их количество соответственно составляет 1,3, 0,9 и 0,15 мг/г [130]. И наконец, присутствие больших количеств аммиака в некоторых сырах объясняется дезаминированием аминокислот.

4.3.3.2. Общие механизмы расщепления аминокислот

В результате действия декарбоксилаз происходят выделение углекислого газа из карбоксильной группы аминокислоты и высвобождение соответствующего амина (рис. 4.10). В этом случае речь идет, как правило, о ферментах,

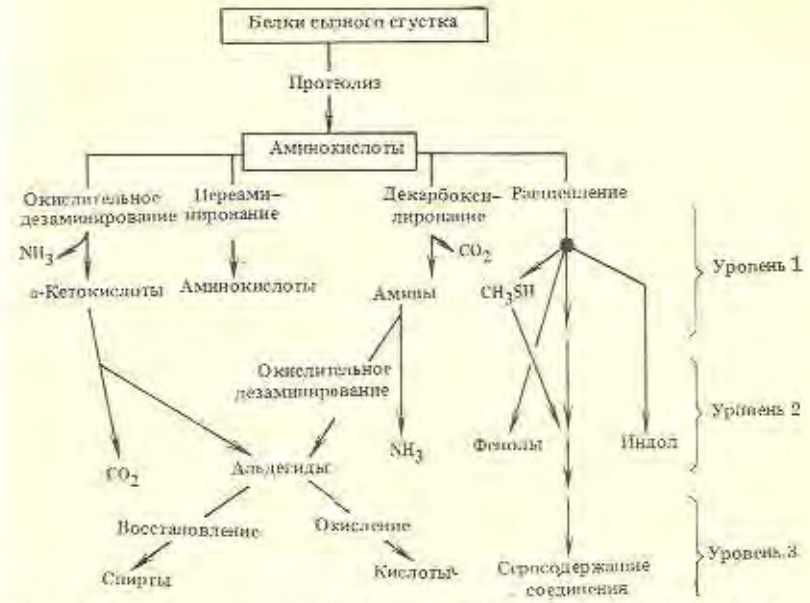


Рис. 4.10. Общая схема микробного катаболизма аминокислот в процессе созревания сыра [131]

коферментом которых является пиридоксалфосфат, а оптимальный для их активности pH составляет около 5,5, что объясняет ту потенциальную роль, которую они могут сыграть в процессе созревания сыра. В частности, у микрококков была обнаружена активность, заключающаяся в декарбоксилировании триптофана, фенилаланина или тирозина. У *Brevibacterium* наблюдалось декарбоксилирование лизина, лейцина или глутаминовой кислоты при pH от 5 до 7. Декарбоксилазы присущи также стрептококкам группы D [131].

У бактерий молочнокислого брожения группы N, у некоторых стрептококков группы *Brevibacterium linens* [137] и у некоторых микрококков было обнаружено наличие ферментов, обеспечивающих трансаминирование. В результате дезаминирования аминокислот происходит образование аммиака; это может являться результатом активности ферментов, ведущей только к появлению этого вещества, и действия α-кетоновой кислоты или альдегида. Причиной могут быть и более сложные явления, ведущие к расщеплению боковых цепей аминокислот. Большинство реакций дезаминирования осуществляется оксиредуктазами (дегидрогеназами или оксидазами). К микроорганизмам, обладающим дезаминирующей активностью, относятся стрептококки группы D, микрококки, некоторые штаммы *Brevibacterium linens* [138] и плесени вида *Geotrichum candidum* [131].

Расщепление боковых цепей аминокислот является результатом деятельности лиаз, которые в некоторых случаях выполняют функцию дезаминирования. Наиболее характерными реакциями являются реакции тиразин — фенол — лиаза или триптофан — индол — лиаза, в результате которых образуются соответственно фенол, индол, а также пируват и аммиак. Особый интерес с точки зрения роли серосодержащих соединений в формировании аромата некоторых видов сыра представляют ферменты, обеспечивающие расщепление метионина [132]. Они создают условия для выделения метантиола с помощью γ-элиминации, являющейся результатом расщепления связи C—S. Микроорганизмы, способные вырабатывать метантиол из метионина, отличаются своим разнообразием и относятся к родам *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Penicillium* (*P. camemberti*), а также к группе коринебактерий (например, *Brevibacterium linens*).

Тем не менее, несмотря на очевидность того, что большая часть представленных выше механизмов расщепления является результатом активности ферментов микробного происхождения, не следует исключать роль чисто химических реакций, принимая во внимание электроотрицательный окислительно-восстановительный потенциал сыра.

4.3.4. Влияние расщепления белков и аминокислот на органолептические свойства сыра

Белки играют определяющую роль в формировании консистенции сыра, поскольку являются единственной, постоянно присутствующей в нем твердой фазой. Исследования с помощью электронного микроскопа показали, что белки образуют сетку, улавливающую жировые шарики и молочную сыворотку. Всякое изменение природы белков, присутствующих в сыре, оказывает влияние на его реологические свойства. В твердых сырах расщепление белков ведет к снижению плотности и упругости консистенции. В сырах чеддер и гауда искусственно усиливали это явление с помощью внесения протеаз в сгусток или молоко [133]. Что касается некоторых видов мягкого сыра, то здесь изменения консистенции носили выраженный характер: сыры становились рыхлыми, а иногда даже полужидкими. В сырах типа камамбера это явление было отнесено на счет действия протеаз *Penicillium camemberti*, выделяющихся в сгустке и расщепляющих казеины. Тем не менее, несмотря на очевидность того, что протеолиз играет главенствующую роль в изменениях консистенции сыра в процессе его созревания, не следует забывать о той роли, которую играют и такие изменяющиеся физико-химические параметры, как содержание воды и pH (например, в сыре камамбер).

Один из основных пороков сыра — горький вкус, несмотря на то, что слабовыраженный привкус горечи является составной частью вкуса некоторых его видов. Установлено, что горький вкус появляется за счет присутствия пептидов с низкой молекулярной массой, имеющих исключительно гидрофобный характер. Уже давно выдвигалось предположение, что источник появления этих горьких пептидов — сычужный фермент. Действительно, в асептических сгустках, приготовляемых без участия закваски, было обнаружено, что сычужный фермент может вызывать появление горького вкуса. В прессуемых сырах увеличение доз сычужного фермента, используемого для свертывания молока, равно как и снижение pH в процессе выделения сыворотки (ведущее к увеличению количества сычужного фермента, остающегося в сыворотке), лежит в основе усиления горького вкуса [134]. Свою роль в этом явлении играют и бактерии молочнокислого брожения. Некоторые исследователи считают, что закваски несут прямую ответственность за образование горьких компонентов, гидролизуя пептиды с высокой молекулярной массой, образуемые сычужным ферментом. Различия в степени проявления горького вкуса, наблюдаемые при использовании различных штаммов, могут являться, по мнению ряда авторов, результатом относительных различий между этими штаммами в плане их развития в сгустках. Использование определенных технологических условий (например, легкой обработки бактериофагами) могло бы привести к уменьшению количественного содержания присутствующих клеток этих штаммов и соответственно к ослаблению горького вкуса [35]. Определенную роль может также сыграть природа протеолитических систем бактерий молочнокислого брожения (протеазы, соединенные с оболочкой клетки, образуют горькие пептиды, а пептидазы клеточной мембраны могут их расщеплять). В заключение можно сказать, что появление горького вкуса при использовании какого-то штамма является следствием установления состояния равновесия или его нарушения между образованием горьких пептидов и их гидролизом экзопептидами клеточной мембраны.

Влияние *Penicillium camemberti* на появление порока было с полной очевидностью установлено для сыров типа камамбера [50, 51]. Пребывание этих сыров в начальном периоде созревания в атмосфере, насыщенной аммиаком, или управляемая искусственная инокуляция *Geotrichum candidum* обеспечивают более высокую скорость повышения pH на поверхности продукта, ведущую к ограничению развития *Penicillium* и снижению активности аспартазы. Риск развития порока горького вкуса в этом случае снижается.

Аромат сыра формируется в присутствии многочисленных компонентов. Многие из них появляются в результате расщепления аминокислот в процессе протеолиза. Важным слагаемым аромата сыра является упомянутое выше образование аммиака и аминов: это относится, в частности, к мягким сырам. Серосодержащие соединения происходят главным образом от метионина. Метионин является как бы предшественником метантиола и в соответствии с этим лежит в основе появления других соединений, например ацетилдисульфида, ацетилтрисульфида и других молекул, вносящих в букет сыра чесночный привкус, отмечаемый у зрелого камамбера. В формировании аромата сыров с мытой коркой (например, сыра понлёвек) значительное место занимают эфиры метантиола, присутствие которых, по-видимому, связано с развитием поверхностной микрофлоры (*Brevibacterium linens* и микрококков). Что касается других основных групп компонентов формирования аромата, то некоторые из относящихся к ним веществ, а именно: жирные кислоты и карбонильные соединения — происходят не только от липидов, но могут являться и продуктами расщепления аминокислот [136].

ЛИТЕРАТУРА

1. Kosikowski F. V. et Mocquot G., 1958. Progrès de la technologie du fromage. FAO, Rome.
2. Harper W. J., 1959. J. Dairy Sci., 42, 207—213.
3. Marth E. H., 1963. J. Dairy Sci., 46, 869—890.
4. Reiter A., Fryer T. F., Sharpe M. E. et Lawrence R. C., 1966. J. Appl. Cact., 231—243.
5. Jacquet J. et Lenoir J., 1969. Econ. et Med. Anim., 10, 38—71.
6. Morris H. A., 1978. J. Dairy Sci., 61, 1198—1203.
7. Forss D. A., 1979. J. Dairy Res., 46, 691—706.
8. Shahani K. M., Harper W. J., Jensen R. G., Parry R. M. et Zittle C. A., 1973. J. Dairy Sci., 56, 531—543.
9. Blanc B., 1982. Le Lait, 62, 350—395.
10. Chilliard Y., 1982. Le Lait, 62, 1—31 et 126—154.
11. Richler R. L. et Randolph H. E., 1971. J. Dairy Sci., 54, 1275—1281.
12. Patel C. V., Fox P. F. et Tarassuk N. P., 1968. J. Dairy Sci., 51, 1879—1886.
13. Reiter B., Sorokin Y., Pickering A. et Hall A. J., 1969. J. Dairy Res., 36, 65—76.
14. Bills D. D. et Day E. A., 1964. J. Dairy Sci., 47, 733—738.
15. Humbert G. et Alais C., 1979. J. Dairy Res., 46, 559—571.
16. Kaminogawa S., Mizobuchi H. et Yamauchi K., 1972. Agr. Biol. Chem., 36, 2163—2167.
17. Kaminogawa S. et Yamauchi K., 1972. Agr. Biol. Chem., 36, 2351—2356.
18. Noomen A., 1975. Neth Milk Dairy J., 29, 153—161.
19. Creamer L. K., 1975. J. Dairy Sci., 58, 287—292.
20. Visser F. M. W., 1977. Neth Milk Dairy J., 31, 210—239.
21. Noomen A., 1978. Neth Milk Dairy J., 32, 26—48.
22. Trieu-Cuot P. et Gripon J. C., 1982. J. Dairy Res., 49, 501—510.
22 bis. Grappin R. et Berdague J. L., Données non publiées.
23. Lorient D. et Linden G., 1976. J. Dairy Res., 43, 19—26.
24. Foltmann B., 1971. The biochemistry of prorennin (prochymosin) and rennin (chymosin). In Milk Proteins, Mc Kenzie M. A. Ed. Academic Press New-York, II, 217—254.
25. Stadhouders J., Hup G. et Van Der Waals C. B., 1977. Neth Milk Dairy J., 31, 3—15.
26. Stadhouders J. et Hup G., 1975. Neth Milk Dairy J., 29, 335—353.
27. Holmes D. G., Duersch J. W. et Ernstrom C. A., 1977. J. Dairy Sci., 60, 862—869.

28. Matheson A. R., 1981. New Zealand J. Dairy Sci. Technol., 15, 33—41.
29. Gripon J. C., Desmazeaud M. J., Le Bars D. et Bergere J. L., 1975. Le Lait, 55, 502—516.
30. Pelissier J. P., Mercier J. C. et Ribadeau-Dumas B., 1974. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 14, 343—362.
31. Creamer L. K., Zoerb H. F., Olson N. F. et Richardson T., 1982. J. Dairy Sci., 65, 902—906.
32. Visser S. et Slangen K. J., 1977. Neth Milk Dairy J., 31, 16—30.
33. Desmazeaud M. J., 1978. XXème Cong. Int. Lait, Fiche 36 ST, 9 p.
34. Casterg H. B. et Morris H. A., 1976. Milchwissenschaft, 31, 85—90.
35. Zevaco C. et Desmazeaud M. J., 1979. J. Dairy Sci., 63, 15—24.
36. Desmazeaud M. J. et Vassal L., 1979. Le Lait, 59, 327—344.
37. El Soda M., Bergere J. L. et Desmazeaud M. J., 1978. J. Dairy Res., 45, 519—524.
38. Tourneur C., 1982. C.R. XXIème Cong. Int. Lait., Moscou, 2, 379.
39. Foissy H., 1978. Milchwissenschaft, 33, 221—223.
40. Sorhaug T., 1981. Milchwissenschaft, 36, 137—139.
41. Schmidt J. L., Graffard C. et Lenoir J., 1979. Le Lait, 59, 142—163.
42. Trieu-Cuot P., Archieri-Haze M. J. et Gripon J. C., 1982. J. Dairy Res., 49, 487—500.
43. Trieu-Cuot P., Archieri-Haze M. J. et Gripon J. C., 1982. Le Lait, 62, 234—249.
44. Harper W. J., Carmora de Catril A. et Chen J. L., 1980. Milchwissenschaft, 35, 129—132.
45. Delarras C., 1982. Rev. Fr. Corps Gras, 29, 165—167.
46. Tahoun M. K., Mostafa E., Mashaly R. et Abou-Donia S., 1982. Milchwissenschaft, 37, 86—88.
47. Menassa A. et Lamberet G., 1982. Le Lait, 62, 32—43.
48. Moreau C., 1980. Le Lait, 60, 254—271.
49. Acker L. W., 1969. Food Technology, 23, 27—40.
49 bis. Ribadeau-Dumas B., 1984. Le Lait, 64, 448—468.
49 ter. Vassal L. et Gripon J. C., 1984. Le Lait, 64, 397—417.
50. Scott W. J., 1957. Water relation of food spoilage micro-organism. Advances in Food Res., 7, 83—127.
51. Stadhouders J. et Langeveld L. P. M., 1966. C.R. XVIIème Cong. Int. Lait, vol. D, 577—584.
52. Ruegg M. et Blanc B., 1977. Milchwissenschaft, 32, 193—201.
53. Hardy J., 1979. Rev. Lait. Fr., 377, 19—25.
54. Marcos A., Alcala M., Leon F., Fernandez-Salguero J. et Esteban M. A., 1981. J. Dairy Sci., 64, 622—626.
55. Gueguen M., Delespaul G. et Lenoir J., 1974. Rev. Lait. Fr., 325, 795—816.
56. Devoyod J. J., Bret G. et Auclair J. F., 1968. Le Lait, 48, 613—629.
57. Devoyod J. J., 1969. Le Lait, 49, 20—39.
58. Devoyod J. J., 1970. Le Lait, 50, 277—284.
59. Devoyod J. J., Sponem D., 1970. Le Lait, 50, 524—543.
60. Godinho M. et Fox P. F., 1981. Milchwissenschaft, 36, 205—208.
61. Poznanski S., Lenoir J. et Mocquot J., 1965. Le Lait, 45, 3—26.
62. Kikuchi T. et Takafuji S., 1971. Jap. J. Zootech. Sci., 276—280.
63. Godinho M. et Fox P. F., 1982. Milchwissenschaft, 37, 72—75.
64. Godinho M. et Fox P. F., 1981. Milchwissenschaft, 36, 476—478.
65. Lamberet G. et Lenoir J., 1976. Le Lait, 56, 622—644.
66. Marth E. H., 1963. J. Dairy Sci., 46, 869—890.
67. Lenoir J. et Auberger B., 1977. Le Lait, 57, 471—491.
68. Lenoir J., 1963. Le Lait, 43, 154—165.
69. Mocquot G., 1979. J. Dairy Res., 46, 133—160.
70. Lawrence R. C. et Gilles J., 1969. New Zealand J. Dairy Technol., 4, 189—196.
71. Senez J. C., 1968. Microbiologie générale. Ed. Doin, Paris, 592 p.
72. Lawrence R. C. et Thomas T. D., 1979. The fermentation of milk by lactic acid bacteria. In Microbial technology: current state, future prospects, 29th Symposium of the Society of General Microbiology, 187—219, A. J. Bull, D. C. Elwood & C. Ratledge Eds.
73. Hemme D., Nardi M. et Jette D., 1980. Le Lait, 60, 595—618.
74. O'Leary U. S. Woychik J. H., 1976. Appl. Environ. Microbiol., 32, 82—94.
75. Somkuti G. A. et Steinberg D. H., 1979. J. of Food Protection, 42, 885—887.
76. Hemme D., Wahl D. et Nardi M., 1980. Le Lait, 60, 111—129.
77. Premi L., Sandine W. E. et Elliker P. R., 1972. Applied Microbiology, 24, 5—7.
78. Steffen C., 1975. Lebensmittel-Wissenschaft und technologie, 8, 1—6.
79. Godda E., Bednarski W., Kuncewicz A., Poznanski S. et Kowalewka J., 1982. Le Lait, 62, 177—190.
80. Berner G., 1970. Milchwissenschaft, 25, 275—280.
81. Law B. A., Castonon M. J. et Sharpe M. E., 1976. J. Dairy Res., 43, 301—311.
82. Thompson J., Turner K. W et Thomas T. D., 1978. J. Bacteriology, 133, 1163—1174.
83. Patton S. et Jensen R. G., 1975. Progress in the chemistry of fats and other lipids, p. 163. (ed. R. T. Holman) Oxford — Pergamon Press.
84. Parodi P. W., 1978. Proceedings of milk fat symposium, p. 1—7.
85. Mulder H. et Walstra P., 1974. The milk fat globule. C.A.B., PUDOC, The University Press, Belfast.
85 bis. Keenan T. W., Dylewski D. P., Woodford T. A. et Ford R. H., 1983. In Developments of Dairy chemistry — 2 Lipids — (ed. P. F. Fox), p. 83—118, Appl. Sci. Publish. London.
86. Wooding F. B. P., 1975. Bull. Annuel de la F. I. L., Doc. 86.
87. Kinsella J. E. et Hwang D., 1976. Biotechnology and Bioengineering, vol. 18, 927—938.
88. Jensen R. G., 1971. Progress in the Chemistry of Fats and other Lipids, 11 (3), 347—394.
89. Vanbelle M., Vervack W. et Foulon M., 1978. Le Lait, 58, 246—260.
90. Anderson D. F. et Day E. A., 1965. J. Dairy Sci., 48, 248—249.
91. Kuzdzal W. et Kuzdzal-Savoie S., 1966. C.R. XVIIème Cong. Int. Lait, D 2, 335—342.
92. Kuzdzal-Savoie S. et Kuzdzal W., 1971. Tech. Lait, 717, 11—14.
93. Dixon R. P., De Man J. M. et Wood F. W., 1969. Food Technol. J., 2, 127—131.
94. Bills D. D. et Day E. A., 1964. J. Dairy Sci. 47, 733—738.
95. Kuzdzal-Savoie S. et Kuzdzal W., 1966. Tech. Lait., 14, (hors série), 17—20.
96. Langler J. E. et Day E. A., 1966. J. Dairy Sci., 49, 91—93.
96. bis. Woo A. H., Kollodge S. et Lindsay R. C., 1984. J. Dairy Sci., 67, 874—878.
97. De Man J. M., 1966. J. Dairy Sci., 49, 343—345.
98. Harper W. J., 1957. J. Dairy Sci., 40, 556.
99. Vujicic J. et De Man J. M., 1967. Milchwissenschaft, 22, 554—558.
100. Kuzdzal-Savoie S., 1968. Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles, 16, 312—319.
101. Imamura T. et Kataoka K., 1963. Jap. J. Zootechn. Sci., 34, 349—353.
102. Menassa A. et Lamberet G., 1982. Le Lait, 62, 32—43.
103. Oterholm A., Ordal Z. J. et Witter L. D., 1968. Appl. Microbiol., 16, 524—527.
104. Stadhouders J. et Mulder H., 1957. Neth. Milk Dairy J., 11, 164—183.
105. Sorhaug T. et Ordal Z. J., 1974. Appl. Microbiol., 25, 607—608.
106. Franke W. et Heinen W., 1958. Arch. für Mikrobiologie, 31, 50—59.
107. Lamberet G., Auberger B., Canteri C. et Lenoir J., 1982. Rev. Lait. Fr., 406, 13—19.
108. Hwang D. H., Lee Y. J. et Kinsella J. E. 1976. Intern. J. Biochem., 7, 165—171.
109. Schwartz D. P. et Parks O. W., 1963. J. Dairy Sci., 46, 989—990.

109 bis. Stadhouders J. et Veringa H. A., 1973. Neth Milk Dairy J., 27, 77—91.
110. Schwartz D. P., Parks O. W. et Boyd E. N., 1963. J. Dairy Sci., 46, 1422—1423.
111. Schwartz D. P. et Parks O. W., 1963. J. Dairy Sci., 46, 1136.
112. Bills D. D., Scanlan R. A., Lindsay R. C. et Lois Sathier, 1969. J. Dairy Sci., 52, 1340—1345.
113. Patton S., 1950. J. Dairy Sci., 33, 680—684.
114. Forss D. A., 1972. Odor and flavor compounds from lipids. In Progress in the chemistry of fats and other lipids, vol. 13, part 4, 177—258.
115. Lenoir J., 1963. Le Lait, 43, 154—165.
116. Gripon J. C., Desmazeaud M. J., Le Bars D. et Bergere J. L., 1975. Le Lait, 55, 502—516.
117. Trieu-Cuot P. et Gripon J. C., 1981. J. Dairy Res., 48, 303—310.
118. Do Ngoc M., Lenoir J. et Choisy C., 1967. Rev. Lait. fr., 246, 472—478.
119. Lenoir J., 1963. Ann. Technol. Agric., 12, 51—57.
120. Le Bars D., Desmazeaud M. J., Gripon J. C. et Bergere J. L., 1975. Le Lait, 55, 377—389.
121. Green M. L. et Foster P. M. D., 1974. J. Dairy Res., 40, 269—282.
122. Visser F. M. W., 1976. Neth. Milk Dairy J., 30, 41—54.
123. Visser F. M. W. et De Groot-Mostert A. E. A., 1977. Neth. Milk Dairy J., 31, 247—264.
124. Visser F. M. W., 1977. Neth. Milk Dairy J., 31, 210—219.
125. Desmazeaud M. J. et Zevaco C., 1979. Milchwissenschaft, 34, 606—610.
126. Desmazeaud M. J., Gripon J. C., Le Bars D. et Bergere J. L., 1976. Le Lait, 56, 379—396.
127. Trieu-Cuot P. et Gripon J. C., 1982. J. Dairy Res., 49, 501—510.
128. Lenoir J. et Auberger B., 1982. C. R. XXIème Cong. Int. lait., 336.
129. Desmazeaud M. J. et Gripon J. C., 1977. Milchwissenschaft, 32, 731—734.
130. Colonna P. et Adda J., 1976. Le Lait, 56, 143—153.
131. Hemme D., Bouillanne C., Metro F. et Desmazeaud M. J., 1982. Sciences Aliments, 2, 113—123.
132. Adda J., Roger S. et Dumont J. P., 1978. Some recent advances in the knowledge of cheese flavor. In Flavor of foods and beverages. Chemistry and technology. G. Charalambous et C. E. Inglett Eds., Academic Press, Londres, 65—74.
133. Vassal L., Desmazeaud M. J. et Gripon J. C., 1982. 2ème Symposium International "Enzymes et technologie alimentaire", Versailles (France), Lavoisier Ed., Paris.
134. Stadhouders J. et Hup G., 1975. Neth. Milk Dairy J., 29, 335—353.
135. Martley F. G., 1975. Le Lait, 55, 310—323.
136. Adda J., Gripon J. C. et Vassal L., 1982. Food Chemistry, 9, 115—129.
137. Lee C. W. et Desmazeaud M. J., 1985. Arch. Microbiol., 140, 331—337.
138. Hamony D. et Desmazeaud M. J., 1985. Le Lait, 65, 103—121.
139. Lee C. W., Lucas S. et Desmazeaud M. J., 1985. FEMS Microbiol. Lett., 26, 201—205.

Часть II

ПРИГОТОВЛЕНИЕ СГУСТКА

Глава 5

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ

1. Сычужный фермент и другие молокосвертывающие ферменты

Ж.-П. Рамэ*

1.1. Сычужный фермент

1.1.1. Происхождение

Сычужный фермент, получаемый из сычуга телят, является традиционным коагулирующим средством, используемым для свертывания молока при изготовлении большинства видов сыра; в небольших количествах его получают также из сычугов козлят и ягнят.

Сычужным ферментом называют молокосвертывающий экстракт, приготавливаемый из сычугов молочных телят, а состоит он из двух активных компонентов: химозина, на долю которого приходится большая часть, и пепсина.

Выделение химозина в сычуге телят заканчивается в момент перевода их с молочного кормления на обычные корма. В это время значительно возрастает выделение пепсина, становящегося доминирующим компонентом сычужного фермента. Протеолитическая активность фермента, выделяющегося в виде неактивного предшественника, в значительной степени возрастает после гидролиза последнего в кислой среде желудка.

1.1.2. Приготовление сычужного фермента

Сычуги после сбора и промывки сушат, солят или замораживают для последующего хранения до момента экстрагирования сычужного фермента.

Эта операция осуществляется путем вымачивания разрезанных желудков в растворе поваренной соли в течение нескольких суток. При этом величина показателя pH регулируется в пределах 5—5,5, что способствует активации прохимозина.

Жидкость, полученная после экстрагирования, осветляется квасцами, а затем фильтруется. На заключительном этапе производства одновременно с внесением разрешенных нормативными документами консервирующих веществ сычужный фермент доводится до стандарта по активности, pH, содержанию NaCl и цвету.

Активность сычужного фермента выражается с помощью отношения между единицей его массы и/или объема, способной свернуть определенное количество молока при определенной температуре за период времени. Эти условия могут быть различными в зависимости от официально принятого к использованию метода. Во Франции таким методом является метод Сокслета, согласно которому свертывание молока при температуре 35 °C должно происходить через 40 мин.

При температуре окружающей среды жидкие экстракты сычужного фермента быстро теряют активность. Хранить их следует при низких тем-

* J. P. Ramet.

пературах (от 0 до 5 °С). Помимо жидких сычужных экстрактов, существуют также сухие препараты (порошок или таблетки), лучше приспособленные для хранения, но менее удобные в использовании. Сухие препараты получают из жидких экстрактов путем осаждения сычужного фермента с помощью NaCl.

К сказанному выше следует добавить, что проводились различные эксперименты по получению сычужного фермента из желудков живых телят с помощью введения в их сычуг специальных фистул. Видимо, выход сычужного фермента от одного теленка при этом выше, чем в случае обработки желудка классическим способом. Однако стоимость оперативного вмешательства, степень клинического риска и высокие эксплуатационные расходы снижают выгоду, которую могут дать использование и дальнейшее развитие этой технологии.

1.1.3. Свойства сычужного фермента

Химозин представляет собой голопротеид с молекулярной массой, близкой к 30 000. Он осуществляет гидролитическое расщепление казеина в средней части его цепи и выполняет две следующие функции:

а) оказывает усиленное воздействие на κ-казеин, ведущее к дестабилизации мицеллярной структуры во время фазы коагуляции;

б) отличается наличием незначительной общей протеолитической активности по отношению к различным фракциям казеинового комплекса, проявляющейся главным образом при созревании сыра.

Уровень протеолитической активности химозина, как и у всех ферментов, в значительной мере зависит от факторов среды и в первую очередь от pH и температуры.

Оптимум его активности лежит на уровне pH 5,5 и температуры 42 °С. При любых отклонениях от этих значений активность фермента быстро снижается. Однако в практике сыроделия условия среды регулируются таким образом, что действительные значения pH и температуры в большей или меньшей степени отличаются от указанных выше оптимальных величин. Это делается для того, чтобы можно было изменять продолжительность свертывания молока, не нарушая жизненной среды бактерий молочнокислого брожения:

Вид сыра	pH	Температура, °С	Продолжительность свертывания
Свежие сыры, потребляемые без созревания	6,0—6,2	18—27	6—24 ч
Мягкие сыры	6,3—6,5	33—38	7—20 мин
Прессуемые сыры	6,5—6,6	33—38	8—20 мин
Сыры с высокой температурой второго нагревания	6,6—6,65	33—38	9—15 мин

1.2. Другие молокосвертывающие ферменты

В настоящее время сычужный фермент пока еще продолжает широко использоваться в сыроделии, но существование в масштабах всего мира проблем, связанных с его недостаточным производством, привело к тому, что вот уже на протяжении приблизительно последних 15 лет проводятся многочисленные исследования, цель которых заключается в подборе таких его заменителей, которые могли бы использоваться в условиях промышленного производства сыра [1, 2].

Недостаток сычужного фермента является следствием нарушения равновесия между спросом и предложением. Повышение спроса объясняется увеличением объема мирового производства молочных продуктов и общим ростом потребления сыра, в том числе тех его сортов, для производства которых требуется использовать большие дозы сычужного фермента для свертывания молока. Напротив, предложение на рынке сычужного фермента не успевает за ростом спроса на него, так как поставка сычугов телят находится в зависимости от рынка мясопродуктов. Эта зависимость выражается, в частности, в снижении качества желудков с точки зрения их пригодности для производства сычужного фермента.

Было предпринято множество попыток найти заменитель сычужного фермента. Свертывание молока может осуществляться многими протеазами, способными обеспечивать гидролитическое расщепление κ-казеина. Однако выполнение этого условия недостаточно для их широкого промышленного внедрения. Заменитель сычужного фермента должен обладать целым рядом физико-химических и технологических свойств, совместимых с требованиями, предъявляемыми сыроделием, и с условиями, касающимися обеспечения высокого пищевого качества готового продукта. Необходимо, в частности, чтобы протеолитическая активность фермента была не слишком высокой, поскольку в противном случае могут произойти расщепление чрезмерного количества пептидных связей и значительное растворение белков, которое, в свою очередь, приведет к образованию непрочного сгустка. В результате потери сухого вещества, уносимого сывороткой, будут велики, а процесс выделения сыворотки замедлится. Кроме того, появятся пороки вкуса и консистенции сыра в процессе созревания.

Таким образом, заменители сычужного фермента должны удовлетворять целому ряду технологических требований, обеспечивая возможность выполнения обычных технологических операций при изготовлении сыра. Речь идет о следующих основных требованиях:

а) молокосвертывающая активность фермента должна быть удовлетворительной в условиях физико-химических параметров молока, используемого для производства сыра (pH, температура, содержание кальция);

б) изменение реологических свойств сгустков после флокуляции должно происходить таким образом, чтобы обеспечивать их механическую обработку в пределах установленных обычных временных нормативов;

в) синерезис сгустка в течение фазы выделения сыворотки должен обеспечивать содержание сухого вещества и химический состав сырной массы, характерные для производимого сыра, в течение времени, не превышающего наблюдаемого при использовании сычужного фермента;

г) условия проведения созревания должны обеспечивать получение готового продукта, отвечающего установленным нормам в отношении его органолептических показателей после периода созревания, продолжительность которого близка к той, которая обычна при изготовлении сычужных сыров;

д) выход по сыру, выражаемый в сухом веществе сыра, должен быть не ниже того, который имеет место при использовании сычужного фермента.

1.2.1. Заменители сычужного фермента животного происхождения

Был проведен целый ряд экспериментов по определению потенциальной возможности использования в сыродельной промышленности некоторых протеаз животного происхождения [3].

Трипсин и химотрипсин отличаются высоким уровнем протеолитической активности, ведущим к глубоким изменениям технологии производства и качества готовой продукции, что не позволяет использовать их в промышленных условиях.

Определенный интерес в плане использования в условиях промышленного производства сыра представляют пепсины, получаемые из желудков свиней и сычугов крупного рогатого скота.

Пепсин, получаемый из желудков свиней, начали использовать во время второй мировой войны, но действительно широкое развитие он получил лишь с 1960 г. Речь идет о протеазе, имеющей более кислый характер, чем химозин. Протеаза обладает высокой активностью в кислой среде, но ее активность быстро снижается при pH выше 6,3; на уровне pH свежевыдоенного молока свертывания не наблюдается.

Частично компенсировать пониженную свертывающую способность при производстве мягких и прессуемых сыров с низкой температурой второго нагревания позволяют разного рода корректирующие меры (увеличение продолжительности созревания молока, повышение концентрации $CaCl_2$). Однако эти методы не могут быть использованы в отношении сыров с высокой температурой второго нагревания.

Представляется, что в случае смешивания с сычужным ферментом пепсин, получаемый из желудков свиней, может найти широкое применение, в частности, в англосаксонских странах для изготовления сыров с повышенной кислотностью.

Пепсин, получаемый из сычуга крупного рогатого скота, является одним из обычных второстепенных компонентов сычужного фермента, выделение которого становится доминирующим при переводе телят с молока на другой корм.

Этот вид пепсина представляется весьма близким к сычужному ферменту, а его активность в меньшей степени зависит от pH, чем активность пепсина свиньи*.

В Израиле были проведены успешные эксперименты по использованию пепсина кур для производства местных сортов сыра.

Подводя итог, авторы считают возможным выразить мнение, что некоторые заменители сычужного фермента животного происхождения могут рассматриваться как удовлетворительные при той, однако, оговорке, что возможности их поставки, как и в случае сычужного фермента, продолжают оставаться в зависимости от условий, складывающихся на рынке мясных продуктов.

1.2.2. Заменители сычужного фермента растительного происхождения

Известно огромное количество молокосвертывающих препаратов растительного происхождения [1, 2]. Их получают путем экстракции из различных органов высших растений. Среди растений, произрастающих в Европе, можно назвать подмаренник, артишок, чертополох, с давних пор использовавшиеся для производства крестьянских сыров. Другие молокосвертывающие препараты были получены из тропических растений. Наиболее известны среди них фицины, извлекаемые из сока растений разных видов рода *Ficus*, папаин, получаемый из листьев папайи, и бромелин, выделяемый из ананаса.

В целом результаты, полученные в ходе исследования этих различных препаратов растительного происхождения, были малоэффективными для сыроделия, поскольку в большинстве случаев эти ферменты отличаются довольно высокой протеолитической активностью, приводящей к уже указанным ранее значительным технологическим затруднениям. Эти затруднения объясняются особенностями состава этих препаратов, включающих ферменты с активным центром, отличающимся низкой специфичностью, и/или сложные ферментные системы, активность которых с трудом поддается управлению. Следует отметить также, что в ряде случаев удалось провести

* Авторы отмечают близость говяжьего пепсина и химозина. На основании тщательных, глубоких исследований биохимических свойств говяжьего и куриного пепсинов в СССР созданы и широко применяются при производстве твердых сыров молокосвертывающие препараты, в составе которых доминируют пепсины животного происхождения. Аналогичные препараты выпускаются и зарубежными фирмами. — *Прим. ред.*

разделение компонентов препаратов растительного происхождения (например, фицинов) и получить с помощью этих очищенных ферментов сыр хорошего качества в нормальных условиях производства.

Необходимо, однако, добавить, что ввиду высокой стоимости сбора сырья и операций по очистке ферментов в настоящее время не представляется возможным обеспечить выпуск на рынок молокосвертывающих препаратов растительного происхождения с умеренной стоимостью. Поэтому они могут рассматриваться пока лишь как любопытные случаи в практике сыроделия, а не как полноценные заменители сычужного фермента, пригодные для использования в промышленных условиях производства.

1.2.3. Заменители сычужного фермента микробного происхождения

Более тридцати лет в мире ведется промышленное производство широкой гаммы препаратов, среди которых находится большое количество ферментов, находящих разнообразное применение в различных отраслях промышленности.

Совершенно естественно, что эта отрасль современной промышленности, занимающаяся производством ферментов, заинтересовалась проблемой получения протеаз микробного происхождения, способных заменить сычужный фермент.

По сравнению с другими категориями заменителей сычужного фермента молокосвертывающие препараты микробного происхождения обладают целым рядом преимуществ, связанных с технологией их производства:

а) их можно производить практически в неограниченных количествах. Развитие микроорганизма происходит в специальной культуральной среде с использованием простых традиционных методов. Цикл развития микроорганизма, как правило, недолгий и составляет от двух до пяти суток. Количество производимых ферментов определяется объемом используемой культуральной среды, то есть не зависит от источников поставки сырья, которые могут стать причиной перебоев и затруднений в получении продукта;

б) по окончании цикла развития микроорганизма молокосвертывающий фермент (или ферменты) экстрагируется из культуральной среды и выделяется путем последовательных осаждения и фильтрации. Затем его активность доводят до стандарта. Все эти операции выполняются в условиях строгого соблюдения гигиены, являющихся непременной принадлежностью этой отрасли;

в) относительная простота технологий культивирования и экстрагирования обеспечивает достаточно низкую себестоимость препаратов;

г) получаемые таким образом молокосвертывающие препараты могут использоваться в странах, философские или религиозные доктрины которых запрещают использовать некоторые ферменты животного происхождения.

В настоящее время накоплено огромное количество научных работ, связанных с производством и использованием в сыроделии молокосвертывающих ферментов микробного происхождения. Эти работы охватывают обширный круг микроорганизмов и низших грибов [1, 2].

Если говорить о бактериях, то наибольшее внимание обращалось на представителей родов *Bacillus* и *Pseudomonas*. От этих видов, промышленное культивирование которых осуществляется также и для производства других ферментов, было получено несколько молокосвертывающих препаратов, прошедших проверку в сыроделии. Но результаты проверки оказались разочаровывающими: это объясняется чрезмерно высокой протеолитической активностью полученных протеаз по сравнению с протеолитической активностью сычужного фермента. Для промышленного производства препаратов ферменты бактериального происхождения не получены.

Положительные результаты были достигнуты при работе с ферментами, происходящими от микроскопических грибов. Они часто были не меньшими, а иногда и более высокими, чем результаты, получаемые при использовании сычужного фермента. На международный рынок выпущен уже целый ряд препаратов, более или менее широко используемых в разных странах.

Производство этих препаратов основано на использовании представителей трех родов микроскопических грибов: *Endothia parasitica (E. p.)*, *Mucor pusillus (M. p.)* и *Mucor michei (M. m.)*.

Исследование пригодности этих ферментативных препаратов в сыроделии и определение их биохимических свойств производились на основе сравнения с сычужным ферментом С [4, 5]. Эти работы позволили установить определенные различия между рассматриваемыми ферментами в отношении следующих свойств.

1. Чувствительность к изменениям различных факторов среды: pH, температура, содержание ионов Ca^{++}.

2. Протеолитическая активность, интенсивность и специфичность которой изменяются в зависимости от вида используемых ферментов [6]:

Степень чувствительности	Температура	pH	Ca
1 (максимальная)	*M. m.*	*M. p.*	*M. p.*
2	*M. p.* С	*M. m.*	*M. m.* С
3			
4 (минимальная)	*E. p.*	*E. p.*	*E. p.*

Казеин	α	β	κ
E. p.	+++	+++	+
M. p.	+++	+++	+++
M. m.	+++	++	++
Сычужный фермент	+++	++	+++

3. Распределение фермента между сгустком и сывороткой отличается характерными изменениями в зависимости от величины показателя pH; ниже приведены уровни активности (в % от исходной) в сгустке в результате повышения кислотности до различных уровней pH [7].

4. Теплоустойчивость. Ферменты *M. m.* и *M. p.* отличаются более высокой теплоустойчивостью, чем сычужный фермент, тогда как фермент *E. p.* представляется более термолабильным [8]:

pH	5,2	6,0	6,4	6,6
Сычужный фермент	83	70	47	30
M. p.	11	12	13	14
M. m.	19	19	18	19

pH	5,2	5,6	6,0	6,2	6,6	7,0
Сычужный фермент	10	4	0	0	0	0
M. p.	33	8	0	0	0	0
M. m.	99	80	60	24	3	0
E. p.	3	2	1	0	0	0

Примечание. Остаточная активность (в % от исходной) после нагревания до 68,3 °С с выдержкой 1 мин.

Сохранение остаточной активности (после пастеризации) в сыворотках, выделяющихся из сыров, когда свертывание производилось с помощью фермента *M. m.*, может создавать неудобства при их дальнейшем использовании для корма скота. Поэтому технология производства этих ферментов была изменена с таким расчетом, чтобы обеспечить им термолабильность, сходную с термолабильностью сычужного фермента. В настоящее время такие препараты уже выпускаются промышленностью.

Перечисленные выше свойства ферментов оказывают определенное влияние на ход различных этапов технологии изготовления сыра:

а) образующиеся сгустки бывают, как правило, более мягкими в течение первых минут после флокуляции; затем их уплотнение происходит с такой же скоростью, а иногда даже быстрее, чем уплотнение сычужных сгустков. Эта особенность изменения реологических свойств зависит, по всей видимости, от структурных особенностей каждого сгустка;

б) выделение сыворотки из сгустка зачастую бывает более полным, чем в случае использования сычужного фермента. Это объясняется повышенной проницаемостью сырной массы вследствие активизации нарастания кислотности, а также, вероятно, более высокой способностью сгустка к сжатию, обусловленной особенностями его структуры.

Нарастание кислотности с более высокой скоростью и в больших размерах чаще всего обусловлено косвенным стимулирующим воздействием ферментов на бактерии молочнокислого брожения через пептидные остатки, образующиеся в процессе протеолиза. Что касается среднего состава получаемых сывороток и выхода сыра, измеряемого в массе сухого вещества сыра, то эти показатели близки к наблюдаемым при производстве сычужных сыров.

Созревание сыра в ряде случаев происходит несколько быстрее. Это связано с особенностями протеолитической активности каждого фермента, которая может быть более высокой, чем у сычужного фермента, а также с размножением микроорганизмов, выделяющих протеазы. По органолептическим свойствам зрелые сыры, изготовленные с помощью молокосвертывающих ферментов микробного происхождения, как правило, близки к сычужным сырам*. Следует, однако, отметить, что в некоторых случаях наблюдалось присутствие горького вкуса, объясняющееся высокой остаточной активностью ферментов в сочетании с повышенным уровнем нарастания кислотности.

В заключение можно сказать, что в настоящее время сыродел-практик располагает новыми средствами свертывания молока, которые по своим биохимическим свойствам могут отличаться от сычужного фермента. Это заставляет отказаться от слепого переноса норм и параметров классической технологии, использующей сычужный фермент, на технологии, применяющие другие молокосвертывающие ферменты, поскольку нормы этой классической технологии в большинстве своем продиктованы использованием лишь одного, единственного в своем роде препарата — сычужного фермента.

2. Молочнокислые закваски

2.1. Молочнокислые закваски и бактерии молочнокислого брожения

К. Шуази**

Молочнокислые закваски [9—11] представляют собой препараты, состоящие из определенных пропорций чистых культур различных молочнокислых бактерий, рост которых в молоке и сыре обеспечивает выполнение двух следующих основных функций:

а) снижение pH среды путем сбраживания лактозы в молочную кислоту. Этот процесс повышения кислотности выступает как фактор свертывания молока и синерезиса сгустка;

б) формирование органолептических свойств сыра путем выделения ферментных систем, принимающих прямое или косвенное участие в основных процессах, происходящих во время созревания.

Использование заквасок в практике сыроделия известно давно, но до начала двадцатого века дело ограничивалось внесением скисшего молока в свежее с целью сквашивания. И лишь начиная с указанного времени, повы-

* В СССР, Дании и ряде других стран молокосвертывающие препараты микробного происхождения при производстве твердых сычужных сыров не применяются из-за появления горечи при созревании и придания сырам нетипичных характеристик. — *Прим. ред.*

** C. Choisy.

шение уровня знаний в области микробиологии позволило перейти от эмпирических методов к более рациональным способам приготовления и использования молочнокислых заквасок.

2.1.2. Молочнокислые бактерии

2.1.2.1. Определение

Молочнокислыми бактериями называют довольно разнородную в морфологическом и физиологическом отношениях группу микроорганизмов, отличающихся способностью вырабатывать значительные количества молочной кислоты путем расщепления углеводов (молочнокислое брожение).

Речь идет о неподвижных неспорообразующих непигментированных грамположительных бактериях, не восстанавливающих нитраты и не производящих каталазы. Они анаэробны, но аэротолерантны.

Некоторые виды этих бактерий способны образовывать не менее 1,8 моль молочной кислоты на 1 моль сбраживаемой глюкозы. В этом случае имеются в виду гомоферментативные молочнокислые бактерии. Другие образуют около 1 моль молочной кислоты на 1 моль сбраживаемой глюкозы и значительное количество побочных продуктов, главным образом углекислого газа, этанола и уксусной кислоты. В этом случае речь идет о гетероферментативных молочнокислых бактериях.

2.1.2.2. Классификация молочнокислых бактерий

Молочнокислые бактерии объединяют ряд видов, принадлежащих к семействам Streptococcaceae и Lactobacillaceae [12]. Представители семейства Streptococcaceae относятся к родам Streptococcus и Leuconostoc. Основные особенности молочнокислых бактерий заквасок, относящихся к этим двум группам микроорганизмов, представлены в таблице 5.1 [12, 13]. *S. thermophilus* отличается от других видов стрептококков отсутствием антигена группы (согласно серологической классификации Лансфильда*); его отличают также термофильный характер, теплоустойчивость и чувствительность к соли. Однако в силу сходства состава с точки зрения оснований (процентные отношения ГЦ-пар ДНК) молочнокислые и другие стрептококки можно было бы отнести к одному виду, поскольку различия между ними сводятся лишь к потере разного количества плазмид [14].

Различные виды рода *Leuconostoc*, в частности, *Leuconostoc cremoris*, *lactis* и *dextranicum*, также находятся в тесном родстве между собой [12], образуя как бы единый спектр вариантов.

Гораздо менее однородны в генетическом отношении, чем стрептококки, молочнокислые бактерии семейства *Lactobacillaceae*, объединяющего 25 видов рода *Lactobacillus* [12, 16]. Основные свойства лактобацилл заквасок представлены в таблице 5.2.

В сыроделии могут использоваться и другие молочнокислые бактерии, в частности, гомоферментативные мезофильные молочнокислые бактерии *Lactobacillus casei* и *Lactobacillus plantarum* (рост при 15 °С), входящие в состав микрофлоры очень большого количества зрелых сыров.

2.1.2.3. Основные свойства молочнокислых бактерий

Особенности питания микроорганизмов заквасок. Если говорить о потребности молочнокислых бактерий в питательных веществах, то следует отметить наличие значительной биосинтетической недостаточности. Их размно-

* Lancefield.

5.1. Основные свойства бактерий семейства Streptococcaceae

Показатель	*Streptococcus lactis*	*Streptococcus cremoris*	*Streptococcus diacetylactis*	*Streptococcus thermophilus*	*Leuconostoc cremoris*
Вид брожения	Гомоферментативный	Гомоферментативный	Гомоферментативный	Гомоферментативный	Гетероферментативный
Температура при разведении, °С:					
10	+	+	+	—	+
39	+	—	±	+	—
45	—	—	—	+	—
Теплоустойчивость (60 °С в течение 30 мин)	—	—	—	+	—
Рост в присутствии NaCl, %					
2,0	+	+	+	—	+
4,0	+	—	+	—	—
6,5	—	—	—	—	—
Гидролиз аргинина	+	—	—	—	—
Сбраживание сахара:					
глюкоза	+	+	—	+	+
галактоза	+	+	+	—	±
лактоза	+	+	+	+	+
сахароза	±	—	±	+	—
мальтоза	+	—	+	±	±
пентозы	±	—	±	±	—
маннит	±	—	±	—	—
Сбраживание цитрата (в присутствии сахара)	—	—	+	—	+
Процентное соотношение ГЦ-пар	39/40	39/40	39/40	40	39/42

жение обусловлено огромным количеством факторов роста, в частности, присутствием аминокислот и витаминов группы В. Например, для роста *Streptococcus lactis* необходимо присутствие глутаминовой кислоты, валина, метионина, изолейцина, лейцина и гистидина. Для роста *Streptococcus thermophilus* необходимы те же аминокислоты (за исключением метионина), а также цистин и триптофан [17]. Следует, однако, обратить внимание на тот факт, что наличие у молочнокислых бактерий внутриклеточных систем пептидаз, обладающих широкой специфичностью, позволяет им использовать экзогенные пептиды в качестве источника аминокислот [18, 19].

Эти в высшей степени специфические особенности в плане питания объясняют многочисленные случаи ассоциации, отмечаемые у молочнокислых бактерий (см. часть III, 1.2). Они объясняют также улучшение их развития в молоке вследствие таких технологических операций, как созревание молока или его нагревание, поскольку, например, в результате созревания в молоке происходит заметное повышение содержания растворимого азота. Что касается нагревания, то оно не только приводит к инактивации естественных

5.2. Основные свойства бактерий семейства Lactobacillaceae

Показатель	*Lactobacillus bulgaricus*	*Lactobacillus lactis*	*Lactobacillus helveticus*	*Lactobacillus fermentum*
Вид брожения	Гомоферментативный	Гомоферментативный	Гомоферментативный	Гетероферментативный
Температура при разведении, °С				
15	—	—	—	—
45	+	+	+	+
Теплоустойчивость (60 °С в течение 30 мин)	—	—	—	—
Гидролиз аргинина	—	—	—	—
Рост в присутствии NaCl, %:				
2	—	+	—	+
4	—	—	—	+
Сбраживаемые сахара:				
глюкоза	+	+	+	+
галактоза	+	+	+	+
лактоза	+	+	+	+
сахароза	—	+	—	+
мальтоза	—	+	±	+
пентозы	—	—	—	—
маннит	—	—	—	—
Процентное отношение ГЦ-пар	50	50	39	53

ингибиторов молока (система лактопероксидаза — тиоцианат; агглютинины), но также создает в среде факторы роста с помощью казеина [20] или лактозы (муравьиная кислота) [18].

Физиологические свойства молочнокислых бактерий. Основные физиологические свойства молочнокислых бактерий заквасок были представлены в таблицах 5.1 и 5.2.

Биохимические свойства. Метаболизм углеводов и, в частности, расщепление лактозы осуществляются гомоферментативным путем (гликолиз) у стрептококков и большинства лактобацилл и идут по гетероферментативному пути пентозофосфатов у *Leuconostoc* и *L. fermentum* (рис. 5.1). Начальные фазы циклов могут быть различными в зависимости от способа переноса лактозы через клеточную мембрану (см. часть I, 4.5.1). Конечная реакция пируват→лактат, характерная для молочнокислого брожения, катализируется лактатдегидрогеназой, активируемой промежуточными соединениями гликолитического цикла. Авторам представляется, что этот механизм, ускоряя превращение пирувата в молочную кислоту, подавляет другие пути метаболизма [22], могущие полностью проявить себя только в среде, не содержащей сахара.

В процессе брожения размножение молочнокислых бактерий подавляется по мере нарастания кислотности. Образование лактатов в конце экспоненциальной (логарифмической) фазы относительно невелико. Для мезофильных стрептококков они составляют 41—47 °Т (30,37—0,42%) и нарастание продолжается во время стационарной фазы (рис. 5.2), достигая 67—100 °Т (0,6—0,9%) у стрептококков и 200—278 °Т (1,8—2,5%) у лактобацилл [23]. Создается впечатление, что это различие между размножением микро-

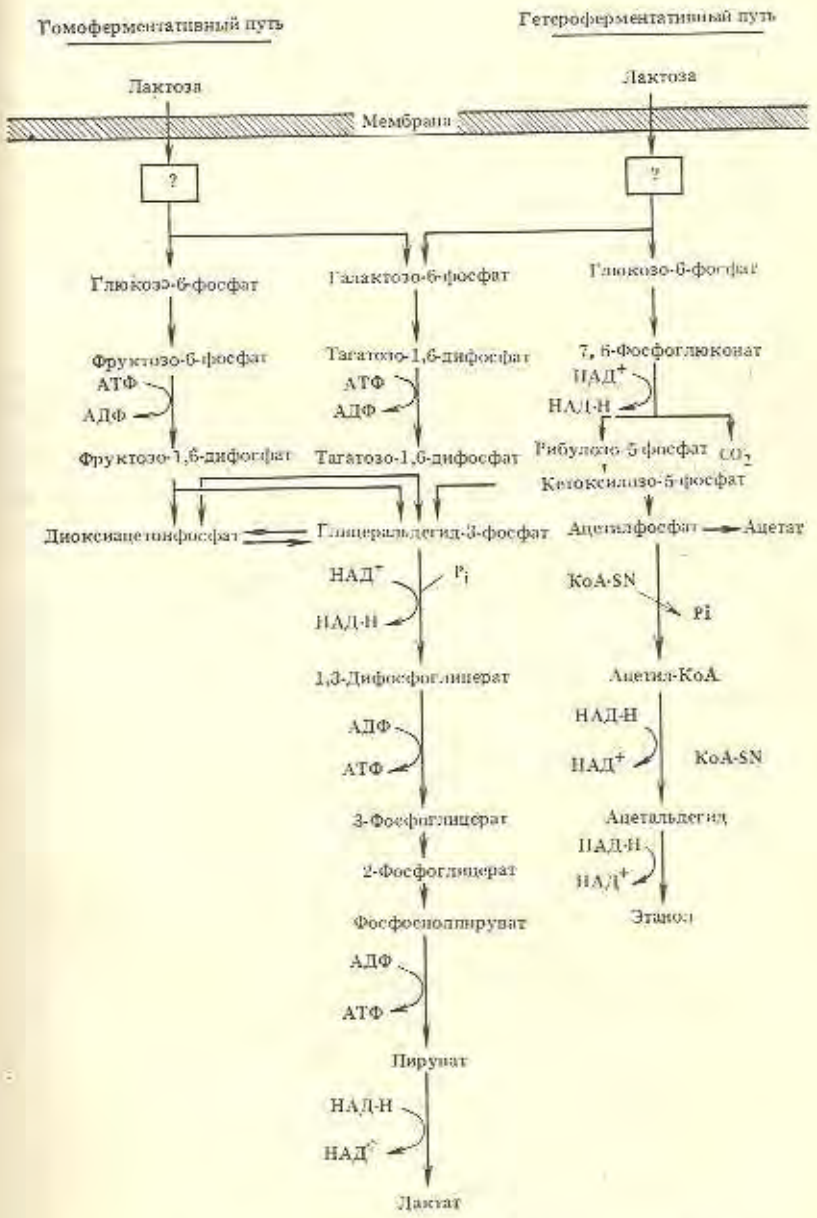


Рис. 5.1. Катаболизм лактозы молочнокислыми бактериями

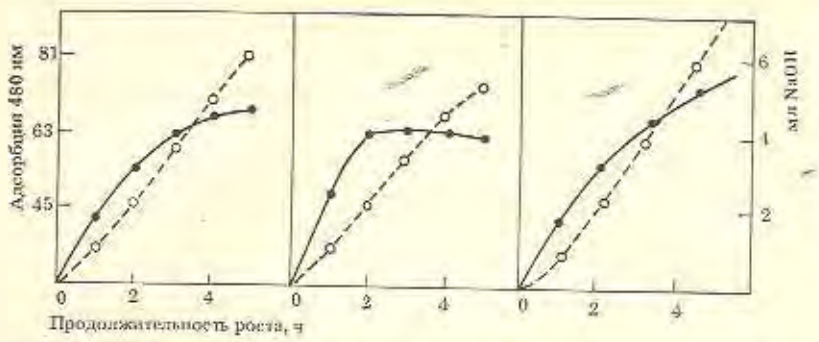


Рис. 5.2. Рост (●) и кислотообразование (○) молочнокислых бактерий

организмов и образованием кислоты связано с неодинаковой чувствительностью реакций, протекающих в процессе роста микроорганизмов и гликолиза, по отношению к условиям среды (pH, температура) [24].

Гомоферментативные молочнокислые бактерии, как правило, образуют вместе с лактатами карбонильные соединения, присутствующие в виде следов и формирующиеся из пирувата [25] (рис. 5.3). *Streptococcus diacety-*

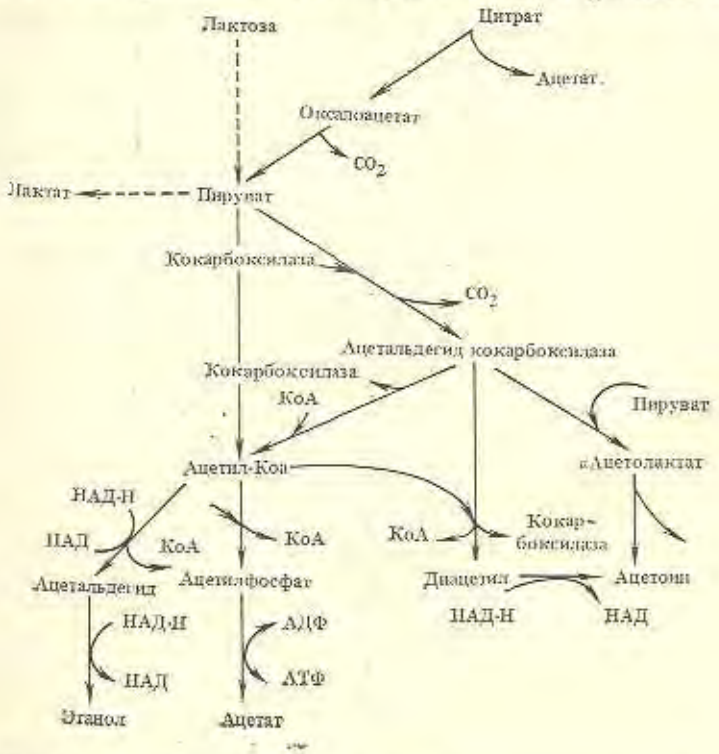


Рис. 5.3. Метаболизм пирувата и цитрата у молочнокислых бактерий

Рис. 5.4. Использование белков молочнокислыми бактериями [32]

lactis и *Leuconostoc cremoris* также могут расщеплять цитрат в присутствии сбраживающегося сахара [26]. Токсичный для клетки избыток пирувата, появляющийся в ходе этого брожения, расщепляется на нейтральные соединения: диацетил и ацетоин (см. рис. 5.3). Количество этого пирувата зависит главным образом от pH (оптимум 5,5), температуры (оптимум 21 °C) и аэрации среды. Максимальное содержание диацетила в молоке, соответствующее распаду цитрата, может достигать 12 мкг/мл, а его средняя величина составляет 4—5 мкг/мл [27].

Протеолитическая и липолитическая активности микроорганизмов закваски. Молочнокислые бактерии обладают большим количеством протеаз и пептидаз. Роль этих ферментов заключается, по-видимому, в выделении из азотистых соединений среды простых веществ, необходимых для синтеза микроорганизмов. Примером может служить тот факт, что содержание растворимого азота в молоке обеспечивает покрытие лишь 10—20% его общего количества, необходимого для оптимального роста молочнокислых бактерий, а оставшаяся часть должна поступать в результате расщепления казеина [28].

Протеазы, находящиеся на поверхности бактерий [29, 30], обеспечивают частичный гидролиз казеина на полипептиды, способные проникать через клеточную оболочку. Затем эти полипептиды расщепляются пептидазами, расположенными на цитоплазматической мембране или вблизи нее, на молекулы, состоящие из пяти или шести аминокислотных остатков, способные, перемещаться через эту мембрану [31]. И наконец, процесс гидролитического расщепления завершают цитоплазматические пептидазы или пептидазы, связанные с рибосомами [32] (рис. 5.4).

Результаты, полученные с помощью измерения протеолитической активности при различных pH и температурах и на различных субстратах, наводят на мысль, что все молочнокислые бактерии обладают целой палитрой ферментов с весьма широкой специфичностью [18].

Однако отсутствие у них внеклеточной протеолитической активности приводит к тому, что по сравнению с микроорганизмами, встречающимися в сыре, микроорганизмы закваски обладают низкой протеолитической активностью [33, 34].

Липолитическая активность эндоклеточных микроорганизмов закваски также невысока. По всей видимости, она является результатом деятельности липаз и эстераз, расположенных на уровне цитоплазмы [35].

2.1.3. Основные виды заквасок и их состав

В настоящее время промышленность выпускает три вида заквасок.

1. Закваски на основе чистых культур, состоящие из одного штамма молочнокислых бактерий (мезофильных или термофильных

стрептококков, *Leuconostoc*, термофильных лактобацилл). Эти закваски, чувствительные к воздействию бактериофагов, должны использоваться попеременно (ротационная система) со штаммами, имеющими другие спектры бактериофагов. Предлагалось также использовать одноштаммовые закваски с помощью селекции среди вторичных культур штаммов, стойких к бактериофагам [36].

2. Многоштаммовые (смешанные) закваски состоят из смеси нескольких штаммов. Например, многоштаммовые мезофильные препараты, как правило, состоят из кислотообразующих (чаще всего, из *S. cremoris*) и ароматобразующих штаммов (*Leuconostoc cremoris* — закваска типа В или *Streptococcus lactis* subsp. *diacetylactis* — закваска типа D, или оба вместе — закваска типа BD). При использовании этих заквасок встает проблема обеспечения совместимости между различными штаммами. Дело в том, что некоторые штаммы могут становиться доминирующими вследствие выработки ими бактериоцинов (низина или диплококцина), а также вследствие присущих им особенностей роста (например, меньшей продолжительности лаг-фазы и времени генерации). Эти явления вынуждают постоянно наблюдать за заквасками в процессе их последовательных пересадок. Кроме этого, использование ротационной системы снижает риск поражения бактериофагами.

3. Натуральные закваски. Этот вид заквасок широко используется в Европе. Они представляют собой смеси, не имеющие определенного состава. В качестве примера можно привести закваски домашнего приготовления, используемые сыроделами французских департаментов Юра и Альпы; в большинстве случаев эти закваски состоят из смеси нескольких видов лактобацилл (*L. fermentum, helveticus* и *lactis*) и из стрептококков (*S. thermophilus*).

Многие из заквасок, выпускаемых в продажу, в частности, среди поступающих из скандинавских стран или из Голландии, также представляют собой натуральные закваски, поставляемые с сыродельных предприятий, славящихся качеством своей продукции.

Разнообразие микрофлоры этих смесей и сбалансированность между стойкими лизогенными и чувствительными к воздействию фагов штаммами делают эти закваски исключительно устойчивыми по отношению к бактериофагам.

2.1.4. Приготовление заквасок

Обычно закваски для производства сыра поставляются специализированными фирмами в трех видах: жидкие, сухие или лиофилизированные.

Жидкие препараты. Эти закваски фасуются во флаконы. Сроки их хранения довольно ограничены из-за постоянного повышения кислотности среды. При температурах от 2 до 5 °С срок их хранения может составлять несколько суток при условии, что уровень кислотности не превысит 78 °Т (70° Дорника).

Сухие препараты. Эти закваски получаются путем высушивания жидких препаратов. Производство сухих заквасок отличается своей сложностью, поэтому объем их использования постоянно сокращается.

Лиофилизированные закваски. Производятся из замораживаемых жидких культур методом вакуумной сублимации. Продолжительность хранения при 4 °С может составлять несколько месяцев. Приготовление заквасок из культур осуществляется в два этапа:

1) приготовление материнской закваски;

2) приготовление собственно закваски, объем которой составляет 1—2% объема молока, запускаемого в производство.

Приготовление материнской закваски включает в себя целую серию пересевов с увеличением инокулируемых объемов. Существует большое количество возможных приемов приготовления материнских заквасок. Все они основаны на принципах пересева путем разделения или умножения (рис. 5.5).

Метод разделения обеспечивает высокую надежность в бактериологи-

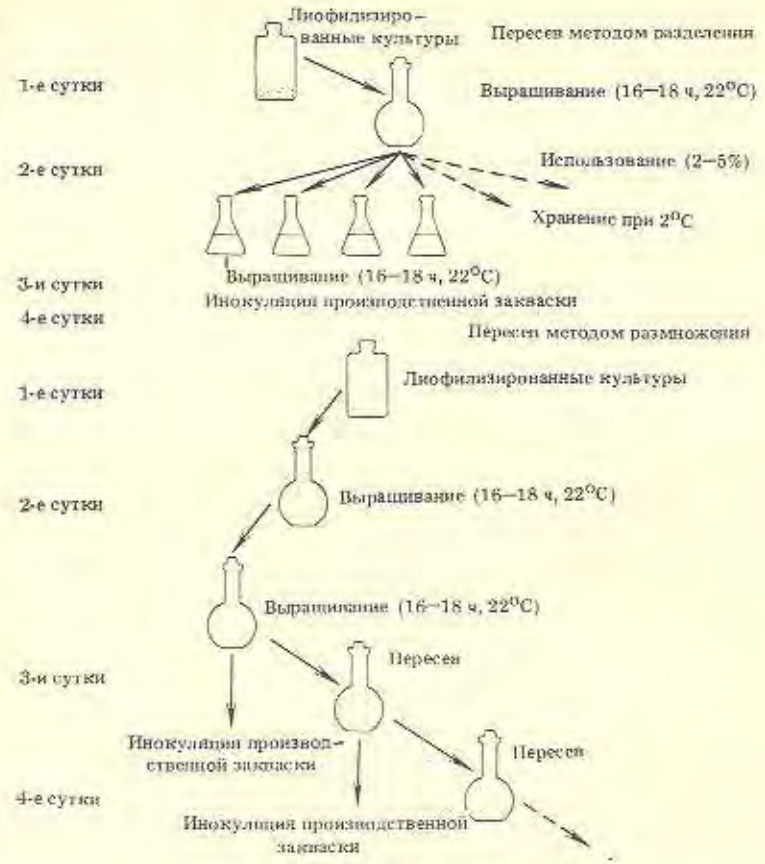


Рис. 5.5. Изготовление заквасок

ческом отношении. Однако хранение штаммов в течение нескольких суток при температуре 2 °С может повлечь за собой определенную потерю активности. Метод умножения, обеспечивая оптимальную активность штаммов, повышает риск заражения и нарушения сбалансированности заквасок [37].

В большинстве случаев для приготовления заквасок используют емкости, снабженные крышками и мешалками. Для обеспечения необходимого уровня стерильности рекомендуется использовать герметичные емкости с водяной баней.

В качестве субстрата используют сборное молоко, нагреваемое до температуры 90 °С с выдержкой 20—60 мин, в которое добавляют инокулят (материнскую закваску) в количестве 1—2%. Выращивание культур проводится, как правило, при температурах 21—22 °С (для мезофильных заквасок) и 42 °С (для термофильных заквасок). Конечная кислотность может составлять от 67 до 89 °Т (от 60 до 80° Дорника) в зависимости от вида закваски. Эти закваски имеют довольно небольшой срок хранения, поскольку продолжительное хранение молочнокислых бактерий при низком pH может привести к снижению их сквашивающей способности.

Изготовление заквасок — это продолжительный и сложный процесс, успешное проведение которого возможно только при наличии стерильных условий работы, при проведении периодической дезинфекции производствен-

ного оборудования и при выделении для изготовления заквасок специального изолированного помещения.

Представленная технология изготовления заквасок может быть полностью заменена или значительно упрощена за счет применения замороженных или лиофилизированных препаратов, вносимых непосредственно в молоко [38] или используемых в качестве материнских заквасок. В любом случае это повышает надежность данного этапа технологии изготовления сыра.

Изготовление концентрированных заквасок включает в себя три следующие основные фазы:

1. Культивирование (при постоянном pH 6—6,5 с автоматической нейтрализацией аммиаком или гидроксидом натрия) в среде, основным компонентом которой является молоко, гидролизованное протеазами, к которому добавлен экстракт дрожжей и лактозы; это позволяет получать популяции молочнокислых бактерий с численностью от $2{,}10^{9}$ до $3{,}10^{10}$ клеток/мл.

2. Выделение клеток с помощью центрифугирования культур при низких температурах (2—4 °C) в начале стационарной фазы роста.

3. Введение в полученную биомассу стерильной защитной среды в соотношении 1 : 1 с последующим замораживанием полученной суспензии, содержащей от $3{,}10^{10}$ до 10^{12} клеток/мл, при —30 °C и хранением при этой температуре или лиофилизацией.

Природа защитной среды играет важную роль в формировании технологических свойств заквасок. По мнению автора, наилучшие результаты дает смесь обезжиренного молока с глицерином.

Степень выживаемости и кислотообразующая способность мезофильных молочнокислых бактерий в среднем оказываются более высокими при лиофилизации заквасок, чем при замораживании [39]. Эти результаты не относятся к термофильным молочнокислым бактериям, отличающимся высокой чувствительностью к лиофилизации, в частности, к *L. bulgaricus* [11].

2.1.5. Хранение и обеспечение сохранности штаммов заквасок

Хранение штаммов молочнокислых бактерий в жидкой среде создает необходимость в частых периодических пересевах. Эти пересевы могут привести к снижению сквашивающей способности культур, а при использовании многоштаммовых заквасок — к доминированию отдельных штаммов.

Лиофилизация, замораживание в жидком азоте (—196 °C), обеспечивает хорошую сохранность штаммов в течение продолжительного времени (до нескольких лет).

На практике молодые культуры, не прошедшие стадии роста и вносимые в автоклавированное молоко, можно хранить в больших количествах (5% инокулята) в течение от одного до нескольких месяцев с помощью замораживания. В момент использования эти культуры быстро размораживают в водяной бане, а затем выращивают при оптимальной для их роста температуре.

2.2. Бактериофаги

М.-К. Шопен*

Фаза сквашивания молока и соответственно нормальное развитие молочнокислых бактерий играют важную роль в деле превращения молока в сыр. Бактериофаги являются одной из основных причин нарушения нормального прохождения сквашивания. При этом следует отметить, что их действие может быть более или менее заметным в зависимости от вида изготовляемого сыра, способа его производства (ручного или промышленного) и размеров сыродельного предприятия. Чаще всего благоприятные условия для развития фагов создаются в тех случаях, когда нормальное выделение сыворотки и уплотнение сгустка тесно связаны с достижением определенного уровня pH (это относится к таким сортам сыра, как чеддер, сен-полен, эдамский, кантал, камамбер); напротив, это реже происходит в случаях, когда эта связь менее тесная, а пороки закваски обнаруживаются позднее (например, при производстве сыра грюйер). Кроме этого, аномальное сквашивание оказывается более ощутимым на крупных предприятиях, перерабатывающих до нескольких сотен тысяч литров молока в сутки, чем на мелких, где к тому же всегда возможно внести изменения в ход производства в зависимости от особенностей процесса сквашивания молока. Как правило, сведения, касающиеся фагов, действующих на мезофильные молочнокислые стрептококки, более обширны, чем данные, касающиеся термофильных молочнокислых стрептококков и лактобацилл. Авторы не собираются нарушать этого сложившегося положения, и следующий текст посвящен главным образом фагам, действующим на мезофильные молочнокислые стрептококки.

2.2.1. Основные характеристики фагов

Бактериофаги, представляющие собой вирусы, размеры которых приблизительно в 50 раз меньше размеров бактерий, должны обязательно паразитировать внутри последних, чтобы иметь возможность размножаться. Основной частью каждого фага является молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), несущая наследственный материал, необходимый для его размножения, защищенная протеиновой оболочкой.

2.2.1.1. Морфология

Фаги бактерий молочнокислого брожения состоят из кеглеобразной головки, переходящей в хвост, конец которого может иметь различную форму. В зависимости от формы головки (шарообразной или вытянутой) фаги делятся на два морфологических типа: изометрический и удлиненный [40, 41]. Наиболее распространены фаги изометрического типа, но на практике более опасны фаги с головкой вытянутой формы [41], так как они способны нападать на большее количество штаммов.

2.2.1.2. Цикл размножения бактериофагов

Крепление фагов к бактериям осуществляется за счет сцепления их хвоста с дополнительными структурами (рецепторами) на поверхности бактерий. Каждый фаг прикрепляется к определенному типу рецептора. Белковая оболочка остается снаружи, а ДНК фага инъецируется в бактерию, где управляет образованием новых фагов, которые приводят к лизису бактерий. Время между моментом закрепления фага на бактерии и моментом ее лизиса с выделением в среднем сорока новых фагов (лаг-фаза) составляет в среднем 30 мин. Через следующие полчаса сорок зараженных бактерий выделят 1600 фагов и т. д. За два часа количество фагов может увеличиться от 1 до 200 000, тогда как количество молочнокислых бактерий за то же время может возрасти лишь в 16 раз. Именно это исключительно быстрое размножение фагов представляет наибольшую опасность и может привести к значительному замедлению сквашивания даже в случае присутствия незначительного количества фагов в начале производства.

Размножение фагов происходит во всех диапазонах температур развития бактерий [42]. При 10 °C оно лишь несколько замедляется, чем при 22 или 30 °C.

Это означает, что фаги могут развиваться во время фаз созревания молока при 10—15 °C, используемых для производства некоторых видов сыра.

* Marie-Christine Chopin.

2.2.1.3. Лизогения

Бактериофаги не всегда убивают своих хозяев. Некоторые, так называемые умеренные, фаги могут сосуществовать с ними. В этом случае после инъекции в бактерию ДНК фага остается в латентном состоянии и фаг не размножается. Такие бактерии называют лизогенными. Они сохраняют прежнюю способность к размножению и сквашиванию молока. С другой стороны, они становятся нечувствительными к воздействию фагов, идентичных или близких к тем, которые в них паразитируют, оставаясь уязвимыми по отношению к другим фагам. В процессе размножения лизогенные бактерии передают ДНК своего фага потомству. Это означает, что лизогения носит наследственный характер. Однако это сосуществование между фагами и их хозяевами не всегда устойчиво и может нарушаться. В таком случае фаги возобновляют нормальный цикл размножения, ведущий к появлению новых фагов и лизису бактерии. Это явление объясняет постоянное присутствие в культурах лизогенных бактерий свободных фагов. Но поскольку другие клетки при этом продолжают оставаться лизогенными и сопротивляются атакам фагов, развитие культур в целом проходит нормально.

Существование лизогенных молочнокислых стрептококков впервые было установлено в 1973 г., что послужило поводом для многочисленных исследований [40, 41, 43, 44]. В настоящее время установлено, что большинство штаммов лизогенны и способны к спонтанному выделению огромных количеств фагов [45].

Вышесказанное сводится к тому, что при подборе чистых культур, входящих в состав закваски, следует прежде всего определить те фаги, которые они могут выделять, и убедиться в том, что эти фаги не действуют ни на какой другой из штаммов, входящих в состав комбинированной закваски. В сложносоставных заквасках (типа Флора Даника)*, состоящих из большого количества штаммов, между штаммами и фагами существует, по всей вероятности, некое положение равновесия.

2.2.1.4. Чувствительность бактериофагов по отношению к различным физическим и химическим факторам

В целом бактериофаги являются более резистентными по отношению к физико-химическим условиям среды, чем их хозяева. Например, многие фаги, атакующие мезофильные молочнокислые стрептококки, выдерживают пастеризацию, а для их полного уничтожения приходится проводить такую обработку, как нагревание до 90 °С с выдержкой около 20 с [46]. Эти фаги выдерживают также распылительную сушку и продолжают существовать в сухом молоке после продолжительного хранения [46]. И напротив, эффективным средством их уничтожения являются многие дезинфицирующие препараты, в частности, формалин и надуксусная кислота [47].

2.2.1.5. Обнаружение и определение количественного содержания бактериофагов

Присутствие фагов в пробе молока или молочной сыворотки может быть установлено косвенным путем с помощью сравнения скорости кислотообразования отдельно культивируемой закваски со скоростью сквашивания при культивировании ее в присутствии определенного объема пробы [48, 50]. Наличие фагов может также устанавливаться напрямую (с помощью метода двойного слоя), но этот метод предполагает использование чистых культур [48, 51].

---

* Flora Danica.

2.2.2. Источники загрязнения бактериофагами на сыродельных заводах

Источники загрязнения бактериофагами относятся к следующим двум типам.

1. Источники загрязнения, опасность которых, несмотря на их небольшую количественную долю, заключается в том, что они вносят в промышленную среду новые типы фагов. Это относится к свежевыдоенному молоку и в особенности к лизогенным штаммам самих заквасок.

Действительно, как уже было показано выше, большинство штаммов молочнокислых стрептококков лизогенны и способны к спонтанному выделению фагов. Поэтому каждый раз, когда на сыродельном заводе используется новый штамм, происходит внесение нового фага (или фагов). Если этот фаг встретит штамм, дающий ему возможность размножаться, его концентрация в сыворотке может достичь значительных размеров. Отсюда вытекает большая опасность смешивания одноштаммовых или многоштаммовых заквасок различного происхождения, не созданных специально для их комбинированного применения, поскольку существует значительный риск присутствия в одной из комбинированных заквасок какого-то лизогенного штамма, производящего фаг, специфичный к штамму другой закваски.

Бактериофаги, паразитирующие в лизогенных бактериях, могут претерпевать мутации, делающие их способными к размножению на том лизогенном штамме, от которого они происходят. Так, Шимидзу-Кадота с сотрудниками (Shimizu-Kadota) [52] удалось доказать, что фаги, приведшие к появлению брака в производстве одного кисломолочного напитка, происходили от одного из видов умеренных фагов, носителем которого являлся штамм *Lactobacillus casei*, использовавшийся в качестве закваски. Подобные явления могут иметь место и в сыроделии, но в этом случае они с большим трудом поддаются установлению в силу сложности используемых систем многоштаммовых заквасок. В Японии эту проблему разрешили путем изгнания из лизогенного штамма находившихся в нем фагов. Однако эта операция, зачастую создающая затруднения на стадии практического осуществления, неприемлема в отношении многих фагов.

2. Опасность других источников загрязнения заключается в массированном количестве вносимых ими фагов. Так обстоит дело с молочной сывороткой. Фаги, поступающие с молоком, бактериями и появляющиеся в результате недостаточной мойки и дезинфекции оборудования, размножаются на всем протяжении технологического процесса и в максимальном количестве переходят в сыворотку. Они присутствуют в любой сыворотке, даже если и не отмечается никаких отклонений. Это означает, что сыворотка является исключительно опасным источником загрязнения для резервуаров-заквасочников и технологических емкостей; это объясняется высоким уровнем содержания в ней бактериофагов, а также тем, что зачастую она в значительных количествах распространяется по всей территории завода.

2.2.3. Средства защиты от бактериофагов

Тот факт, что закваски сами по себе являются потенциальным источником загрязнения фагами, исключает возможность предотвращения этого загрязнения. Можно лишь пытаться ограничивать развитие фагов, удерживая их количество на достаточно низком уровне, не нарушающем хода технологического процесса. Этого можно достигнуть двумя путями.

2.2.3.1. Защита заквасок от заражения бактериофагами

С одной стороны, необходимо защитить закваски от заражения фагами, попадающими от окружающей атмосферы, с персонала и оборудования, с другой — ограничить размножение бактериофагов.

Производственные помещения сыродельных заводов должны проектироваться таким образом, чтобы свести к минимуму возможный контакт между резервуарами-заквасочниками и конечными участками технологических процессов (особенно, это касается молочной сыворотки).

Дезинфекцию оборудования следует проводить непосредственно перед эксплуатацией. Если это сделать накануне, за ночь может произойти конденсация капелек молочной сыворотки, содержащихся в окружающем воздухе, на стенках оборудования, следствием чего может стать его загрязнение. Рекомендуется также дезинфицировать технологические емкости в промежутках между их заполнением. Особенности и режимы этой обработки подробно освещены в соответствующем разделе книги.

Культивирование заквасок следует проводить в закрытых резервуарах в среде, состоящей из молока, подвергнутого предварительному нагреванию до 90—95 °С с выдержкой от 20 до 60 мин. Помимо благотворного влияния на рост микроорганизмов заквасок (см. 1.2.4), эта обработка позволяет уничтожать присутствующие бактериофаги [53].

Культивировать микроорганизмы заквасок можно в средах, не содержащих свободного кальция. Однако этот способ защиты, часто оказывающийся дорогостоящим, действует не на всех бактериофагов. Если некоторые из них действительно нуждаются в кальции для размножения, то с другими дело обстоит иначе [54]. Прямое внесение замороженных концентрированных препаратов (ЗКП) в емкости с молоком при производстве ферментированных молочных продуктов (ЗКП) (см. 1.2.4) обеспечивает определенную защиту от фагов, снимая необходимость в проведении операции по подготовке заквасок на заводе, а также позволяет обойтись без целой серии пересевов, создающих возможность для заражения бактериофагами. Поскольку стоимость ЗКП высокая, то их часто используют не для прямой инокуляции молока, а для внесения в резервуары-заквасочники. Это снижает уровень обеспечиваемой ими защиты от бактериофагов, поскольку довольно часто фаги, количество которых в начале производства незначительно, размножаются в резервуаре-заквасочнике, достигая уровня концентрации, недостаточного для нарушения сквашивающей способности заквасок на этом этапе; но их количество оказывается достаточным для того, чтобы последующий взрывной характер их размножения позволил им обогнать в своем росте бактерии молочнокислого брожения в момент использования закваски в производстве. В этом случае происходит замедление сквашивания.

Последствия заражения бактериофагами могут быть ограничены за счет проведения быстрого свертывания молока [55]. Неподвижные фаги оказываются в этом случае как бы заключенными в массе сгустка, что ведет к ограничению очагов заражения.

2.2.3.2. Выбор закваски

Многоштаммовые или натуральные закваски, о которых уже говорилось в предыдущем разделе (см. 1.2.4), редко являются причиной затруднений в плане бактериофагов. Дело в том, что очень часто атака бактериофагами нескольких штаммов в той или иной степени компенсируется развитием других штаммов. С другой стороны, заражение бактериофагами является одним из факторов нарушения сбалансированности и, что вполне очевидно, лежит в основе появления большинства отклонений при сквашивании, наблюдаемых обычно при использовании заквасок этого типа.

Закваски из чистых культур обеспечивают лучшее управление технологическим процессом, чем многоштаммовые закваски. Однако тот факт, что они состоят из небольшого количества штаммов, делает их более чувствительными к атаке фагами, торможение размножения которых имеет исключительную важность. С этой целью, помимо уже упоминавшихся выше средств защиты, может быть использовано такое решение, как ротационная система, то есть ежедневный переход с одной закваски на другую, при котором ни один из используемых штаммов не является носителем фага, идентичного фагу какого-то другого штамма. Таким образом, в случае появления новых фагов на сыродельном заводе их количество можно удерживать на низком уровне или даже уничтожать их до повторного использования тех штаммов, по отношению к которым они обладают определенной специфичностью. Однако использование на крупных сыродельных заводах только ротационных систем недостаточно. Это объясняется тем, что переработка значительных объемов молока создает необходимость в установлении ускоренного ритма чередования заквасок, невозможного из-за чрезмерно ограниченного количества штаммов, действительно отличающихся друг от друга с точки зрения чувствительности к фагам.

Эти соображения заставили исследователей найти другое решение, заключающееся в использовании так называемых фагостойких заквасок [56—60]. При использовании подобной системы сыродел постоянно работает с одним и тем же штаммом или с одной смесью штаммов, подобранных как с учетом технологических параметров, так и на основе их способности к оказанию сопротивления широкому спектру бактериофагов. Как только в ходе производства обнаруживается появление нового фага, проявляющего активность по отношению к одному из этих штаммов, проводится селекция вариантов штамма, стойких к воздействию этого фага. Следует отметить, что подбор штаммов, с самого начала располагающих необходимыми технологическими свойствами и отличающимися высокой фагостойкостью, представляет собой сложную и кропотливую работу. Это относится также и к последующему получению таких фагостойких мутантов этих штаммов, которые сохраняли бы их технологические свойства. Это объясняет необходимость проведения большого объема работ по наблюдению за фагами и регулированию составов заквасок в целях обеспечения нормального функционирования указанной системы, гибкость которой оставляет желать лучшего.

Генетические методы оптимизации защитных свойств заквасок применяют в условиях, когда ни одна из существующих ныне систем использования заквасок не дает полностью удовлетворительных результатов. Последние достижения в области исследования генетики бактерий молочнокислого брожения [40, 41, 61] позволяют надеяться на появление нового пути решения этой проблемы. Дело в том, что получаемые результаты, по-видимому, дадут возможность создать такие штаммы, фагоустойчивость которых будет гораздо выше, чем фагоустойчивость используемых в настоящее время естественных штаммов. Впоследствии их можно было бы дополнительно улучшить за счет привития им других положительных технологических свойств (повышенная скорость сквашивания молока, участие в формировании консистенции или аромата сыра...). Позволяя наделять один и тот же штамм повышенной фагостойкостью и необходимыми физиологическими свойствами, генетика, по-видимому, сможет создать возможность для дальнейшей оптимизации технологических процессов сыроделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Veringa H. A., 1961. Dairy Sci. Abst., 23, 197—200.
2. Sardinas J. L., 1969. Process Biochemistry, 4 (6), 11—17.
3. Ernstrom C. A. et Wongt N. P., 1977. Milk clotting enzymed and cheese chemistry. Fundamentals of Dairy Chemistry, 662—771, AVI Publishing Cy, Wesport, USA.
4. Ramet J. P., 1976. Thèse d'université de Docteur-Ingénieur, Nancy.
5. De Koning P. J., 1974. Bul. Ann. F.I.I., Doc n° 80, Bruxelles.
6. Van Der Poorten R. et Weckk M., 1972. Neth Milk Dairy J., 26, 47—59.
7. Holmes D. G., Duersch J. W. et Ernstrom C. A., 1977. J. Dairy Sci., 60, 862—869.
8. Thunell R. K., Duersch J. A. et Ernstrom C. A., 1979. J. Dairy Sci., 69, 373—377.
9. Lawrence R. C., Thomas T. D. et Terzaghi B. E., 1976. J. Dairy Res., 43, 141—193.
10. Cogan T. M., 1980. Le Lait, 60, 397—425.

11. Accolas J. P., Hemme D., Desmazeaud M. J., Vassal L., Bouillanne C. et Veaux M., 1980. Le Lait, 60, 487—524.
12. Bergey's Manual of Determination Bacteriology, 1974. Eds. R. E. Buchananand, N. E. Gibbons, 8th Edn.
13. Accolas J. P., 1979. Rapport groupe FIL/IDF E 44 (Laits fermentés), Milan.
14. Lawrence R. C. et Thomas T. D., 1979. In Microbial technology: concurrent state, future prospects. 29th Symposium of the Society of General Microbiology, 187—219. A. J. Bull, D. C. Ellwood et C. Ratledge Eds.
15. Dellaglio F., Bottazzi V. et Trovatelli L. D., 1973. J. Gen. Microbiol., 74, 289—297.
16. Rogosa M. et Sharpe M. E., 1959. J. Appl. Bact., 22, 329—340.
17. Bracquart P. et Lorient D., 1979. Milchwissenschaft, 34, 676—679.
18. Mou L., Sullivan J. J. et Jago G. R., 1975. J. Dairy Res., 42, 147—155.
19. Desmazeaud M. J. et Hermier J., 1973. Biochimie, 55, 679—684.
20. Lorient D., Bracquart P. et Alais C., 1977. Ann. Biol. Anim., Bioch., Biophys., 17, 215—235.
21. Auclair J., 1964. 4th International Symposium on Food Microbiology, SIK, Göteborg, Sweden.
22. Thomas T. D., 1976. Appl. Environ. Microbiol., 32, 474—478.
23. Cogan T. M., 1978. Irish J. Food Sci. Technol., 2, 105—115.
24. Turner K. W. et Thomas J. D., 1975. New Zealand J. Dairy Sci. Technol., 10, 162—167.
25. Lees G. J. et Jago G. R., 1975. J. Dairy Res., 43, 63—73.
26. Jonsson H. et Pettersson H. E., 1977. Milchwissenschaft, 32, 587—594.
27. Walsh B. et Cogan T. M., 1973. J. Appl. Microbiol., 26, 820—825.
28. Thomas T. D. et Mills O. E., 1981. Neth. Milk Dairy J., 35, 255—273.
29. Exterkate F. A., 1976. Neth Milk Dairy J., 30, 95—105.
30. Vescovo M., Bottazzi V., 1979. Scienza e technica lattiero-casearia, 30, 434—443.
31. Rice G. H., Stewart H. C., Hillier A. J. et Jago G. R., 1978. J. Dairy Res., 45, 93—107.
32. Exterkate F. A., 1975. Meth. Milk Dairy J., 29, 303—318.
33. Tourneur C., 1972. Le Lait, 52, 149—174.
34. Kikuchi T., Desmazeaud M. J. et Bergere J. L., 1973. La Lait, 53, 369—385.
35. Otherholm A., Ordal J. et Witter L. D., 1968. Appl. Microbiol., 16, 524—527.
36. Czulak J., Ban D. J., Blyth S. C. et Crace J. B., 1979. Dairy Ind. Int., 44, 17—19.
37. Millet J., 1978. Revue des E.N.I.L., n° 37, 17—22.
38. Vassal L., Bouillanne C. et Auclair J., 1978. XXème Congrès International de Laiterie, 598.
39. Bouillanne C. et Auclair J., 1978. XXème Congrès International de Laiterie, 595—596.
40. Davies F. L. et Gasson M. J., 1984. Bacteriophages of dairy lactic acid bacteria, p. 127—151. Dans F. L. Davies and B. A. Law (ed.). Advances in the microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk. Elsevier Applied Science Publishers. Amsterdam.
41. Klaenhammer T. R., 1984. Adv. Appl. Microbiol., 30, 1—29.
42. Sozzi T., Poulin J. M. et Maret R., 1978. J. Dairy Res., 45, 259—265.
43. Davies F. L. et Gasson M. J., 1980. J. Dairy Res., 48, 363—376.
44. Lawrence R. C., Thomas T. D. et Terzaghi B. E., 1976. J. Dairy Res., 43, 141—193.
45. Reyrolle J., Chopin M. C., Letellier F. et Novel G., 1982. Appl. Environ. Microbiol., 43, (2), 349—356.
46. Chopin M. C., 1980. J. Dairy Res., 47, 131—139.
47. Lembke J. et Teuber M., 1981. Deutsche Molkerei-Zeitung, 102, 580—587.
48. Accolas J. P. et Chopin M. C., 1980. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, 3: Le contrôle microbiologique. Technique et Documentation, APRIA, Paris, 159—173.
49. Hull R. R., 1977. Aust. J. Dairy Technol., June, 63—64.

50. Pearce L. E., 1969. N.Z.J. Dairy Technol., 4, 246—247.
51. Terzaghi B. E. et Sandine W. E., 1975. Appl. Microbiol., 29, 807—813.
52. Shimizu-Kadota M., Sakurai T. et Tsuchida N., 1983. Appl. Environ. Microbiol., 45, 669—674.
53. Cogan T. M., 1980. Le Lait, LX, 397—425.
54. Sozzi T., 1972. Milchwissenschaft, 27, (8), 503—507.
55. Meanwell L. J. et Thompson N., 1959. J. Appl. Bact., 22, (2), 281—286.
56. Czulak J. Bant D. J., Blyth S. C. et Crace J. B., 1979. Dairy Ind. Int. February, 17—19.
57. Hull R. R., 1983. Australian J. Dairy Technol., Dec., 149—154.
58. Lawrence R. C., Heap H. A., Limsowtin G. et Jarvis A. W., 1978. J. Dairy Sci., 61, 1181—1191.
59. Lawrence R. C., Heap H. A. et Gilles J., 1984. J. Dairy Sci., 67, 1632—1645.
60. Thunell R. K., Sandine W. E. et Bodyfelt F. W., 1980. J. Dairy Sci., 64, 2270—2277.
61. Gasson M. J. et Davies F. L., 1984. The genetics of dairy lactic-acid bacteria, p. 99—126. Dans F. L. Davies and B. A. Law (ed.). Advances in the microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk. Elsevier Applied Science Publishers. Amsterdam.

Глава 6

СОСТАВ И СВОЙСТВА МОЛОКА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В СЫРОДЕЛИИ

1. Микрофлора свежевыдоенного молока, предназначенного для производства сыра

Ж. Ришар, Ж. Оклер*

В процессе дойки, транспортировки и хранения на ферме и заводе молоко загрязняется различными микроорганизмами. Однако лишь часть этих микроорганизмов может более или менее активно размножаться в молоке; это зависит от температурных условий и от того, способствует ли их развитию данная культуральная среда. Вышесказанное позволяет сделать вывод, что природа микрофлоры свежевыдоенного молока отличается сложностью, неодинакова у разных проб молока и изменяется с его возрастом.

Тем не менее огромное количество посвященных этой теме работ позволяет вывести целый ряд общих понятий и закономерностей. Прежде всего следует выделить те группы микроорганизмов, которые играют главную роль при изготовлении сыра. Затем авторами будут рассмотрены факторы, определяющие размеры популяций этих микроорганизмов в молоке.

1.1. Основные группы микроорганизмов, представляющие интерес для сыроделия

Многие исследователи считают, что до внедрения машинного доения и охлаждения молока доминирующая роль в молоке принадлежала молочнокислым бактериям. По мнению этих авторов, микроорганизмы играли защитную роль и, занимая свое место, препятствовали развитию вредной микрофлоры. Кроме этого, естественная молочнокислая микрофлора молока дополняет действие заквасок, если не заменяет их полностью. Пока никто не может сказать, как обстоит дело в действительности. Можно только предположить, что ситуация не всегда складывается именно таким образом,

* J. Richard, J. Auclair.

поскольку, с одной стороны, в природе не существует естественного резервуара, который обеспечивал бы периодическое обсеменение молока молочнокислыми стрептококками [1], с другой же стороны, неоспоримо, что молочнокислые стрептококки менее приспособлены к росту в доильных аппаратах и сыром молоке, чем некоторые вредные микроорганизмы. Как бы там ни было, приходится констатировать, что в наши дни молочнокислая флора вряд ли занимает доминирующее положение в свежевыдоенном молоке независимо от уровня его обсемененности [2—4].

В момент сбора свежевыдоенного молока содержание в нем грамотрицательных бактерий по отношению к общей микрофлоре находится в прямой зависимости от степени его загрязнения доильным оборудованием [5, 6]. К числу этих бактерий относится значительная часть микроорганизмов, в отношении которых бытует мнение, что они наносят вред производству сыра. Часть из них называют психротрофными (то есть способными создавать колонии, видимые в соответствующей культуральной среде после содержания в течение десяти суток при температуре 7 °С). Эти бактерии выделяют липолитические и/или протеолитические ферменты. К психротрофным бактериям относятся представители различных родов и видов, в частности, всевозможные разновидности *Pseudomonas fluorescens* [7, 8].

Другую часть грамотрицательных бактерий составляют колиформы, некоторые из них также относятся к классу психротрофных бактерий. При содержании их в молоке в значительных количествах они могут вызвать появление пороков внешнего вида (вспучивания) и вкуса сыра. В состав этой группы микроорганизмов входит один вид (*Escherichia coli*), некоторые штаммы этого вида являются энтеропатогенными и могут становиться источниками пищевых отравлений [9—11].

Маслянокислая флора, получившая такое название ввиду того, что их присутствие обнаруживается по образованию масляной кислоты (и газа), должна приниматься во внимание при производстве сыров с высокой температурой второго нагревания. Эта флора вызывает позднее вспучивание этих сыров, сопровождающееся появлением пороков вкуса. Основным представителем этой флоры является *Clostridium tyrobutyricum*. Даже самое незначительное число спор *Cl. tyrobutyricum* в молоке (начиная с 500 на литр) способно привести к появлению серьезных пороков в готовом сыре [12].

И наконец, в составе микрофлоры свежевыдоенного молока могут находиться различные виды патогенных бактерий, часть из которых могут какое-то время существовать в готовом сыре (например, в сырах, изготовляемых из козьего молока; речь может идти о *Brucella*, являющихся возбудителем бруцеллеза), а другие виды могут размножаться и вырабатывать токсичные вещества. Это относится к *Staphylococcus aureus* [13—15], токсины которого поддаются обнаружению в сыре, когда количество спор достигает уровня в 5—10 млн/г.

1.2. Происхождение микроорганизмов, содержащихся в свежевыдоенном молоке

Молоко, полученное в асептических условиях (при полной дезинфекции вымени коровы и использовании стерильного доильного оборудования), содержит, как правило, менее 5000 микроорганизмов/мл [16]. Доминирующая флора этого молока состоит главным образом из микрококков [2, 3]. Она содержит незначительное количество психротрофных бактерий, а содержание колиформ составляет в нем менее бактерии/мл. *S. aureus* попадают в молоко из внутреннего эпителия вымени [17]. Часто источником обсеменения молока микроорганизмами становится кожа вымени (табл. 6.1).

Было установлено, что на некоторых фермах основным источником загрязнения молока микроорганизмами является поверхностный слой кожи вымени [19]. Совершенно очевидно, что именно через кожу вымени происходит обсеменение молока *E. coli*, но главная опасность заключается в том, что кожа вымени является источником маслянокислых бактерий, количество

6.1. Обсеменение молока микрофлорой поверхностного слоя кожи вымени [18]

Микрофлора	Число микробов в 1 мл молока при	
	хорошей обработке	недостаточной обработке
Общая микрофлора	1400—12 000	25 000—210 000
Психротрофная микрофлора	140—590	590—2 300
Колиформы	1—10	5—10

Микрофлора	Вымя без обработки	
	чистое	загрязненное
Общая микрофлора	1400—17 000	11 000—140 000
Психротрофная микрофлора	—	—
Колиформы	1—40	1—250

которых в молоке может оказаться весьма высоким при кормлении коров гнилым силосом [12].

Основной причиной загрязнения молока долгое время было доильное оборудование. Через него происходило обсеменение молока сложной по своему составу микрофлорой, вид которой зависел одновременно как от размеров этого обсеменения, так и от используемого метода мойки оборудования [5]. Установление закупочных цен на молоко в зависимости от его качества, а также совершенствование конструкции доильного оборудования и методов его мойки привели к значительному снижению размеров этого источника загрязнения молока микроорганизмами [6]. В результате в настоящее время обсеменение молока нежелательными микроорганизмами, попадающими в него из доильного оборудования, часто составляет менее 10 000 бактерий/мл молока по общей флоре, 1000 бактерий/мл молока по психротрофной флоре и 100 бактерий/мл молока по колиформам [19]. Тем не менее пока еще встречаются неудачно сконструированные или неправильно смонтированные доильные установки, которые, несмотря на использование современных методов мойки, не позволяют получать достаточно хороших результатов и особенно в плане борьбы с загрязнением молока психротрофными бактериями и полиформами (табл. 6.2).

6.2. Загрязнение молока микроорганизмами через доильное оборудование [20]

Ферма	Режим мойки	Число микробов в 1 мл молока*		
		общая флора	психротрофная флора	колиформы
1	Мойка холодным раствором подофора	20 000	25 000	1 000
2	То же	330 000	93 000	33 000
3	Классическая мойка (щелочное моющее средство, 60 °С)	380 000	3 800	17
4	То же	250 000	8 000	20 000
5	»	1 600 000	11 000	1 200

* Молоко после одной или двух доек, содержащееся в танках-охладителях.

6.3. Изменение состава микрофлоры молока после хранения в течение 16 ч при 20—23 °С без перемешивания

Ферма*	Число микроорганизмов, тыс. шт/1 мл							
	Общая флора		Психротрофная флора		Колиформы		Молочнокислая флора	
	до хранения	после хранения	до хранения	после хранения	до хранения	после хранения	до хранения	после хранения
А	190	5 800	15,0	1 300	0,03	80,0	80,0	350
Б	27	20 000	16,0	20 000	0,12	340,0	0,8	—
В	15	890	3,5	400	0,003	1,2	1,1	11
Г	23	9 600	15,0	12 000	0,09	580,0	1,8	180
Д	12	1 400	0,5	1 200	0,03	360,0	7,0	390
Е	14	15 000	12,0	14 000	0,3	600,0	1,9	80
Средний коэффициент размножения микроорганизмов	140		980		4 600		42	

* Фермы А и Б: классическая мойка (60 °С) щелочными хлорсодержащими средствами. Остальные фермы: мойка холодным раствором кислого иодофора.

И наконец, источником загрязнения молока может стать оборудование, используемое для его транспортировки и хранения. Через него в молоко попадают, по всей видимости, те же типы микроорганизмов, что и с доильного оборудования.

1.3. Развитие микроорганизмов в свежевыдоенном молоке

Некоторыми сыроделами особо ценится неохлажденное молоко, собираемое во фляги один раз в сутки. Они считают, что в этих условиях молочнокислая флора способна развиваться, подавляя нежелательные микроорганизмы. В таблице 6.3 приведен пример того, что действительно происходит в молоке с относительно невысоким исходным уровнем бактериальной обсемененности.

Развитие колиформ (к которым относятся *E. coli*) и психротрофной флоры идет с гораздо более высокой скоростью, чем развитие молочнокислой флоры (в состав которой входят, кстати, не только молочнокислые бактерии). Развитие психротрофной флоры достигает такого уровня, что появляется возможность для образования в сыре пороков.

С другой стороны, как видно из рисунка 6.1, при температурах 20 °С происходит активное размножение *S. aureus*.

Созревание молока, предназначенного для изготовления сыра, широко используется в сыроделии. Как можно увидеть из таблицы 6.4, созревание сильно загрязненного микроорганизмами сырого молока в течение 10—12 ч при 10—13 °С в присутствии молочнокислой закваски не оказывает сколько-нибудь заметного тормозящего воздействия на развитие *Pseudomonas* и колиформ. Кроме этого, было установлено, что *E. coli* тоже могут активно размножаться в течение этого периода [22]. *Pseudomonas* исчезают после того, как развитие молочнокислых бактерий достигнет значительного уровня, наблюдаемого, например, в момент извлечения сыров из форм. Что касается колиформ, то создается впечатление, что и эти условия не представляют для них опасности.

Если молоко хранится при температуре ниже 10 °С, размножение молочнокислых бактерий прекращается. В этом случае развиваются лишь психротрофные микроорганизмы. Их рост ускоряется со снижением скорости

6.4. Эволюция молочнокислой флоры, колиформ и *Pseudomonas* на первых стадиях производства мягкого сыра из сырого неохлажденного молока

Стадии производства	Время года	Количество бактерий, 10^6 на 1 мл или на 1 г**		
		молочнокислые бактерии	колиформы	*Pseudomonas*
Перед созреванием*	Лето	12	1,7	0,93
	Зима	15	0,4	1,7
После созревания*	Лето	44	3,2	1,3
	Зима	87	5,6	5,0
При извлечении из форм*	Лето	1 700	25,0	<0,03
	Зима	3 000	12,0	<0,03

* После внесения закваски, созревание при 10—13 °С.
** Средние результаты, полученные на пяти сыродельных заводах (по две пробы с каждого завода в сезон).

6.5. Фактор роста общей микрофлоры в пробах молока различного бактериологического качества [23]

Технология охлаждения	Продолжительность хранения, сут			
	1	2	3	4
Молоко, содержащее менее 50 000 спор общей микрофлоры (средние данные по 5 пробам)				
Охлаждение сразу после доения до 0 °С	0,98	0,85	0,96	0,95
Охлаждение сразу после доения до 4 °С	0,88	0,86	0,95	2,08
Охлаждение за 2 ч до 4 °С	0,92	0,92	1,00	3,25
Охлаждение за 5 ч до 4 °С	0,97	1,00	1,43	4,74
Молоко, содержащее более 50 000 спор общей микрофлоры (средние данные по 7 пробам)				
Охлаждение сразу после доения до 0 °С	1,11	1,04	1,05	1,05
Охлаждение сразу после доения до 4 °С	1,06	1,17	3,47	9,63
Охлаждение за 2 ч до 4 °С	1,16	1,36	6,00	22,6
Охлаждение за 5 ч до 4 °С	1,54	2,17	9,08	41,8

охлаждения молока [23] и зависит от уровня его начальной обсемененности (табл. 6.5).

При температурах ниже 5 °С размножаются главным образом бактерии вида *Pseudomonas fluorescens* [24, 25].

На рисунке 6.2 представлено развитие микроорганизмов в сыром молоке, хранившемся при 4 °С.

В течение первых 48 ч после дойки никакого развития общей микрофлоры, как правило, не наблюдается. Тем не менее в течение этого периода активно размножаются споры некоторых бактерий, составляющих вначале лишь небольшую часть общей микрофлоры (в частности, *Pseudomonas*

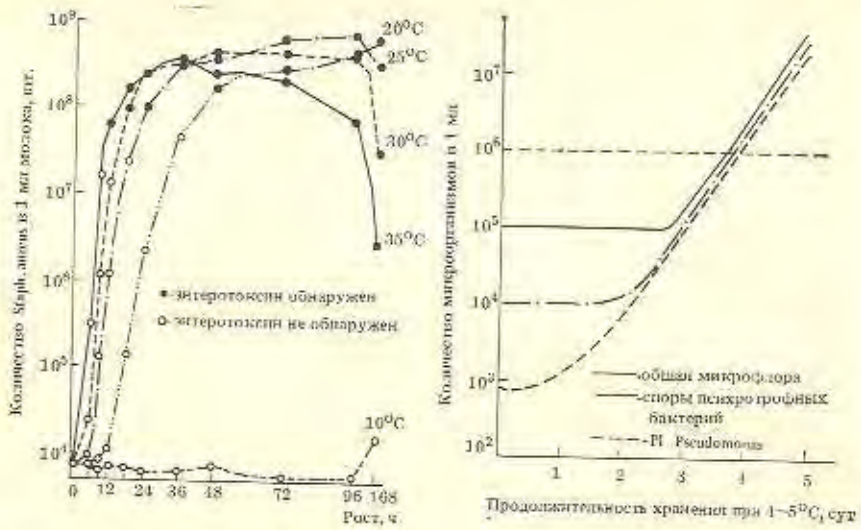


Рис. 6.1. Рост и производство энтеротоксина А *Staph. aureus*, попадающими в молоко с низким уровнем бактериальной обсемененности [21]

Рис. 6.2. Изменение микрофлоры охлажденного молока, хранящегося при 5 °C. Приведенные кривые построены на основе многочисленных экспериментальных наблюдений. Они дают схематическое представление об изменениях микрофлоры, наблюдающихся в свежевыдоенном молоке (100 000 спор общей микрофлоры в 1 мл молока, включающих 100 000 спор психротрофных микроорганизмов, из них 1000 спор *Pseudomonas*)

fluorescens). По истечении 48 ч эти микроорганизмы могут стать доминирующей флорой молока, хранящегося в охлажденном состоянии.

На современном уровне развития молочной промышленности пока еще неизвестны способы, которые позволяли бы снижать степень загрязнения молока нежелательными для сыроделия микроорганизмами, сохраняя при этом его естественную молочнокислую флору*. Поэтому животноводы должны поставлять промышленности молоко с минимальной загрязненностью, а сыроделы должны правильно подбирать необходимые закваски.

Что касается подбора микроорганизмов в состав заквасок, то здесь еще есть широкое поле для новых исследований и совершенствования**.

1.4. Ферменты психротрофных бактерий и их роль в сыроделии

К настоящему времени с полной очевидностью установлено, что, развиваясь в молоке, психротрофные бактерии и, в частности, бактерии, относящиеся к виду *Ps. fluorescens*, выделяют протеолитические и липолитические ферменты. В то время как сами психротрофные микроорганизмы легко поддаются уничтожению с помощью термизации (нагревание до 65 °C с выдержкой 20 с), их ферменты являются теплоустойчивыми. Их невозможно уничтожить с помощью пастеризации при 75 °C с выдержкой 20 с, а некоторые из них, в частности, протеиназы, лишь частично инактивируются даже при ультравысокотемпературной обработке [26].

Эти ферменты могут оказывать воздействие на белки молока и молочный жир до переработки молока в производстве. В случае хранения молока в охлажденном состоянии (во время сбора и на фермской молочной) при температуре >4 °C и/или в течение >48 ч микрофлора будет состоять в основном из психротрофных бактерий. При достижении этой популяцией уровня $5 \cdot 10^6$ бактерий на 1 мл молока возникает значительный риск расщепления белков молока и молочного жира. Было установлено, что при содержании *Pseudomonas* в 1 мл молока численностью 10^7 образуется достаточное количество протеиназы для расщепления β- и ϰ-казеинов. Таким же образом при переходе количества психротрофных бактерий за уровень $5 \cdot 10^6$ в 1 мл молока начинает повышаться содержание в нем свободных жирных кислот [27].

Использование в сыроделии молока с частично расщепленным казеином может привести к потере азота, уносимого молочной сывороткой, и к снижению выход готовой продукции. Это было установлено для мягких сыров [28], но тем не менее не было с полной очевидностью подтверждено для сыра чеддер [27].

Некоторые пороки вкуса сыра были отнесены на счет повышенного содержания в молоке психротрофных бактерий. Касательно сыра коттэдж была отмечена роль протеиназ психротрофных бактерий, но создается впечатление, что в основе появления наблюдаемых обычно пороков лежат липазы, выделяемые этими организмами. Было установлено, что популяции *Pseudomonas*, размеры которых составляют от $5 \cdot 10^6$ до $5 \cdot 10^7$/мл молока, являются причиной повышенного уровня липолитической активности и появления пороков вкуса у некоторых мягких сыров [29, 30], ряда прессуемых сыров [31] и некоторых сыров с высокой температурой второго нагревания [32, 33]. У сыра чеддер, возраст которого составлял от шести до восьми месяцев, изготовленного из молока, в 1 мл которого содержалось от $3 \cdot 10^6$ до $5 \cdot 10^6$ психротрофных микроорганизмов, наблюдалось появление прогорклого вкуса [27].

Ясно, однако, что размеры возможных пороков зависят как от вида виновных в их появлении микроорганизмов, так и от их количества.

Авторы считают, что было бы небезынтересно иметь возможность измерения активности протеолитических и липолитических ферментов, присутствующих в предназначенном для производства сыра молоке и в сыре, начиная с первого этапа его изготовления, с тем, чтобы предупреждать появление возможных пороков вкуса. К сожалению, те методы, которыми исследователи располагают в настоящее время, не обладают достаточной для обнаружения этих довольно слабых уровней ферментативной активности чувствительностью.

2. Пригодность молока к развитию молочнокислой флоры

Ж. Оклер*

Свежевыдоенное сырое молоко не является идеальной культуральной средой для тех микроорганизмов, которые могут выпадать в него в результате разного рода загрязнений или при внесении молочнокислой закваски. Дело в том, что в этом молоке содержится относительно небольшое количество некоторых важных питательных веществ (аминокислот, пептидов, ростовых факторов), необходимых для оптимального развития молочнокислых бактерий; кроме того, оно содержит естественные бактерицидные веще-

* См. часть II, главу 5; 2.

** Нельзя согласиться с таким утверждением авторов. Классическая схема первичной обработки молока обеспечивает сохранение нативных свойств сырого молока, в том числе и молочнокислую микрофлору, предохраняя одновременно от загрязнения нежелательной микрофлорой. Схема предусматривает быстрое, в течение нескольких минут, охлаждение молока после дойки до 18—20 °C, доохлаждение до 10 °C за 2—3 ч и хранение при этой температуре до момента переработки на сыр не более суток. — *Прим. ред.*

* J. Auclair.

стна, способные ограничивать это развитие. Если животные подвергались терапевтическому лечению, в молоке могут содержаться остатки антибиотиков, а недостаточно тщательная мойка доильного оборудования может привести к сохранению в нем следов антисептических средств. И наконец, все виды тепловой обработки, которым подвергается предназначенное для производства сыра молоко, в большей или меньшей степени изменяют его характеристики как культуральной среды для развития молочнокислых бактерий.

2.1. Факторы, способствующие размножению молочнокислых бактерий в молоке

Помимо основных частей (таких, как белки и лактоза), молоко, выдоенное от коровы, содержит витамины группы В, являющиеся важными факторами роста для таких требовательных микроорганизмов, как молочнокислые бактерии. При этом молоко отличается относительно низким содержанием небелковых азотистых соединений (аминокислот и пептидов), действующих как ингибиторы роста молочнокислых бактерий.

Было установлено, что содержание пептидов в молоке отдельных коров может являться определяющим для развития культивируемых в нем молочнокислых бактерий [34]. Добавка в молоко отдельных коров различных аминокислот ведет к значительным изменениям этого развития. С другой стороны, те сезонные изменения, которые наблюдались иногда в уровне активности заквасок, также объясняются различиями в содержании небелковых соединений в молоке, выдоенном в зимний и летний периоды. Эти различия играют исключительно важную роль для термофильных молочнокислых стрептококков, в отношении которых установлено, что они требовательны к наличию в молоке аминокислот и пептидов.

При определенном уровне развития микроорганизмов в молоке (в частности, таких бактерий, обладающих протеолитической активностью, как микрококки и *Pseudomonas*) заметно повышается качество молока как культуральной среды [35]. Это происходит и при внесении в него таких веществ, как пептоны и мясные экстракты — источники аминокислот и пептидов, необходимых для создания оптимальных условий для развития молочнокислых бактерий.

Следует также отметить, что молоко отличается низким содержанием формилтетрагидрофолиевой кислоты, необходимой для развития лейконостоков; оптимальный рост этих микроорганизмов в молоке возможен лишь при их ассоциации с молочнокислыми стрептококками, являющимися фактором их роста, а также в случае добавления в молоко некоторых веществ, например дрожжевого экстракта.

Лейконостоки отличаются также требовательностью к марганцу, чем объясняется их чувствительность к сезонным колебаниям содержания этого элемента в молоке [36].

И наконец, ограничивающим фактором роста в молоке лактобацилл является также присутствие в нем пуриновых или пиримидиновых соединений (например, аденина).

Выпускаемые активаторы, используемые для стимулирования образования кислот закваскими, обычно состоят из пептонов и дрожжевых экстрактов. Они возмещают недостаток небелкового азота и ростовых факторов при введении в молоко заквасок из штаммов, отличающихся высокой требовательностью.

Тем не менее необходимо отметить, что при этом сохраняется опасность того, что эти бактерии, являющиеся активными только в присутствии «активаторов», вносимых в молоко, предназначенное для изготовления закваски, не находят тех же питательных веществ в заводском молоке и не обеспечивают создания оптимальных условий для необходимого уровня молочнокислого брожения.

2.2. Бактерицидные вещества, содержащиеся в сыром молоке

Уже в конце прошлого века было установлено, что сырое молоко (в частности, коровье) обладает определенными бактерицидными или бактериостатическими свойствами в отношении многих загрязняющих его микроорганизмов, патогенных бактерий и бактерий молочнокислого брожения.

Целый ряд выполненных в последнее время работ позволил охарактеризовать и идентифицировать вещества, объясняющие эти антибактериальные свойства молока [37, 38]. Эти работы позволили выделить следующие системы, подавляющие активность микроорганизмов.

2.2.1. Система лактопероксидаза — тиоцианат

Лактопероксидаза — хорошо известный фермент молока, катализирующий (в присутствии перекиси водорода) окисление тиоцианата (SCN^-), обычное содержание которого в коровьем молоке составляет от 1 до 15 мкг/г. Продукты окисления (циановистосернистая и циановистосерная кислоты и гипотиоцианат) отличаются неустойчивостью; по всей видимости, они ингибируют действие гликолитических ферментов и нарушают внутреннюю оболочку бактерий. Следует отметить, что подобие ингибирующей системы существует в других биологических средах, помимо молока, и, в частности, в слюне.

Система лактопероксидаза — тиоцианат может также ингибировать активность тех молочнокислых бактерий, при развитии которых в молоке в условиях аэробиоза происходит образование небольших количеств перекиси водорода. Но если говорить по существу, то чувствительность по отношению к этой системе молочнокислых бактерий характерна лишь для некоторых штаммов мезофильных молочнокислых стрептококков и лактобацилл. Активность термофильных стрептококков не подавляется.

Тот факт, что лактопероксидаза может инактивироваться с помощью нагревания до 82 °С (выдержка 20 с), объясняет подавление чувствительных бактерий в молоке, подвергнутом термизации (63—65 °С, выдержка 20 с) или пастеризации (72—75 °С, выдержка 20 с). Вышесказанное означает, что следует отказаться от использования в сыроделии в качестве заквасок штаммов молочнокислых бактерий, чувствительных к воздействию системы лактопероксидаза — тиоцианат.

Что касается грамотрицательных бактерий (колиформ, *Pseudomonas*), то они оказываются чувствительными к содержащейся в молоке системе лактопероксидаза — тиоцианат лишь при условии введения в него небольшого количества перекиси водорода. Поэтому для оптимизации условий хранения молока (с охлаждением или без него) [39] рекомендуется вносить 10 мкг/г перекиси водорода (или ее эквивалента в виде перкарбоната натрия) в сочетании с тиоцианатом (15 мкг/г).

2.2.2. Агглютинины

В период лактации коровье молоко, помимо других белков, содержит иммуноглобулины, обладающие антигенными свойствами и способные агглютинировать молочнокислые бактерии: стрептококки группы N и лактобациллы. Результат агглютинации выражается в поднятии скоплений агглютинированных бактерий вместе со сливками в молоке повышенной жирности или в осаждении этих скоплений в обезжиренном молоке. Это ведет к физическому разделению бактерий, выражающемуся в сокращении их роста и уменьшении количества вырабатываемой ими кислоты.

В силу антигенной специфичности молочнокислые бактерии по-разному реагируют на агглютинины, содержащиеся в молоке: некоторые штаммы отличаются весьма высоким уровнем чувствительности, а другие — нет. Как

правило, чувствительность к агглютининам несвойственна для *Str. thermophilus*.

Инактивация агглютининов происходит приблизительно в тех же условиях, что и инактивация лактопероксидазы, например при нагревании до 82 °С с выдержкой 20 с. Это означает, что агглютинины полностью сохраняют активность в молоке, подвергнутом термизации или пастеризации по режиму, принятому в сыроделии.

При использовании молочнокислых бактерий, чувствительных к действию агглютининов, для изготовления кисломолочных сгустков может появиться порок, связанный с агглютинацией бактерий закваски. Этот порок, наблюдаемый главным образом при изготовлении сыра коттэдж (домашнего сыра), заключается в появлении на дне сыродельной ванны осадка, состоящего из скоплений агглютинированных бактерий и коагулированного казеина. Такое явление сопровождается задержкой в выработке кислоты и появлением аномальной консистенции сгустка [40]. Ясно, что устранить этот недостаток можно лишь путем подбора для изготовления закваски таких штаммов молочнокислых стрептококков, которые придают стойкость к воздействию агглютининов.

В сычужных сырах, отличающихся быстрым свертыванием молока, этот недостаток не наблюдается ввиду отсутствия описанного выше физического разделения бактерий.

Молозиво и стародойное молоко отличаются высоким содержанием иммуноглобулинов, то есть агглютининов. Может быть, именно это и объясняет появление некоторых пороков сыра, относимых на счет использования такого некондиционного молока.

2.2.3. Другие бактерицидные вещества, содержащиеся в молоке

Помимо систем подавления микроорганизмов, описание которых было дано выше, в молоке содержится ряд других веществ, обладающих бактерицидными свойствами:

лизоцим — фермент, хорошо известный в других биологических средах; его специфичность бывает различной в зависимости от видовой принадлежности молока;

лактоферрин (красный протеин). Бактериостатическая активность этого белка молока объясняется способностью образовывать устойчивое соединение с железом.

Несмотря на то что лизоцим (получаемый из яичного белка) может использоваться в молочной промышленности (см. с. 174), представляется маловероятным, чтобы он, как и лактоферрин, содержащиеся в коровьем молоке в незначительных количествах, могут играть сколько-нибудь значительную роль в сыроделии.

2.3. Антибиотики-антисептики

Нарушение процесса молочнокислого брожения может быть обусловлено присутствием в молоке остатков антибиотиков, используемых при лечении заболеваний вымени коров.

Задержки в сквашивании молока, происходящие из-за присутствия антибиотиков, бывают, как правило, более значительными, чем отклонения, наблюдаемые при использовании разных видов молока в тот или иной период лактации.

Пороки, обусловленные такими задержками в сыроделии, давно и хорошо известны. В большинстве случаев они выражаются в аномальном размножении колиформ на стадии выделения сыворотки из сгустка и на стадии прессования при производстве прессуемых сыров или сыров с высокой температурой второго нагревания.

Чувствительность молочнокислых бактерий к антибиотикам, используемых в сыроделии в качестве заквасок, явилась предметом многочисленных исследовательских работ. Большинство антибиотиков, используемых в ветеринарной практике при лечении маститов, действует на молочнокислые бактерии. Исключение составляет лишь колистин. Молочнокислые бактерии исключительно чувствительны к пенициллину: мезофильные молочнокислые стрептококки частично ингибируются при концентрациях пенициллина порядка 0,1 мкг/мл и полностью инактивируются при концентрациях 0,2—0,3 мкг/мл. Чувствительность к пенициллину термофильных стрептококков и лактобацилл, используемых в сыроделии, приблизительно в десять раз выше, чем чувствительность мезофильных стрептококков. И напротив, термофильные стрептококки относительно менее чувствительны к стрептомицину.

Решения, предлагавшиеся для устранения явления аномального сквашивания, происходящего из-за присутствия в молоке антибиотиков, и заключавшиеся, например, в использовании нечувствительных к антибиотикам штаммов молочнокислых бактерий или в инактивации пенициллина пенициллиназой, не нашли широкого применения в практике молочного производства. Оказалось, что наиболее эффективным средством сокращения числа случаев попадания остатков антибиотиков в молоко, поступающее от его поставщиков, является частый и систематический контроль этого молока с помощью простых методов, позволяющих обрабатывать большие количества проб, методов, подобных тем, которые были описаны специалистами Национального координационно-исследовательского центра по вопросам питания Франции* в 1981 г. [41].

Дезинфицирующие средства, используемые для дезинфекции доильного оборудования и оборудования, предназначенного для хранения молока, также могут присутствовать в нем в виде остатков. Сыроделы часто рассматривают их как причину задержек сквашивания. Действительно, мезофильные молочнокислые стрептококки отличаются чувствительностью к концентрациям активного хлора, составляющим от 10 до 50 мкг/г, и к концентрациям перекиси водорода, иодофоров и четырехаммонийных соединений порядка 1—10 мкг/г. Термофильные стрептококки менее чувствительны к этим дезинфицирующим средствам, чем мезофильные стрептококки.

В случае крупных нарушений требований гигиены на ферме (отказ от мойки и сушки доильного оборудования после дезинфекции) может произойти накопление дезинфицирующих средств, достаточное для того, чтобы вызвать замедление активности молочнокислых бактерий, культивируемых в молоке. Тем не менее маловероятно, чтобы эта концентрация дезинфицирующих средств в крупных партиях сборного молока становилась достаточно высокой для того, чтобы приводить к такому замедлению. Торможение активности молочнокислых бактерий может быть только в том случае, когда некоторые поставщики молока намеренно вносят в него большие количества дезинфицирующих средств. Существующие химические методы обнаружения присутствия в молоке дезинфицирующих препаратов позволяют это легко определять. Что же касается полного подавления активности молочнокислых бактерий, то затруднительно целиком относить их на счет присутствия дезинфицирующих средств в сборном молоке [42].

2.4. Влияние тепловой обработки на развитие молочнокислых бактерий

Нагревание молока до температур термизации и пастеризации (до 72—75 °С с выдержкой 20 с) незначительно влияет на его характеристики с точки зрения культуральной среды для молочнокислых бактерий. Напротив, при нагревании до температуры выше 80 °С (выдержка 20 с) в молоке происходит целый ряд химических реакций, одни из них способствуют росту бактериальной флоры, а другие тормозят его [43, 44].

---

* CNERNA.

Выше уже говорилось о том, что основные составные части бактерицидной фазы сырого молока — лактопероксидаза и агглютины — уничтожаются при нагревании до 82 °С с выдержкой 20 с. Это означает, что такое нагревание способствует развитию бактерий, чувствительных к этим ингибиторам (что действительно происходит с некоторыми штаммами мезофильных молочнокислых стрептококков и лактобацилл, используемых в сыроделии).

При нагревании молока до более высоких температур (90—100 °С и выше) протекает целый ряд различных реакций:

а) расщепление белков молока с выделением небелковых азотистых соединений, стимулирующих активность некоторых штаммов молочнокислых стрептококков и, в частности, термофильных стрептококков;

б) образование из лактозы муравьиной кислоты, являющейся промежуточным метаболитом процесса синтеза нуклеиновых кислот бактерий и оказывающей значительное воздействие на развитие и кислотообразование лактобацилл.

Эти явления, равно как и другие, менее значительные процессы (образование цистеина и летучих серосодержащих соединений из растворимых белков), могут выражаться самым различным образом в зависимости от видов и штаммов бактерий, используемых в качестве заквасок.

В целом можно считать, что мезофильные стрептококки хорошо развиваются в молоке, нагреваемом до 80—90 °С (с выдержкой 20 с), и в автоклавируемом молоке (110—120 °С, выдержка 15 мин), тогда как оптимальные условия для роста термофильных стрептококков создаются в автоклавируемом молоке.

3. Способность молока к сычужному свертыванию

Ж. Ленуар, Н. Шнайд*

Качество молока, предназначенного для производства сыра, может определяться как его способность обеспечивать получение высококачественного продукта в нормальных технологических условиях и с достаточно высоким выходом. Это качество обусловлено целым рядом характеристик продукта, его химическим составом, в частности, содержанием казеина, степенью его обсемененности микроорганизмами и составом его микрофлоры, а также существующими в нем условиями для развития молочнокислых бактерий. Это качество зависит также от поведения молока по отношению к сычужному ферменту.

Сыроделы по своему опыту знают, что в каждом конкретном случае свертывание молока сычужным ферментом происходит по-разному. Способность молока к образованию сычужного сгустка, реологические характеристики которого позволяли бы без сколько-нибудь значительных потерь проводить его механическую обработку с целью выделения сыворотки, может быть различной. В некоторых случаях свертывание молока происходит медленно; это приводит к образованию дряблых гелей, имеющих тенденцию к разделению на мелкие частицы (сырная пыль); после выделения сыворотки в полученных сгустках содержится слишком большое количество влаги, что усложняет проведение созревания. В других случаях, напротив, молоко свертывается быстро; образовавшийся гель отличается повышенной плотностью, выделение сыворотки бывает, как правило, оптимальным, а получаемый сгусток имеет нормальную консистенцию и влажность, позволяющие получать после созревания высококачественный сыр [45].

Эти различия в поведении молока связаны главным образом с определенными различиями в его исходных характеристиках, но они обусловливаются также обработками молока перед запуском в производство.

* J. Lenoir et N. Schneid.

3.1. Параметры, определяющие способность молока к сычужному свертыванию

При соблюдении определенных условий с точки зрения температурного режима и качества субстрата внесение в молоко сычужного фермента вызывает его переход из жидкого состояния в гелеобразное с постепенным уплотнением образовавшегося геля. В качестве контрольных параметров, позволяющих наблюдать за происходящим процессом и определять степень готовности молока к сычужному свертыванию, обычно используют такие показатели, как продолжительность свертывания, скорость уплотнения геля и его максимальная плотность, характерные модули сдвига [46], а также, если это необходимо, скорость протекания и размеры синерезиса. Продолжительность свертывания — это время, проходящее с момента внесения сычужного фермента до момента появления первых хлопьев. Хлопья соединяются между собой, образуя гель, который постепенно приобретает определенную плотность. Затем белковая сетка геля сжимается, что сопровождается выделением сыворотки; это явление называют синерезисом, его масштабы и скорость протекания в значительной мере определяют качество будущего сыра.

Определение указанных выше параметров, являющихся отображением сложных физико-химических превращений, может проводиться с помощью различных методов (см. 2.4).

Авторы ограничатся замечанием, что определение продолжительности свертывания чаще всего осуществляется по методу Берриджа [47]. Принцип этого метода заключается в наблюдении за появлением первых хлопьев на стенке вращающейся трубки или стеклянной пластине, погруженных в восстановленное молоко после внесения в него сычужного фермента в строго контролируемых условиях [48]. Оценка уплотнения геля может проводиться с помощью устройств, не вызывающих нарушения фазы, являющейся источником синерезиса, например с помощью торсионных (крутильных) вискози-

Рис. 6.3. Методы исследования свертывания молока

Рис. 6.4. Влияние концентрации казеинов на продолжительность сычужного свертывания

метров типа тромбоэластографа [49] или крутильного динамометра Плинта (Plint) [50]. Плотность геля можно определить как с помощью указанных выше устройств, так и с помощью пенетрометров [51] (рис. 6.3). Наблюдать за синерезисом можно при определенной механической обработке геля в строго контролируемых условиях: разрезка сгустка и выделение сыворотки гравитационным способом или путем центрифугирования [52].

3.2. Факторы свертывания молока, определяемые его индивидуальными особенностями*

Продолжительность свертывания молока и реологические свойства сгустка определяются главным образом двумя исходными характеристиками молока: концентрацией казеинов и содержанием растворимого кальция и коллоидного фосфата кальция.

3.2.1. Роль концентрации казеинов

Содержащиеся в молоке казеины представляют один из основных факторов, обусловливающих плотность геля, но его влияние на продолжительность свертывания молока в известных пределах относительно невелико [53, 54, 54 bis].

Так, разбавление молока до фактора концентрации 0,7 молочной сывороткой или ультрафильтратом оказывает незначительное влияние на продолжительность свертывания; в других условиях оно ведет к значительному снижению плотности геля. Более высокая степень разбавления до фактора концентрации <0,5 влечет за собой значительное увеличение продолжительности свертывания [54, 54 bis, 56] (рис. 6.4). И наоборот, повышение концентрации казеинов (с помощью ультрафильтрации или добавления концентрата, полученного при ультрацентрифугировании) выражается в заметном повышении плотности сгустка при незначительно изменяющейся (чаще увеличивающейся) продолжительности свертывания [53—54 bis]. Эти отношения между продолжительностью свертывания молока и концентрацией казеинов

* Факторы, зависящие от условий свертывания (вид и количество молокосвертывающих ферментов, температура, pH), рассматриваются в главе I первой части настоящей книги.

объясняются тем, что свертывание протекает под управлением двух реакций: гидролиза κ-казеина и агрегирования претерпевших определенные изменения казеиновых мицелл. При низкой концентрации казеинов скорость агрегирования отстает от скорости протеолиза. При высокой концентрации продолжительность свертывания определяется скоростью действия фермента [54].

Следует отметить, что обогащение молока белками с помощью ультрафильтрации может оказывать различное воздействие на продолжительность свертывания; уровень этого воздействия зависит от условий проведения эксперимента и, в частности, от pH и вида фермента [56]. В реологическом отношении было установлено, что обогащение повышает скорость уплотнения геля, увеличивает его максимальную плотность, не снижает скорость синерезиса [57]. Можно, например, отметить, что при 10%-ном повышении содержания казеина в молоке (путем добавления ретентата, полученного после ультрафильтрации) максимальная плотность геля возрастает приблизительно на 15% [58], а при уровнях, лежащих ниже порога концентрации, близкого к 0,7%, образования геля не происходит. В то же время при концентрациях выше 2,5% связь между концентрацией и гелеобразованием принимает вид линейной функции (рис. 6.5) [54 bis].

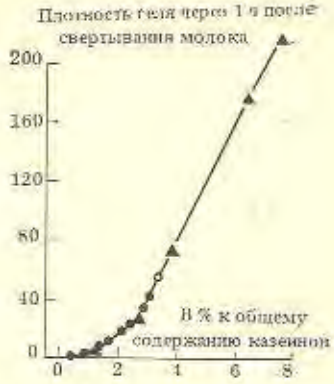


Рис. 6.5. Влияние концентрации казеинов на плотность геля [54 bis]

При использовании восстановленного молока (из сухого молока) удалось также четко установить влияние концентрации сухого обезжиренного молочного остатка. В интервале между 8 и 11% происходит весьма ощутимое повышение максимальной плотности геля [59], а при увеличении концентрации восстановленного молока от 100 до 120 г/л [60] (см. рис. 6.5) максимальная плотность геля возрастает приблизительно на 20%. Следует, однако, отметить, что повышение концентрации восстановленного молока сопровождается не только его обогащением казеинами: оно также изменяет характеристики его водной фазы, в частности, содержание в ней минеральных веществ и, следовательно, растворимого и ионизированного кальция, то есть тех параметров, от которых зависят продолжительность свертывания и реологические свойства геля.

3.2.2. Влияние концентрации кальция и коллоидного фосфата кальция

В результате воздействия сычужного фермента чувствительность мицелл казеина к ионам кальция сильно возрастает, и незначительные изменения содержания кальция в молоке могут оказать большое влияние на продолжительность его свертывания и плотность геля [61].

Итак, влияние отношения Ca/N на продолжительность свертывания весьма велико. Это ясно показывает обратная эволюция обоих параметров, происходящая в течение периода лактации [62] (рис. 6.6). Моко и др. (Mocquot et al.) [45] удалось установить наличие существенных различий в отношении Ca/N между так называемым сычужно-вялым (или медленным) молоком (<0,20) и нормальным (или быстрым) молоком (>0,23). Судя по последним работам, скорость свертывания молока скорее всего связана с отношением Ca/(фосфат+цитрат) водной фазы, то есть продолжительность свертывания увеличивается при уменьшении этого отношения [63].

Часто практикуемое в сыроделии внесение в молоко хлористого кальция приводит к сокращению продолжительности свертывания и повышению

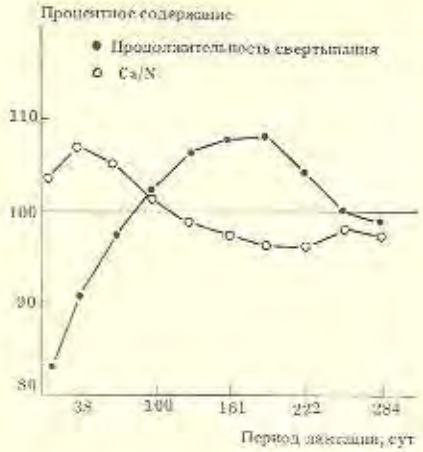


Рис. 6.6. Связь между продолжительностью свертывания и отношением Ca/N в течение лактационного периода [62]

плотности сгустка. Это объясняется не только возрастанием содержания ионизированного кальция; свою роль здесь играют также снижение pH, связанное с освобождением ионов H^+ при превращении ионов PO_4H^{--} в трикальцийфосфат, и повышение концентрации мицеллярного кальция, который при небольших количествах вносимого кальция составляет приблизительно половину последнего.

Таким образом, при внесении в молоко растворимой соли кальция повышается содержание коллоидного фосфата, который, по мнению авторов, влияет на способность молока к сычужному свертыванию [65]. Чувствительность молока к действию молокосвертывающего фермента, по-видимому, тесно связана с количеством фосфата кальция, содержащегося в мицелле: продолжительность свертывания сокращается, а гель становится более плотным с повышением содержания в мицелле фосфата кальция. Кстати, наблюдалось, что при обычной концентрации казеина в молоке присутствие фосфата кальция оказывается необходимым для образования геля [66], поскольку в противном случае происходит лишь образование бесформенного и рыхлого флокулята.

В этих условиях становится понятным, что изменение содержания мицеллярного фосфата кальция оказывает определяющее влияние на плотность сычужных сгустков. Изменения отношений Ca/N или Ca/(фосфат+ +цитрат) водной фазы, возможно, всего лишь отражение этого влияния, поскольку содержание коллоидного фосфата кальция повышается при увеличении величины отношения Ca/N и снижается при повышении содержания цитрата.

3.2.3. Влияние размеров мицелл казеина

Связь между размерами мицелл казеина и продолжительностью свертывания молока установлена с полной очевидностью: продолжительность свертывания увеличивается с уменьшением среднего диаметра мицелл [67]. Кстати, эксперименты, включающие в себя раздельное центрифугирование молока с помощью постепенного повышения скорости вращения, имеют тенденцию демонстрировать снижение чувствительности молока к сычужному свертыванию при увеличении скорости ультрацентрифугирования [68]. По всей вероятности, это связано с различиями в составе мицелл, в частности, с содержанием коллоидного фосфата кальция, роль которого, как известно, важна. Содержание фосфата кальция в крупных мицеллах выше, чем в мелких [69, 70]. Свою роль должна сыграть и концентрация κ-казеина, который также относится к факторам, влияющим на продолжительность свертывания молока [71]; этот показатель бывает выше в мелких мицеллах, а в крупных — ниже [70, 72, 73]. Степень гидратации мелких мицелл также выше.

Следует, однако, отметить, что в свете недавних исследований связь между размером мицелл и продолжительностью свертывания молока представляется достаточно сложной и с трудом поддающейся объяснению. Так, если говорить о классах мицелл, выделенных с помощью хроматографии на пористом стекле, то минимальная продолжительность свертывания отмечена

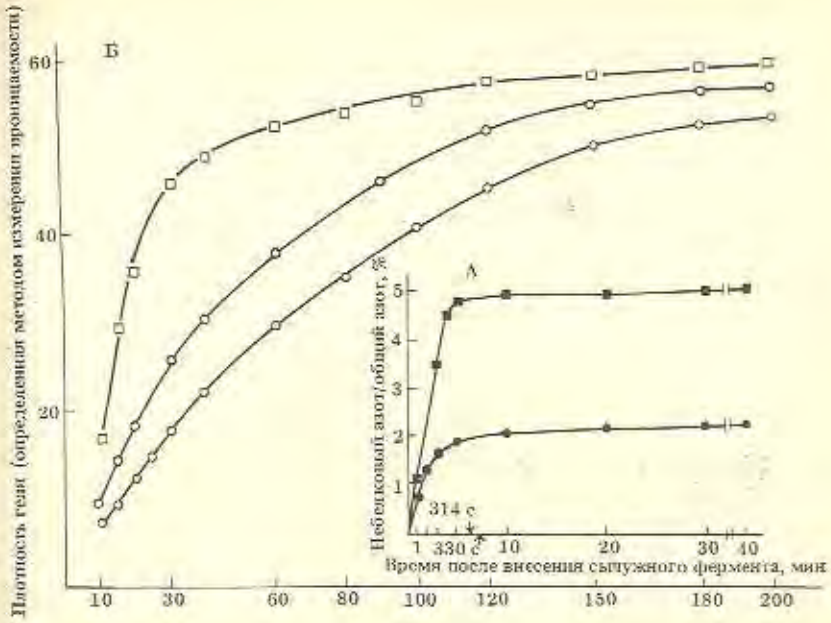


Рис. 6.7. Влияние размеров мицелл на количество небелкового азота, остающегося за пределами мицелл, и на плотность геля, полученного путем сычужного свертывания:

А — небелковый азот; ● — крупные мицеллы; ■ — мелкие мицеллы (момент «охватывания»); ↑ — крупные мицеллы; ↓ — мелкие мицеллы; Б — плотность геля: ● — целые мицеллы; ○ — крупные мицеллы; ■ — мелкие мицеллы

для частиц средних размеров, а крупные и мелкие частицы свертывались медленнее [73].

Установлено, что те мицеллярные фракции, выделенные путем раздельного центрифугирования, которые состоят из наименее крупных мицелл, имеют минимальную продолжительность свертывания; это сокращение происходит, главным образом за счет вторичной фазы (табл. 6.6) [73b]. Кроме этого, гель, образовавшийся из мелких мицелл, уплотняется быстрее и имеет более высокую максимальную плотность, чем гель из крупных мицелл (рис. 6.7) [73c].

3.3. Связь между составом молока и его поведением по отношению к сычужному ферменту

В рамках исследований, включавших в себя наблюдение за большим количеством животных, Моко и др. [45] установили наличие значительных отклонений в продолжительности свертывания молока от различных особей. Среди проб молока, взятых от 450 коров красно-пестрой породы, средняя продолжительность свертывания которого M, в 10% случаев продолжительность свертывания составила $M/2$, в 2% случаев свертывания не произошло (приблизительно половина этих случаев связана с тем, что молоко было получено от коров, больных маститом; вторая половина проб была получена от здоровых животных).

6.6. Продолжительность сычужного свертывания казеиновых мицелл различных размеров [73 b]

Мицеллярные фракции	Средний диаметр, мкм	Состав казеинового комплекса, %			Продолжительность свертывания при 30 °С, с	Относительная продолжительность фаз	
		α_S	β	κ		I	II
Крупные мицеллы	172	51	40	9	686	1,18	1,72
Средние мицеллы	94	52	37	11	540	1,0	1,0
Мелкие мицеллы	55	48	35	18	470	0,90	0,72

3.3.1. Маститное молоко

Молоко животных, больных маститом, отличается глубокими изменениями в белковом составе. Доля казеинов снижается, а содержание растворимых белков, в частности, сывороточного альбумина и иммунных глобулинов, повышается. Это молоко имеет более высокий показатель pH, он может достигать и даже превышать уровень 7—7,2. Кроме этого, заметно возрастает содержание натрия, в то время как содержание кальция имеет тенденцию к снижению. Все эти факторы способствуют увеличению продолжительности свертывания, а в некоторых (экстремальных) случаях они могут вообще не допустить его.

Сравнение способности к свертыванию обычного молока и молока с повышенным содержанием соматических клеток позволяет установить существование значительных различий в продолжительности свертывания и в плотности получаемых гелей (рис. 6.8); увеличение продолжительности свертывания и меньшая плотность гелей, получаемых из аномального молока, могут объясняться более высоким pH и определенным расщеплением казеина плазмином, активность которого повышается [73].

3.3.2. «Медленное» и «быстрое» молоко

Следует отметить, что, не говоря о маститном, индивидуальные особенности молока от разных животных могут привести к значительным различиям в продолжительности свертывания. Анализ проб «быстрого», сычужно-вялого и нормально свертывающегося молока позволил Моко с сотр. [45] установить весьма четкие различия в их составах (табл. 6.7).

Эти различия выявляются, в частности, в отношении содержания кальция (отношение Ca/N) и коллоидного неорганического фосфата. Это подтверждается данными Флюелера (Flüeler) [63], который установил, что в так называемом медленном молоке содержание мицеллярного кальция и отношение Ca/N (фосфат+цитрат) водной фазы ниже, чем в нормальном. Различие наблюдается также и в отношении количества казеина, не поддающегося центрифугированию, и в содержании воды в осадках после центрифугирования (оба эти показателя соответственно связаны с размерами мицелл казеина и степенью их гидратации). Следует также отметить наличие связи между продолжительностью свертывания и способностью сгустка к синерезису, связи, характеризующейся содержанием воды в сычужных сгустках после центрифугирования. Такая вода служит признаком появления затруднений в выделении сыворотки при использовании сычужно-вялого молока.

Рис. 6.8. Способность к свертыванию нормального молока и молока с повышенным содержанием соматических клеток [78]: H_1 и H_2 — стада голштинской породы; I_1 и I_2 — стада джерсейской породы

6.7. Аналитические признаки «быстрого» и сычужно-вялого («медленного») молока [45]

Показатель	Тип молока	
	сычужно-вялое	«быстрое»
Продолжительность свертывания, % от нормального молока	400 и более	40—60
Отношение Ca/N	0,18	0,24
Коллоидный неорганический P, %	0,88	1,27
Содержание воды в осадке после ультрацентрифугирования, 50 000 об/мин в течение 1 ч	72,1	68,3
Растворимый казеин, % от общего казеина	10—12	6—7
Содержание воды в сычужном сгустке после центрифугирования, %	71,4	70,1

3.3.3. Общая характеристика способности молока к сычужному свертыванию

Отличительные черты «медленного» и «быстрого» молока наводят на мысль о том, что различия в способности молока к свертыванию нельзя относить только на счет какой-то одной из его фаз (водной или мицеллярной). Кстати, знание динамического характера мицеллы казеина и факторов ее устойчивости* позволяет предположить, что поведение мицеллы не может быть независимым от ее окружения. Иллюстрацией этого служит эксперимент по разделению сывороточной фазы (S) и фазы казеинов (C) в так называемом медленном (L) и быстром (R) молоке с их последующей рекомбинацией в виде $SL+CR$ и $SR+CL$; действительно у новых пар продолжительность свертывания короче, чем у медленного молока, и длиннее, чем у быстрого молока [45].

При диализе медленного (сычужно-вялого) и быстрого молока при большом количестве нормального у обоих этих типов молока в конечном итоге наблюдалась тенденция приближения поведения по отношению к сычужному ферменту к поведению, наблюдаемому у нормального молока. Авторы пола-

* См. часть I, главу I; 1.5.

тают, что подобный результат служит признаком того, что одной из основных причин наблюдаемых различий является нарушение солевых балансов. Свою роль может также сыграть относительное содержание различных фракций казеинов, и можно сделать априорное предположение о важной роли содержания $\varkappa$-казеина, играющего более важную роль, чем содержание α_s- или β-казеинов. Недавние работы, проведенные в Национальном научно-исследовательском институте молочного животноводства в Великобритании*, подтверждают влияние состава казеинового комплекса на способность молока к сычужному свертыванию. Так, наблюдается достаточно тесная взаимосвязь между продолжительностью свертывания и содержанием β-казеина [73e]; с другой стороны, плотность геля в большей степени связана с содержанием α_s-казеинов, чем с содержанием $\varkappa$- или β-казеинов [73e, 73f, 73g]. Заметное влияние содержания α_s-казеинов на плотность геля подтверждает гипотезу, согласно которой α_s-казеины в силу высокого уровня их фосфорилирования могут играть важную роль в образовании сетчатой структуры; эта роль в некоторой степени аналогична той, которую им отводят на уровне казеиновых мицелл [73f]. Она, по-видимому, могла бы послужить объяснением того факта, что козье молоко даже при концентрации казеинов, равной их концентрации в коровьем молоке, позволяет получать гораздо менее плотные гели [73e]; это происходит из-за того, что козье молоко отличается низким содержанием α_s-казеинов [73].

Влияние природы генетических вариантов казеинов также может лежать в основе некоторых различий в поведении молока по отношению к сычужному ферменту. Это было со всей очевидностью установлено в отношении молока, содержащего α_{s1}-казеин А, отличающийся от других фракций казеинового комплекса отсутствием одной последовательности из аминокислот. Казеиновые мицеллы этого молока имеют меньшие размеры, его свертывание происходит медленнее, а образующийся гель является более рыхлым. Речь идет об экстремальном случае, однако опыты, проведенные на пробах молока с нормализованным содержанием β- и $\varkappa$-казеинов, показали, что у молока, содержащего вариант В обеих этих фракций казеинового комплекса, продолжительность свертывания короче, а плотность геля выше, чем у молока, содержащего вариант А [74].

Заканчивая, следует отметить, что способность молока к сычужному свертыванию является его глобальной характеристикой, зависящей от большого количества параметров, которые еще не все достаточно изучены. Простая коррекция состава молока с помощью внесения в него, например, кальция не в силах обеспечить во всех возможных случаях придания сычужному молоку необходимых для сыроделия свойств быстрого молока. Важную роль играют, по-видимому, наследственные факторы [62], а это, по мнению авторов, сделало бы оправданной селекцию животных по такому признаку, как реакция молока на сычужный фермент. Не следует также пренебрегать ролью кормового рациона скота; показательными в этом отношении являются наблюдения сыроделов, работающих в горных районах, касающиеся различий в реакции на сычужный фермент молока, получаемого от коров, пасущихся на высокогорье или в низинных районах: в первом случае свертывание молока происходит, как правило, хорошо, а во втором оно часто бывает затруднено.

Перевод скота с зимнего рациона на весенние пастбища также сопровождается значительными изменениями как в составе молока, так и в его способности к свертыванию; они выражаются, в частности, в повышении содержания казеина и в увеличении плотности геля [74b]. Определенную роль может сыграть даже вид пастбищ. Молоко, получаемое от коров, поедающих белый клевер, имеет более высокое общее содержание казеина и α_s- и β-казеинов, от такого молока гель более плотный, чем от молока коров, поедающих райграс [74c]. Очень четко прослеживается также и влияние периода лактации. В течение первых недель этого периода снижение содержания казеинов, кальция и неорганического фосфора, а также изменения

* National Institute for Research in Dairying (NIRD).

между относительными содержаниями различных фракций казеинового комплекса выражаются в заметном снижении плотности геля [73f]. Как правило, эта плотность бывает более высокой в середине периода лактации [74d]. Напротив, молоко, получаемое в конце этого периода, с большим трудом поддается свертыванию и дает дряблый гель; такое молоко подобно маститному отличает высокая активность плазмина, оно содержит повышенные количества γ-казеина и других продуктов расщепления казеинов [73c].

Резюмируя, авторы считают необходимым отметить, что определение продолжительности свертывания молока является простым и показательным методом оценки его сыропригодности, поскольку, если не говорить о концентрации казеинов — параметре, главная роль которого заключается во влиянии на реологические свойства сгустка, можно сказать, что между продолжительностью свертывания и плотностью геля действительно существует достаточно прочная взаимосвязь ($r = -0{,}86$) [74d].

Плотный сгусток лучше поддается обработке с минимальными потерями, хорошо выделяет сыворотку и способен вследствие этого в оптимальных условиях претерпевать изменения, происходящие во время созревания. Сыроделы ежедневно получают подтверждение этому в своей работе, а производственные испытания по изготовлению сыров типа кантал и контэ из «медленного» и «быстрого» молока, проведенные Национальным институтом агрономических исследований Франции*, позволили установить это с полной очевидностью [45].

3.4. Роль предварительной технологической обработки

Молоко, предназначенное для производства сыра, подвергается, как правило, целому ряду операций, цель которых заключается в управлении качеством сырья для обеспечения однородности готовой продукции, а также для выполнения требований, связанных с гигиеной производства или стремлением к повышению производительности. К этим операциям относят охлаждение и нагревание молока, а в некоторых случаях также концентрацию и гомогенизацию. Все эти виды обработки оказывают определенное влияние на продолжительность свертывания молока и реологические свойства геля [53, 75, 76].

Следующий раздел главы посвящен концентрированию и гомогенизации. Охлаждение молока и его тепловая обработка рассмотрены в той же главе, 4.1 и 4.3.

3.4.1. Концентрирование молока

Использование в сыроделии концентрированного молока является одной из отличительных характеристик технологии «Ютен — Стен» (Hutin — Stenne) (SH 13). Кроме этого, использование сухого молока позволяет получать восстановленное молоко с более высоким содержанием сухого вещества, чем в свежевыдоенном молоке.

Способность молока к сычужному свертыванию зависит от физико-химических изменений, которые происходят за счет изменения концентрации [63, 64].

Повышение содержания растворенного и ионизированного кальция приводит к перемещению фосфата кальция из водной фазы в мицеллярную и вследствие этого к увеличению содержания минеральных веществ в мицелле, то есть к росту ее размеров.

Вследствие повышения концентрации минеральных веществ в водной фазе происходит значительное снижение pH и степени гидратации мицелл казеина.

* INRA.

Эти явления приводят к снижению устойчивости мицелл, в результате чего возрастает их концентрация в молоке. С учетом вышесказанного представляется совершенно закономерным, что при использовании концентрированного молока продолжительность свертывания сокращается, скорость уплотнения геля повышается, а его максимальная плотность возрастает. Так, при концентрации молока в соотношении 3 : 1 полученный сгусток имеет очень высокую плотность, его отличает более высокая степень минерализации, он имеет бо́льшую связность, чем гель, приготовленный из обычного молока, вследствие этого он в большей степени готов к интенсивной механической обработке и ускоренному выделению сыворотки [77]. Отмечается также, что при температуре 20 °С такой сгусток отличается особым поведением: приобретает способность к тиксотропии; при перемешивании он становится текучим, а после часовой выдержки в состоянии покоя вновь уплотняется.

Использование в сыроделии концентрированного молока выражается в значительном повышении выхода готовой продукции. В условиях промышленного производства мягкого сыра увеличение выхода по обезжиренному сухому веществу оценивается приблизительно 10% [78]. Используя данные, полученные при опытном производстве сыра типа каррэ де л'эст, Турнер и др. (Tourneur et al.) [79] установили следующие уровни перехода (средние данные по шести опытным партиям, % от исходных составных частей молока):

	Обезжиренное сухое вещество	Общее количество азотистых соединений	Минеральные вещества
Эталонный образец	34,8	75,7	28,5
Молоко концентрированное (3 : 1), восстановленное до 130% перед внесением сычужного фермента	37,1	76,8	31,8

Приведенные результаты показывают, что переход указанных составных частей в готовую продукцию возрастает соответственно на 6,6, 1,5 и 11,5%.

Это увеличение происходит по разным причинам [79, 80]: повышение концентрации сухого вещества в сыворотке, оставшейся в сгустке, более высокая степень минерализации сырной массы, выражающаяся в условиях промышленного производства в снижении потерь сгустка, уходящего с сывороткой, лучшая фиксация жира, объясняющаяся изменением оболочки жирового шарика (казеин проникает внутрь оболочки, вследствие чего происходит внедрение жирового шарика в белковую сетку, а не просто механическое его улавливание) [81]. Свою роль может также сыграть определенная нерастворимость сывороточных белков в процессе концентрирования.

При использовании восстановленного молока (из сухого молока) авторами уже говорилось о влиянии степени концентрации. Особое поведение этого молока, связанное с технологией его обработки, рассматривается в части V.

3.4.2. Гомогенизация молока

Гомогенизация молока, предназначенного для сыроделия, довольно широко практикуется при выпуске сыров, потребляемых без созревания. Она обеспечивает получение более нежной, плотной и устойчивой консистенции. Для изготовления сыров, потребляемых с созреванием, она используется реже. Гомогенизация способствует процессу липолиза, приводя к ускорению развития характерного вкуса сыра; это относится, например, к сырам типа

голубого. Кроме этого, гомогенизация «отбеливает» сырное тесто, делая его похожим на козий или овечий сыр.

Процесс гомогенизации обладает еще одним преимуществом: он ведет к снижению потерь жира, уносимого сывороткой, что объясняется, вероятно, переходом казеинов в оболочечное вещество жировых шариков.

Авторы считают, что эффект гомогенизации не ограничивается изменением структуры жировых шариков. Уже давно проведенные эксперименты Бабкока (Babcock) [82] позволили установить, что гомогенизация ведет к снижению упругости геля и увеличению количества воды, остающейся в сгустке. По мнению Ивайды и Цуго (Iwaida, Tsugo) [83], упругость сгустка заметно снижается при повышении давления до уровня 15—20 МПа. Начиная с давления 20 МПа, снижение упругости ослабевает, а при давлении около 40 МПа это снижение вновь значительно усиливается (рис. 6.9).

Рис. 6.9. Воздействие гомогенизации на упругость сычужного сгустка

Первое снижение, по-видимому, связано с раздроблением жировых шариков и внедрением мицелл казеина в образовавшиеся новые частицы. Начиная с давления 40 МПа, по всей вероятности, начинает сказываться эффект разрушения или дезагрегирования мицелл. В свете этих наблюдений рекомендовалось проводить разделение обезжиренного молока и сливок, подвергая гомогенизации только сливки (при давлении начиная от 5 до 15 МПа).

Более поздние исследования Умбера и др. (Humbert et al.) [84] отчасти поставили под сомнение ранее полученные результаты. Проводя гомогенизацию в установке, снабженной клапаном с режущей кромкой, при давлении от 20 до 60 МПа и температуре ниже 50 °С они наблюдали заметные физико-химические изменения:

снижение pH в пределах от 0,1 до 0,25 ед.;

снижение содержания не поддающегося центрифугированию казеина, достигающего 15%;

снижение содержания растворимого кальция.

Эти изменения сопровождаются заметным воздействием на сычужную свертываемость молока:

а) довольно заметно сокращается продолжительность свертывания (t_c = от 0,55 до 0,65 от времени, полученного на контрольном образце);

б) повышаются скорость уплотнения геля и величина его максимальной плотности.

Эти явления обусловлены снижением pH и изменениями мицеллярной структуры. Они действуют в направлении улучшения сыропригодности молока, при этом следует отметить, что параллельно с этим происходят снижение скорости синерезиса и уменьшение объема выделяющейся сыворотки; кроме этого, при давлениях 40—60 МПа или после нескольких обработок давлением 20 МПа происходит увеличение объема потерь «мелких» частиц, уносимых сывороткой.

Полученные результаты доказывают сложный характер воздействия гомогенизации на реологические свойства геля.

Испытания, проведенные в опытном цехе на растворяющейся сырной массе с высоким содержанием жира, подтвердили преимущества, обеспечиваемые гомогенизацией: уменьшается потеря жира с сывороткой, улучшается консистенция сырной массы, а увеличение количества воды, задерживаемой в сгустке, повышает выход сыра.

4. Подготовка молока

4.1. Тепловая обработка молока

Ж. Эрмье, О. Сэр*

Ниже представлены все встречающиеся на практике случаи проведения тепловой обработки молока, предназначенного для производства сыра.

Цель обработки	
Только тепловая обработка	
Термизация (62—65 °С, выдержка 15—20 с)	Снижение общего количества микроорганизмов
Пастеризация (63 °С, выдержка 30 мин; 72 °С, выдержка 15 с; мгновенное нагревание до 80 °С)	Уничтожение неспорогенных болезнетворных микроорганизмов
Нагревание до температуры свыше 100 °С	Снижение общего количества микроорганизмов
Производство сыров, потребляемых без созревания	Снижение количества спор *Clostridium tyrobutyricum*
Тепловая обработка в сочетании с другими видами обработки	Повышение выхода по сыру
Внесение Ca^{++}, подкисление	Коррекция состава молока, подвергнутого охлаждению
Внесение молочнокислых бактерий	Созревание молока
Центрифугирование	Снижение количества спор *Clostridium tyrobutyricum*
Ультрафильтрация	Повышение содержания белков; технология MMV
Сгущение и сушка	Производство рекомбинированного молока

4.1.1. Влияние тепловой обработки молока на содержащиеся в нем микроорганизмы

4.1.1.1. Законы уничтожения микроорганизмов под действием высоких температур

При тепловой обработке какой-либо популяции микроорганизмов путем нагревания до определенной температуры с выдержкой в течение определенного времени происходит уничтожение части этой популяции. В силу этого экспериментальным путем можно констатировать, что логарифм концентрации микроорганизмов, остающихся жизнеспособными после нагревания, уменьшается во времени согласно линейной функции. Один из примеров этой зависимости, называемой «кривой выживания», приведен на рисунке 6.10.

Для того чтобы дать полную характеристику теплоустойчивости определенной популяции какого-то штамма при заданной температуре и в установленных условиях культуральной среды, достаточно знать крутизну кривой выживания. По традиции предпочитают использовать абсолютное значение обратной величины крутизны, обозначаемое буквой D и рассчитываемое с помощью выражения

* J. Hermier, O. Cerf.

$$D = \frac{t}{\log C_0 - \log C},$$

где C_0 — исходная концентрация микроорганизмов в единицах массы или объема; C — их концентрация в момент времени t; D, называемое «временем десятикратного снижения», означает время, необходимое для уничтожения популяции до 10% от ее исходного количества. Так, за время $D=3$ мин количество микроорганизмов сокращается от одного миллиона до ста тысяч, а также от ста до десяти.

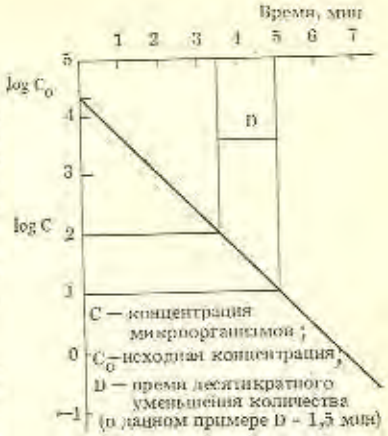


Рис. 6.10. Кривая выживания микроорганизмов

Для определения влияния температуры на время десятикратного снижения специалисты по термобактериологии используют величину z, определяемую следующим образом:

$$z = \frac{T_1 - T_2}{\log D_2 - \log D_1},$$

где D_1 и D_2 — время десятикратного снижения при температурах T_1 и T_2.

Таким образом, полную характеристику теплоустойчивости данного штамма можно получить при условии, если, с одной стороны, известны величина z и, с другой стороны, величина D при заданной температуре.

Законы, управляющие биохимическим расщеплением молекул под действием нагревания, имеют ту же природу, что и законы уничтожения микроорганизмов. Это относится, например, к денатурации сывороточных белков или белков ферментативного происхождения, в частности, тех из них, которые образуются психротрофными бактериями.

4.1.1.2. Воздействие нагревания на различные группы микроорганизмов

В таблице 6.8 приведены температуры, при которых D основных групп микроорганизмов, принимаемых во внимание в сыроделии, составляет в пределах одной минуты. Значения z для этих микроорганизмов составляют от 5 до 10 °С (Q_{10} от 10 до 100). В таблице 6.8 также приведены данные о ферментах психротрофных бактерий, у которых величина z составляет от 20 до 60 °С (Q_{10} от 1,5 до 3,2).

Из приведенной таблицы видно, что некоторые молочнокислые бактерии, как и бактерии, относящиеся к родам *Leuconostoc, Microbacterium* и *Micrococcus*, являются достаточно теплоустойчивыми, чтобы определенное количество их могло выживать в молоке после пастеризации. И напротив, неспорообразующие психротрофные бактерии уничтожаются при пастеризации, за исключением некоторых из их ферментов, активность которых может привести к появлению органолептических пороков или пороков консистенции сыра.

Три вида спорообразующих бактерий (*Clostridium botulinum, Clostridium sporogenes* и *Bacillus cereus*) могут размножаться в пищевых продуктах, выделяя токсины, действующие на нервную систему человека (*Clostridium botulinum*) и его пищеварительный тракт (*Clostridium sporogenus, Bacillus cereus*). Токсин, выделяемый *Clostridium botulinum*, является единственным, неусвоение которого может приводить к достаточно серьезным расстройствам, а в некоторых случаях и к фатальному исходу. К счастью, в процессе производства и реализации сыра никогда не создается условий для появле-

6.8. Классификация микроорганизмов и ферментов по теплоустойчивости

Микроорганизмы или фермент	Температура, при которой $D=1$ мин, °С
Лактобациллы и молочнокислые стрептококки	65—80
Лейконостоки, *Microbacterium*, *Micrococcus*	65—90
Болезнетворные микроорганизмы:	
Coxiella burnetti	65
Mycobacterium tuberculosis	63
Другие микроорганизмы: *Brucella*, колиформы, коринебактерии, энтерококки, *Pseudomonas*, *Salmonella*, стафилококки, *Yersinia* и др.	50—75
Бактериальные споры:	
Bacillus, развивающиеся в сырах, выпускаемых в виде консервов	85—100
Психротрофные *Bacillus*	80—90
Clostridium sporogenes и *C. tyrobutyricum*, развивающиеся в сырах с высокой температурой второго нагревания и в плавленых сырах	80—1100
Теплоустойчивые ферменты:	
протеазы и липазы психотрофных *Pseudomonas* и *Micrococcus*	130—190

ния этого токсина, что не исключает возможности отдельных исключительных стечений обстоятельств: один такой случай (не имевший серьезных последствий) произошел во Франции и явился поводом для появления официальных документов относительно использования соломенной упаковки для мягких сыров. *Bacillus cereus* не создает особых проблем для потребителей, а некоторые неболезнетворные бактерии, перечисленные ниже, вызывают появление пороков сыра в процессе его производства.

а. *Clostridium tyrobutyricum* в сырах с высокой температурой второго нагревания (прессуемых или нет), в рассольных и плавленых сырах (в этом случае они часто ассоциируются с *C. sporogenes*), в сырах, выпускаемых в виде консервов;

б. Различные *Bacillus* или *C. sporogenes* в сырах, выпускаемых в виде консервов; в этом случае следует проводить более интенсивную тепловую обработку молока или сыра и/или подразделять молоко по сортности.

Существует значительный риск того, что неспорообразующие болезнетворные бактерии, содержавшиеся в молоке, в течение многих недель будут продолжать жить в сыре [85]. К счастью, пастеризацию могут выдерживать лишь род стрептококков группы D и, может быть, некоторые отрицательные стафилокиназы. Поэтому пастеризация молока рассматривается как необходимое средство защиты потребителей [85]. С этой точки зрения термизация не может заменить пастеризацию [85].

4.1.2. Изменение составных частей молока при нагревании

4.1.2.1. Растворимые белки

После нагревания молока до температуры выше 70 °С содержание в нем растворимых белков (при pH 4,6) становится ниже, чем в сыром молоке. Детальное исследование кинетики этого процесса было проведено Илье и Листером (Hillier, Lyster) [86] в отношении α-лактальбумина, β-лактоглобулина и альбумина сыворотки (рис. 6.11).

Рис. 6.11. Характеристика денатурации сывороточных белков при различных температурах и выдержке 5 или 15 с (по данным Илье и Листера [86] с использованием метода Сэра [99])

Содержание сывороточных белков снижается при pH 4,6 по нескольким причинам:

1) образование комплексов путем полимеризации одного из белков, например β-лактоглобулина [87];

2) образование комплексов между сывороточными белками, например между α-лактальбумином и β-лактоглобулином [88];

3) взаимодействие между сывороточными белками и казеинами с помощью гидрофобных связей и особенно с помощью остатков SH-групп. Специалистами очень хорошо изучен комплекс между β-лактоглобулином и κ-казеином [89], а также роль в образовании этого комплекса α-лактальбумина [90].

Соединения и комплексы, образующиеся при нагревании, выпадают в осадок вместе с казеином.

При более интенсивной тепловой обработке, то есть при увеличении выдержки и/или при нагревании до температур выше 100 °С, сывороточные белки и свободные аминокислоты могут взаимодействовать с лактозой (реакция Майяра) и вызывать изменение окраски молока. Что касается казеинов, то их изменения при нагревании начинаются лишь при температурах выше 120 °С.

4.1.2.2. Содержание растворимого кальция

Данные, касающиеся содержания в молоке растворимого кальция, изменяются в зависимости от используемого способа дозировки и метода нагревания. Так, при нагревании до 66 °С, условия которого не уточняются, 30-минутная выдержка оказывает незначительное воздействие, но при нагревании до 82 °С снижается содержание кальция на 10% [91]. При нагревании со скоростью 1 °С/мин с последующим охлаждением со скоростью 5 °С/мин содержание кальция снижается на 30% при максимальной температуре нагревания 60 °С и на 40%, если она составляет 70 °С [92]. При часовом нагревании (с выдержкой при максимальной температуре в течение 35—45 мин) до 60 или 70 °С содержание кальция снижается на 10—15% [93]. Наконец, нагревание в течение 1 мин до 95 °С снижает активность (а не содержание) растворимого кальция на 7,5% [94].

4.1.3. Влияние тепловой обработки на проведение технологических операций

Последствия тепловой обработки молока, наблюдаемые в сыроделии, объясняются явлениями, описание которых было дано выше.

а. Комплекс, образующийся между β-лактоглобулином и κ-казеином, препятствует действию химозина вследствие чрезмерного образования стеринов.

б. Снижение концентрации растворимого кальция усложняет создание связей между мицеллами в процессе образования и уплотнения геля. С технологической точки зрения последствия действия этих двух механизмов идут в одном и том же направлении.

в. Увеличение времени свертывания. По Уильсону и Уилоку (Wilson, Wheelock) [95], время свертывания молока после пастеризации изменяется

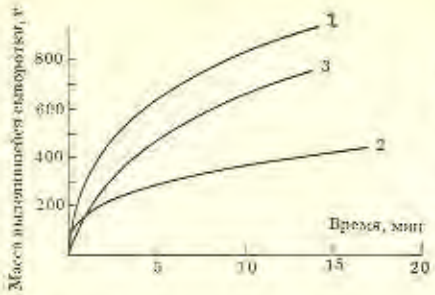


Рис. 6.12. Влияние внесения кальция на свойства сычужного сгустка (кинематика спонтанного выделения сыворотки):

1 — контрольная проба молока без нагревания; *2* — молоко, нагретое до 115 °С (выдержка 15 с) с внесением 3 ммоль/л $CaCl_2$; *3* — молоко, нагретое до 115 °С (выдержка 15 с) с внесением 5 ммоль/л $CaCl_2$

незначительно: изменения в размере 20% появляются после пятичасовой выдержки при 60 °С, после тридцатиминутной выдержки при 70 °С и после пятнадцатиминутной выдержки при 80 °С. По мнению Юмбера и Але (Humbert, Alais) [96], двадцатисекундная выдержка при 73 °С увеличивает время свертывания в 1,2 раза по сравнению с сырым молоком, такая же выдержка при температуре 90 °С увеличивает это время в 1,6 раза, а функциональный нагрев до 140 °С увеличивает его в 4 раза. По Блану [97], продолжительность свертывания при 35 °С не изменяется, если пастеризация проводится при 72 °С с выдержкой 15 с, но увеличивается в 1,3 раза после пятнадцатисекундной выдержки при 92 °С, в 2,4 раза после прямого УВТ-нагрева и в 4,6 раза после косвенного.

г. Увеличение времени уплотнения сгустка. Например [97], время, необходимое для получения одной и той же эталонной плотности сгустка, не изменяется после пятнадцатисекундной выдержки при 72 °С, но увеличивается в 10 раз после выдержки 15 с при 92 °С, в 17 раз после прямого УВТ-нагрева и в 22 раза после косвенного.

д. Снижение окончательной плотности сгустка.

е. Уменьшение объема спонтанно выделяющейся сыворотки (см. ниже рис. 6.12).

Имеется, однако, еще одно следствие, несущее на этот раз положительный характер и вытекающее исключительно из взаимодействия между казеином и сывороточными белками. Речь идет об увеличении выхода по сыру благодаря совместной копреципитации растворимых белков с мицеллами казеина. Это повышение выхода по сыру используется в целом ряде промышленных технологий производства сыров, потребляемых без созревания.

При умеренном нагревании, при котором выдержка составляет не более 15 с при максимальной температуре 125 °С, можно полностью или частично восстановить исходные свойства молока с помощью следующих мер.

1. Внесение кальция (в виде хлористого кальция) (рис. 6.12). Так, по Юмберу и Але [96], можно восстановить ту же продолжительность свертывания, что и у сырого молока при внесении 0,056 г/л хлористого кальция после 20 с выдержки при 72 °С, 0,086 г/л хлористого кальция после 20 с выдержки при 92 °С, 0,12 г/л после фрикционного нагревания до 140 °С и 0,324 г/л после УВТ-обработки. Согласно другой серии близких результатов [98], внесение 0,08 г/л Са после прямого УВТ-нагрева и 0,16 г/л после косвенного УВТ-нагрева позволяет вернуться к той же продолжительности свертывания, что и присуще сырому молоку. На практике с целью компенсации того факта, что молоко подвергалось также и охлаждению, иногда в пастеризованное молоко вносят кальций в количестве, равном 0,01 г/л; в случае, если молоко подвергалось более интенсивной тепловой обработке, это количество увеличивают до 0,2 г/л.

2. Повышение температуры свертывания молока сычужным ферментом (в пределах от одного до нескольких градусов) влияет на кинетику образования геля, но не сказывается на его плотности.

3. Снижение pH в момент свертывания молока сычужным ферментом (на несколько десятых долей единицы pH) одновременно сказывается как на кинетике образования геля, так и на его окончательной плотности.

4. Изменение режима механической обработки при разработке сгустка и/или при вымешивании зерна.

Однако применение последних трех из перечисленных мер ограничивает возможность появления нежелательных явлений потерь жира и сырной пыли (мелких частиц сгустка), уносимой сывороткой. Вследствие этого великолепным средством компенсации последствий нагревания оказывается ультрафильтрация. В противоположность установившимся представлениям увеличение дозы химозина, влияя на продолжительность свертывания, не оказывает воздействия ни на скорость уплотнения сгустка, ни на его окончательную плотность (речь идет о дозах, не превышающих размеры принятых в сыроделии).

4.1.4. Тепловая обработка молока при температурах выше 100 °С

В настоящее время нагревание до температуры выше 100 °С для подготовки молока в сыроделии не применяют, несмотря на то, что получаемые при этом преимущества заслуживают того, чтобы быть представленными в данной книге.

На самом деле оптимальный выбор условий нагревания и изменения технологии изготовления сыра позволяет выпускать готовый продукт, приближающийся по своим свойствам к контрольным образцам, изготовленным из молока, не подвергавшегося тепловой обработке. Выше уже говорилось о существовании технологий производства сыров, потребляемых без созревания. Имеется возможность и для изготовления мягких сыров, при которой выход готового продукта возрастает на 8% [100]. Это преимущество становится еще более значительным, поскольку позволяет использовать молоко, получаемое от животных, в кормовой рацион которых входит силос (содержание спор анаэробных бактерий в этом молоке может быть снижено за счет нагревания). Производимые таким образом мягкие сыры могут выпускаться в виде консервов при значительном снижении риска их вспучивания. Соответствующие технологии для сыров с высокой температурой второго нагревания пока еще нельзя считать окончательно разработанными, но Национальным институтом агрономических исследований Франции ведутся работы по использованию нагревания в сочетании с ультрафильтрацией. И наконец, следует упомянуть одно из последствий использования молока, подвергаемого нагреванию: для поддержания соотношения между содержанием жира и сухим веществом сыроделам приходится повышать содержание жира в исходном молоке, проходящем тепловую обработку, что приводит к более рациональному использованию молочного жира.

4.2. Изменение содержания белков в молоке, предназначенном для производства сыра

Ж.-Л. Мобуа*

Применяемое в сыроделии раздельное концентрирование белков молока и молочного жира преследует двойную цель:

во-первых, это возможность резервирования и хранения в течение различных по своей продолжительности периодов времени (от нескольких недель до года и более) этих наиболее важных в плане пищевой ценности составных частей молока;

во-вторых, это возможность обеспечения потребителей большим количеством самых разнообразных по своим вкусовым качествам и вкусовым оттенкам продуктов.

В классическом сыроделии раздельное концентрирование белков молока и молочного жира является результатом выделения сыворотки из сычужного

* J.-L. Maubois.

сгустка. Как уже было сказано в первой части книги, совместное воздействие молочнокислых заквасок (ферментативное и протеолиз), механической обработки (интенсивность которой определяется типом вырабатываемого сыра) и биохимических механизмов, действие которых до настоящего времени изучено не полностью (сжатие сгустка), приводит к постепенному выделению сыворотки и к образованию более или менее крупноразмерной структуры сгустка (пластина, кубик или зерно), отличающейся пониженным содержанием воды, лактозы, минеральных веществ и растворимых белков. Если вспомнить о пищевой ценности трех последних из перечисленных компонентов, не говоря уже об экономической стороне дела, становится понятным стремление сыроделов к поиску таких изменений технологии подготовки молока, которые могли бы обеспечить частичный или полный переход этих компонентов из молока в сыр. Вначале эти изменения заключались в использовании молока с пониженным содержанием воды; затем, учитывая появление отрицательных органолептических свойств готового продукта в результате использования концентрированного молока, процесс сгущения которого затрагивал все составные части сухого вещества, специалисты-технологи быстро изменили направление своей работы, ориентируясь только на сохранение белковых компонентов. При этом приходилось даже изменять классическую очередность двух первых операций технологического процесса производства сыра: свертывания молока и выделения сыворотки.

4.2.1. Концентрирование составных частей молока, предназначенного для производства сыра

Использование молока, концентрированного методом испарения, впервые было предложено Ричардсоном (Richardson) [101] в 1929 г. Тридцать лет спустя эта идея была использована Стеном (Stenne) [102], но на этот раз в рамках оригинального сочетания, основанного на наблюдениях Берриджа [103], касавшихся низкотемпературного разделения первичной и вторичной фаз действия сычужного фермента. На том же принципе основано и обогащение молока сухим веществом с помощью внесения сухого молока или путем концентрации методом обратного осмоса [104].

Использование молока, обогащенного всеми компонентами сухого вещества, ведет к повышению выхода по сыру, происходящему в результате увеличения количества его растворимого сухого вещества. Но это повышение содержания сухого вещества в сыворотке, связанной ячейками сетки, образованной параказеинатом кальция, влечет за собой многочисленные изменения той среды, в которой происходит действие механизмов созревания сыра. Максимальная минерализация усиливает буферное действие среды, что приводит, в частности, к замедлению протеолитических реакций. Определенная часть лактозы может не превратиться в молочную кислоту в конце выделения сыворотки, что может вызвать, например у мягких сыров, возобновление молочнокислого брожения после нескольких суток пребывания в сыром подвале (когда потребление молочной кислоты *Penicillium*'ом достигнет достаточного уровня).

Опыт показывает, что почти всегда, если имеется в виду какой-то определенный вид сыра, повышение минерализации сырного теста, равно как и несвоевременное возобновление молочнокислого брожения в процессе созревания, оказывает сильное отрицательное воздействие на органолептические свойства готового продукта.

4.2.2. Обогащение предназначенного для переработки в сыр молока казеинатом

Основным составным элементом трехмерной сетки — структуры сырных масс — является нерастворимое сухое вещество, образующееся в результате превращения в параказеинат кальция содержащихся в предназначенном для переработки молоке фракций казеина. Ввиду того что доля параказеина в

общем азоте сборного молока (N×6,38) — величина постоянная: 74% в коровьем молоке [105], 75,3% в овечьем [106] и 69,5% в козьем молоке [107], повышение содержания общего азота в молоке приведет к увеличению количества сухого вещества в сыре, выработанном из определенного объема молока, и, следовательно, к увеличению выхода по сыру. Это значит, что самый простой и наиболее рентабельный способ изменения исходного молока, подлежащего переработке, — подбор сыроделом партий молока, отличающихся высоким содержанием белков.

Дополнительное количество сыра, которое может быть получено из сборного молока, содержание белков в котором было повышено на 1 г, можно определить, используя формулу Мобуа и Моко (Maubois et Mocquot) [107а]. При переработке этого молока в эммментальский сыр увеличение выхода сыра составит 230 г, при изготовлении из молока камамбера оно будет равно 407 г, а при производстве свежего сыра, потребляемого без содержания, оно достигает 1200 г (во всех перечисленных случаях отношение между содержанием жира и сухим веществом будет, разумеется, сохранено на одном уровне).

Другой возможный путь обогащения заводского молока заключается, разумеется, во внесении в него казеина или казината. Временное разрешение на такое обогащение молока в некоторых странах ЕЭС было дано в 1980 г.; величина белковых добавок может составлять до 5 г/л (разрешение не распространяется на марочные сыры). На практике это обогащение осуществляется либо путем прямого внесения порошковых препаратов казеинатов кальция (натрия) или тонко измельченного казеина [с помощью оборудования, подобного тому, которое было разработано фирмой «Трикловер» («Triclover») для восстановления сухого молока], либо производится использованием раствора казеината, восстановленного концентрацией 100—120 г/л [108]. Высокая себестоимость современных технологий производства казеинов и казеинатов ведет к тому, что рентабельность такого способа опирается на искусственно создаваемую экономическую базу, заключающуюся в дотации ЕЭС, направленной на поддержку рынка этих продуктов, что делает его будущее более чем проблематичным...

Наконец, последняя возможность заключается, по-видимому, во внесении в предназначенное для переработки в сыр молоко нативного фосфоказеината, экстрагируемого методом ультрацентрифугирования из обезжиренного молока [109] или из ретантата, получаемого в результате ультрафильтрации [110]. Однако, несмотря на успехи, достигнутые в области создания высокопрочных материалов, создание необходимой установки для ультрацентрифугирования оказалось невозможным. Возможно, в недалеком будущем положение изменится благодаря исключительным механическим свойствам составных материалов.

4.2.3. Обогащение молока сывороточными белками

4.2.3.1. Обогащение молока денатурированными сывороточными белками

Растворимость сывороточных белков при любых значениях pH объясняет тот факт, что они не переходят в готовый продукт при использовании традиционных технологий сыроделия. Однако они термочувствительны и осаждаются при нагревании до температур выше 60 °С. Степень денатурации, то есть нерастворимость сывороточных белков, изменяется в зависимости от концентрации белков и сухого вещества, а также от pH, ионной силы и отношения между продолжительностью и температурой тепловой обработки [111]. Вышесказанное означает, что термизация предназначенного для переработки в сыр молока приводит к частичному переходу этих белков в нерастворимое состояние и, следовательно, увеличивает количество белков, переходящих в сыр.

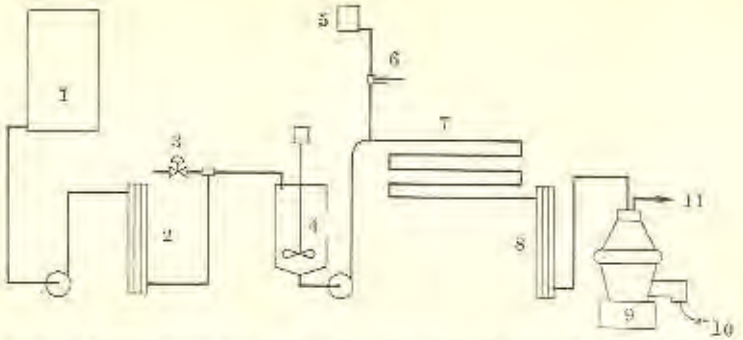


Рис. 6.13. Схема технологического процесса «Сентри-Вей», используемого для выделения сывороточных белков при производстве сыра:

1 — резервуар для сыворотки; *2* — пластинчатый подогреватель; *3* — инжектор подачи пара; *4* — выдерживатель; *5* — емкость для кислоты; *6* — инжектор кислоты; *7* — трубчатый выдерживатель; *8* — охладитель (пластинчатый); *9* — центробежный сепаратор; *10* — выход белкового концентрата; *11* — выход сыворотки после удаления белков

Теплочувствительность сывороточных белков была использована для их экстрагирования из молочной сыворотки, полученной в ходе производства в день *D*, с целью их внесения в молоко, которое перерабатывают в сыр в последующие дни. Эта технология, разработанная фирмами «Женврен» и «Альфа-Лаваль» («Genvrain», Alfa-Laval»), получила название «Сентри-Вей» («Centry-Whey») [112] (рис. 6.13). Схематически ее можно представить в виде следующих операций.

1. Нагревание обезжиренной сыворотки до температуры, близкой к температуре кипения (97 °С), с помощью инжекции пара с последующей выдержкой в танке (20 мин).

2. Подкисление соляной кислотой до pH, близкого изоточке (4,7—5), сопровождающееся выдержкой в трубчатом выдерживателе (75 с) и охлаждением до 40 °С.

3. Центрифугирование в сепараторе полузакрытого типа.

Содержание сухого вещества в получаемом таким образом белковом молоке составляет около 15%, из которых 5% составляет лактоза. Его смешивание с заводским молоком осуществляется непосредственно перед пастеризацией. Рекуперация белков достигает 92—93%, а повышение выхода сыра при использовании этой технологии может достигать 10—14%. Однако, если не считать нескольких конкретных случаев промышленного использования в производстве сыров типа камамбера и сен-ползна, эта технология не получила широкого распространения в силу нескольких причин, связанных одновременно с последствиями касательно органолептических свойств сыра, а также со сложностью обработки и использования конечного субпродукта, объясняющейся его pH и высоким содержанием ионов хлора. Дело в том, что, поскольку денатурированные сывороточные белки связывают не казеины, а воду, сыр содержит большее количество влаги; это, разумеется, выгодно с точки зрения выхода сыра и может представлять определенные преимущества в плане ускорения созревания, но это не оказывает положительного влияния на устойчивость сыра, к которой стремятся сыроделы. Возможно также, что причина частого появления горького вкуса в сырах, изготовленных по технологии «Сентри-Вей», кроется в более высокой готовности к протеолизу денатурированных белков.

В технологии «Термо», разработанной недавно фирмой «Вестфалия» («Westfalia»), для производства свежих сыров с обработанной поверхностью [13] используется также повышенная теплочувствительность сывороточных белков с кислым pH.

В соответствии с этой технологией молоко, предназначенное для переработки в сыр, вначале подвергается усиленной тепловой обработке (92 °С, выдержка 20 с), что приводит к почти полной денатурации β-лактоглобулина и иммуноглобулинов; затем сгусток, полученный с помощью внесения минимального количества сычужного фермента и подкисления молочной кислотой до pH 4,5, подвергается (после вымешивания) второй тепловой обработке (55—60 °С, выдержка 2 мин) в трубчатом теплообменнике, в результате которой происходит денатурация 70—80% α-лактоальбумина. Создатели этой технологии считают, что такая двойная тепловая обработка позволяет повысить производительность по сыру приблизительно на 10%, поскольку в сгустке, выделение сыворотки из которого производится в центробежном сепараторе, удерживается большее количество растворимых белков.

4.2.3.2. Обогащение молока нативными сывороточными белками

Столкнувшись с тройственной гетерогенностью сыров в результате традиционного способа проведения операции выделения сыворотки (вес, состав, качество), у Мобуа и др. (Maubois et al.) [114] возникла мысль о проведении раздельной концентрации основных составных элементов молока (молочного жира и белков), лежащей в основе сыроделия, непосредственно в молоке с помощью ультрафильтрации через мембрану.

Соприкосновение цельного или обезжиренного молока при умеренном давлении (от 100 до 1000 кПа) с мембраной, номинальная пористость которой составляет от 1 до 10 нм*, приводит к появлению двух жидкостей:

жидкость, проходящая через мембрану, называемая пермеатом, или ультрафильтратом. Она представляет собой водный раствор всех мелких молекул молока, главным образом лактозы (0,8 нм), растворимых минеральных солей, небелковых азотистых соединений и витаминов. По сути дела это молоко или молочная сыворотка, лишенные белковой фазы;

жидкость, задерживаемая мембраной, называемая ретантатом, или жидким предсыром, и которая в действительности представляет собой молоко, содержание в котором белков и молочного жира возрастает прямо пропорционально с увеличением объема пермеата, получаемого из определенного количества перерабатываемого молока. Если это количество равно примерно половине объема исходного молока, состав ретантата близок к составу свежего сыра, потребляемого без созревания. Если 80% исходного объема выделяется в виде пермеата, состав этого полуфабриката сыра идентичен составу мягкого сыра. И наконец, состав прессуемого сыра типа сен-ползна или гауды достигается в том случае, когда доля пермеата составляет 86% общего объема молока, подвергнутого ультрафильтрации.

Достаточно внести в этот жидкий полуфабрикат сыра молочнокислую закваску (внесение может быть проведено перед ультрафильтрацией или во время нее) и сычужный фермент, и через несколько десятков минут будет получен сыр, состав и окончательные размеры которого будут соответствовать характеристикам того сыра, который следовало изготовить.

По Содану и др. (Saudan et al.) [115], преимущества этой технологии (рис. 6.14) (носящей название MMV) в экономическом плане по сравнению с наиболее совершенными классическими технологиями выражаются в получении чистой прибыли, размеры которой составляют от 8 до 15% стоимости переработанного молока. Дело в том, что:

а) сохранение в сыре всех сывороточных белков в нативной форме ведет к теоретическому повышению производительности процесса переработки молока в сыр, объем которого составляет от 16 до 22% в зависимости от вида сыра. На самом деле в большинстве случаев этот теоретический прирост оказывается ниже того, который получается в действительности, поскольку упразднение операции выделения сыворотки одновременно приводит к лик-

* Баромембранные процессы с диаметром пор 1—4 нм и рабочим давлением 3—5 МПа обычно относят к обратноосмотическим (гиперфильтрационным). Наиболее распространенные параметры ультрафильтрации: размер пор 40—50 нм, давление потока 0,3—1,0 МПа. При диаметре пор 1 нм значительная часть лактозы остается в ретентате. — *Прим. ред.*

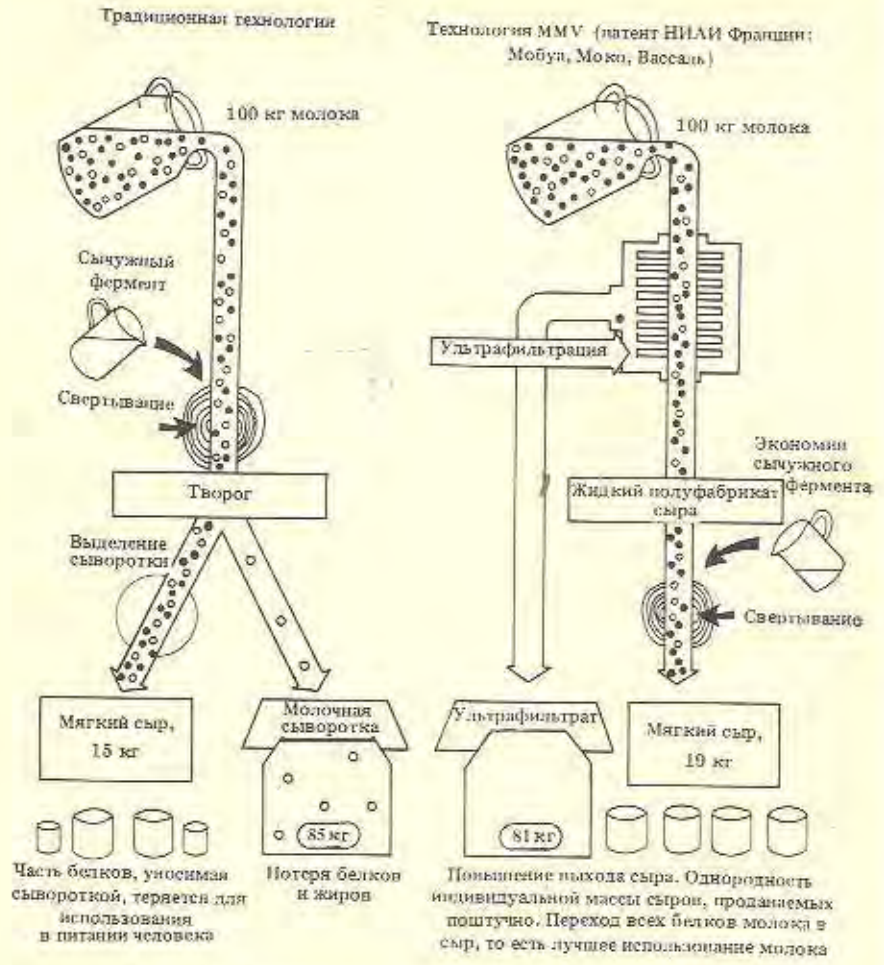


Рис. 6.14. Традиционная технология и технология MMV

видации потерь мелких частиц казеина (сырной пыли) и переходу в сыр, изготавливаемый из подвергаемого ультрафильтрации молока, казеиномакропептида (5% по массе от казеинов молока), тогда как при использовании традиционной технологии 80—85% этого казеиномакропептида растворятся в сыворотке в процессе ее выделения;

б) однородность качества, состава и, что самое главное, масса позволяют значительно снизить размер допуска по массе для сыров, продаваемых поштучно (мягкие сыры). Стандартные отклонения, получаемые в условиях промышленного производства [с использованием оборудования «Каматик» («Camatic») фирмы «Альфа-Лаваль»]*, составляют ±1,5 г против ±15 г, получаемых при использовании обычных технологий;

в) поскольку размер доз сычужного фермента, необходимых для достижения установленной длительности свертывания молока, не зависит от концентрации белков в полуфабрикате сыра, это обеспечивает экономию до 85% фермента.

* См. часть VI, главу 21; 2.

Основной элемент технологии ультрафильтрации — мембрана. Ее химическая, физическая, физико-химическая и микробиологическая устойчивость, а также механическая прочность обусловливают технологическую продуктивность и экономическую рентабельность метода. Основная часть существующего ныне мирового «мембранного парка» (120 000 м²) состоит из мембран, выполненных на основе полисульфонового полимера, отличающегося более высокой теплостойкостью (75—80 °С) и более высокой устойчивостью по отношению к pH (от 2 до 12), чем мембраны первого поколения, изготовляющиеся на основе ацетилцеллюлозы. В конце семидесятых годов на рынке появилось третье поколение мембран, имеющих минеральное происхождение (циркон на графитовой подложке). Их теплостойкость (400 °С), механическая прочность (4000 кПа) и физико-химическая устойчивость (в пределах всего диапазона pH) оказываются наиболее выгодными при получении продуктов с очень высокой вязкостью, таких, например, как жидкие полуфабрикаты сыров, предназначенные для переработки в прессованные сыры [117, 118].

Сборка используемых при ультрафильтрации мембран может осуществляться в виде четырех пространственных компоновок:

плоская конфигурация (толщина пленки жидкости между мембранами составляет от 0,5 до 2,5 мм);

трубчатая конфигурация (диаметр от 6 до 25 мм);

волоконная конфигурация (диаметр около 1 мм);

спиралевидная конфигурация (плоский модуль расположен вокруг трубчатого коллектора пермеата).

Выбор модульной конфигурации или сочетания конфигураций определяется целым рядом технических и экономических параметров.

Рабочие характеристики: начало прохождения молекул через мембрану, максимальный уровень концентрации белков.

Стоимость капиталовложений: от 10 000 до 30 000 франков на 1 м² площади мембран, включая стоимость вспомогательного оборудования, по данным 1982 г.

Эксплуатационные расходы: энергоснабжение, очистка, срок службы мембран.

Размеры используемых производственных площадей: площадь, занимаемая 1 м² мембран, уменьшается в пятьдесят раз при переходе от трубчатой конфигурации к волоконной.

Выбор параметров использования мембранной ультрафильтрации для обработки молока, предназначенного для производства, определяется общими критериями, свойственными этой технологии, и специальными критериями, относящимися к готовому продукту, который необходимо получить.

Наилучшим средством обеспечения компромисса между максимальной диффузией пермеата через мембрану, управлением развития микроорганизмов, наносящих ущерб реологической эволюции ретантатов, и отсутствием тепловой денатурации сывороточных белков (при продолжительности их пребывания в технологическом оборудовании в условиях промышленного производства в течение 20—30 мин) является рабочая температура, составляющая обычно 50—55 °С. Повышению температуры на 1 °С в пределах до 60 °С соответствует повышение на 3%/°С начала проникновения молекул через мембрану. Таким же образом гидравлические параметры (обычно $Re > 2000$, а скорость потока от 2 до 5 м/с) создают оптимальный компромисс между расходами на энергоснабжение и ограничением явления концентрационной поляризации (утолщением динамической мембраны).

Пористость самой мембраны и поляризующего слоя, образующегося в месте контакта с ней, не должна вызывать задерживания лактозы в полуфабрикате сыра. В противном случае в готовом сыре могут появиться пороки, указанные в 4.2.1.

Поскольку, как было показано Брюлем и др. (Brule et al.) [119], концентрация коллоидных минеральных веществ в процессе ультрафильтрации происходит в тех же пропорциях, что и концентрация казеинов, следует регулировать степень минерализации полуфабриката сыра по необходимому значению, характерному для каждого вида сыра, с тем чтобы избежать про-

изводственных дефектов, объясняющихся повышением буферной способности сырных масс. Такое регулирование осуществляется с помощью следующих средств:

ультрафильтрация предварительно сквашенного молока;

внесение хлористого натрия в ретантат в процессе или по окончании ультрафильтрации (использование кальций-натриевого обмена на уровне мицелл казеина);

диафильтрация ретантата (с помощью чистой, соленой или кислой воды с добавкой или без добавки лактозы).

Как следует из обзора, проведенного недавно Дельбеком (Delbeke) [120], практически все виды сыров из молока, подвергаемого ультрафильтрации, уже производятся. Промышленная реализация метода идет от доведения до стандарта содержания белков в заводском молоке (до значений, составляющих, как правило, от 45 до 90 г/л), до получения продуктов с высокой степенью концентрации (210—220 г белков/л и даже 310 г/л), если ультрафильтрация с диафильтрацией сочетается с испарением и использованием оборудования, обеспечивающего обработку рабочей поверхности скребковыми устройствами [121, 122]. Наиболее обработанной является технология изготовления сыра фета, общий мировой объем производства которого в 1982 г. составил более 100 000 т. Помимо повышения выхода сыра, достигающего 32% [123], использование технологии MMV для производства этого вида продукции ведет к радикальному упрощению технологии (при относительном снижении стоимости капиталовложений), поскольку свертывание полуфабриката происходит непосредственно в таре, используемой для продажи сыра. Другими видами промышленного использования технологии MMV являются (в порядке убывания): свежие сыры, потребляемые без созревания (типа фасель), и в меньшей степени мягкие сыры.

Благодаря прогрессу, достигнутому в области материала мембран и опорных конструкций ведущиеся в настоящее время разработки касаются свежих сыров, потребляемых без созревания. Их производят без обработки поверхности, с заменой ультрафильтрационных установок центрифугами, используемыми для обработки сгустка (Мао и др.) (Mahaut et al.) [124]*. Они касаются также изготовления новых видов мягких или полутвердых сыров [119] и выпуска «сырых основ», являющихся промежуточными продуктами, предназначенными либо для производства новых видов сыров, либо для плавления [122].

Молочная смесь может также обогащаться концентратом сывороточных белков, получаемым путем мембранной ультрафильтрации. Вносить эти концентраты можно после дестабилизации с помощью тепловой обработки при 90—95 °С и выдержке в несколько минут [126] (с предварительным подщелачиванием или без него, с добавлением или без добавления ионов кальция) или же без проведения дестабилизации. Но в последнем случае необходимо исключительно строгое соблюдение технических условий, касающихся составления смесей и выдерживания установленных концентраций, поскольку именно оно обеспечивает максимальное сохранение белков в сгустке [127]. Естественно, размер прибавочной стоимости, получаемой при использовании технологий этих двух типов на сыродельных заводах, зависит от имеющихся свободных количеств молочной сыворотки, а также от характеристик и режимов эксплуатации имеющихся установок ультрафильтрации; однако результаты, полученные в условиях промышленного производства, показывают, что приблизительно 5—10% обезжиренного молока, запускаемого в переработку с использованием традиционной технологии, могут быть заменены концентратами сывороточных белков без ущерба для органолептических свойств сыра.

Последняя возможность обогащения предназначенного для переработки в сыр молока сывороточными белками заключается, видимо, во внесении в него белковых концентратов, полученных методом ионообменной хроматографии [128] типа «Сферосил» («Spherosil») или других типов. По мнению авторов, подобное внесение следует использовать лишь при невозможности использования других решений, поскольку высокая степень чистоты получаемых концентратов (отношение между белками и сухим веществом 90%) предназначается для применения в качестве функциональных добавок при второй или третьей переработке пищевых продуктов, или производства диетических продуктов, а не для использования в сыроделии.

* См. часть VI, главу 21; 1.3.

4.3. Переработка молока, подвергнутого охлаждению и хранению

Ж. Ленуар, Н. Шнайд*

Охлаждение молока на молочной ферме с последующим хранением при температуре 3—4 °С в течение двух-трех суток широко практикуется в крупных районах, специализирующихся на производстве молока, и во всех крупных странах — производителях молочных продуктов. Основные преимущества этой технологии заключаются в обеспечении более высокого качества молока в бактериологическом отношении, в снижении расходов, связанных с его сбором, а также в улучшении условий работы на фермах и сыродельных заводах. Однако эта технология может влиять на молоко, предназначенное для переработки в сыр, в частности, на его способность к сычужному свертыванию. Это объясняется тем, что при охлаждении в молоке происходит целый ряд физико-химических изменений, которые связаны с касающейся технологией.

4.3.1. Влияние охлаждения молока на его физико-химические свойства

Охлаждение молока сказывается на содержащемся в нем казеине и солевом балансе. Это приводит к изменениям на уровне мицелл казеина.

4.3.1.1. Влияние охлаждения молока на фракции казеинового комплекса

Известно, что гидрофобные связи играют важную роль в коагуляции казеинов, участвующих в образовании субмицелл**. При снижении температуры эти связи (установление которых соответствует позитивному энтропийному изменению) ослабевает. Такой эффект выражается в переходе казеинов в растворимую форму; это относится, в частности, к β-казеину, имеющему тенденцию к выделению из мицеллы путем перехода в растворимую форму. Действительно, некоторые авторы наблюдали [129, 130], что не подвергнутый центрифугированию казеин, выделяемый при 0—4 °С, содержал 50—60% β-казеина, против 30—35% в растворимом казеине, выделенном при 25 или 35 °С. Переход в растворимое состояние наблюдается также (но в меньшей степени) и у κ- и α_s-казеинов. Действительно, при хранении молока в условиях низких температур происходит весьма значительное повышение содержания в нем растворимого казеина, возрастающее с 4—6% при 20—25 °С до 15—16% при 2—4 °С (табл. 6.9) [129—132]. Переход в растворимое состояние только β-казеина не может служить единственным объяснением столь значительного роста. Согласно данным, полученным различными авторами [131, 133—135], доля β-, α_s- и κ-казеинов, перешедших в растворимое состояние после 48 ч хранения при 4 °С, соответственно составляет 18,5 и 5% общего объема казеинового комплекса, но наблюдалось также, что β-казеин способствует повышению содержания растворимого казеина почти до 90% [135 bis].

* J. Lenoir, N. Schneid.

** См. часть I, главу 1.

6.9. Влияние охлаждения молока на фракции казеинового комплекса

Автор	Температура и продолжительность хранения	Процентное содержание растворимого казеина по отношению к общему содержанию казеина
Влияние охлаждения на содержание растворимого казеина		
Роз (Rose) (1968) [129]	35 °С, 2 ч	7—9
	4 °С, 15 ч	14—23
Миками и Миура (Mikami, Miura) (1974) [130]	25 °С	5,8—6,1
	2 °С	12,5—16,3
Леон и др. (Leone et al.) (1981) [132]	20 °С	3,2—4,5
	4 °С, 40 ч	11,6—19,3

Автор	Температура хранения, °С	Процентное содержание β-казеина
Влияние охлаждения на состав растворимого казеина		
Роз (1968)	35	34,0
[129] (а)	4	47,0
Дауни и Мэрфи (Downey, Murphy)	30	30,0
(1970) [131] (б)	5	44,0
Али и др. (Ali et al.)	20	36,5
(1980) [135] (в)	4	49,7

Примечания:
а) Хранение: 2 ч при 35 °С и одна ночь при 4 °С, центрифугирование: 78 000 g — 1 ч.
б) Хранение: 4—6 ч при 30 и 5 °С, центрифугирование: 38 000 g — 2 ч.
в) Хранение: от 0 до 1 ч при 20 °С и 48 ч при 4 °С, центрифугирование: 38 000 g — 2 ч.

Результат хранения молока в условиях пониженных температур может также выражаться в повышении содержания γ-казеина и компонентов 5-й и 8-й протеозопептонных фракций [136]. Последнее объясняется двумя причинами: переходом плазмина из мицеллярной фазы в сывороточную, объясняющимся активацией фермента и переходом в растворимое состояние β-казеина, который, как известно, является наиболее предпочтительным субстратом для его (фермента) активности. Такое изменение, имеющее необратимый характер, начинает оказывать определенное влияние с технологической точки зрения только в том случае, если продолжительность хранения молока в условиях низких температур превышает 48 ч.

4.3.1.2. Влияние охлаждения молока на солевой баланс

При охлаждении молока происходит изменение балансов растворимой фазы с диссоциацией комплекса цитрата Са и фосфата кальция $CaHPO_4$. Активность ионов Ca^{+1} повышается, и часть коллоидного фосфата кальция переходит в состояние раствора. Охлаждение молока приводит, таким образом, к заметному повышению содержания растворимого кальция и растворимого неорганического фосфата в ущерб их мицеллярным формам (табл. 6.10). В молоке, хранившемся в течение 48 ч при 3—4 °С, отмечалось повышение содержания растворенного ионного кальция, близко к 10 и 20% [132, 134]; что касается содержания растворимого неорганического фосфора, то происходило его параллельное повышение приблизительно на 8—10% [132, 134]. Этот частичный переход в растворимое состояние кальция и фосфата не зависит от содержания белков и мицеллярных минеральных веществ [138]; он тесно связан с повышением растворимости фосфата кальция ($CaHPO_4$) в условиях низких температур [139].

6.10. Влияние охлаждения молока на состояние солевых равновесий (в % от значений, полученных на контрольной пробе свежевыдоенного молока, не подвергавшегося охлаждению)

Минеральное вещество	Кэйст (1979) [137]	Али* и др. (1980) [135]	Леон* и др. (1981) [132]
Растворенный кальций	126	113 (106—122)	111 (110—112)
Ионы кальция	—	—	118 (110—125)
Растворимый неорганический фосфор	113	107 (104—111)	111 (104—117)

* Средние и предельные значения, полученные в результате четырех экспериментов.

6.11. Влияние охлаждения молока на размеры казеиновых мицелл

Охлажденное молоко	Казеин, выделяемый при центрифугировании*				Растворимый казеин**
	1	2	3	4	
Молоко после хранения в течение 15 ч при 20 °С	11,6	28,0	26,8	23,8	9,8
Молоко после хранения в течение 40 ч при 4 °С	7,0	16,8	18,5	34,5	23,2

* 1. Осадок после центрифугирования обезжиренного молока: 6 мин, 23 000 g.
2. То же, для верхнего слоя I: 9 мин, 70 000 g.
3. То же, для верхнего слоя II: 30 мин, 70 000 g.
4. То же, для верхнего слоя III: 120 мин, 70 000 g.
** Верхний слой IV. Результаты указаны в процентах к общему содержанию казеина.

4.3.1.3. Изменения, происходящие в мицелле казеина

В результате частичного растворения при охлаждении коллоидного фосфата кальция происходит уменьшение размеров мицелл, поскольку известно, что фосфат кальция принимает участие в формировании мицеллы, играя роль своего рода цемента в пространстве между субмицеллами (см. часть I, главу 1).

Таким образом, коллоидная фаза охлажденного молока более мелкодисперсна, чем коллоидная фаза свежевыдоенного молока [135] (табл. 6.11). Авторы считают, что причинами происходящего при этом значительного увеличения доли растворимого казеина могут быть следующие: снижение содержания в мицеллах казеина минеральных веществ, происходящее в результате перемещения фосфата кальция, и ослабление гидрофобных связей, выражающееся в сильном переходе в растворимое состояние β-казеина. Кстати, оба эти явления не являются независимыми друг от друга: действительно, было установлено, что коллоидный кальций, перешедший в раство-

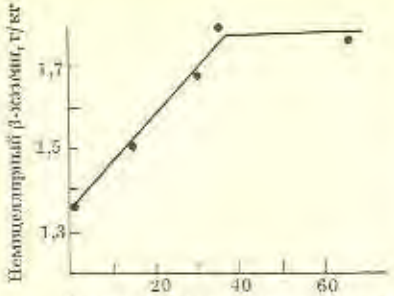


Рис. 6.15. Зависимость между переходом в растворимое состояние мицеллярного кальция и β-казеина [139]

римое состояние при охлаждении, тормозит выделение β-казеина, а усиление миграции мицеллярного кальция способствует переходу в растворимое состояние β-казеина, увеличивая относительное содержание этого белка, связанного гидрофобными связями (рис. 6.15).

При охлаждении молока параллельно с уменьшением размеров мицелл казеина повышается степень их гидратации. Исследование изменения содержания воды в осадках, полученных в результате ультрацентрифугирования, показало, что после выдержки в течение 24—48 ч при 3—4 °С это повышение достигало 35% [132].

Итак, охлаждение молока и его продолжительное хранение в условиях низких температур приводят к значительным физико-химическим изменениям в мицеллах казеина. Следует отметить, что, несмотря на обратимый характер этих явлений, обратный процесс, предполагающий установление обмена между коллоидной и водной фазами, всегда происходит медленно. Опыт показывает, что для восстановления первоначальных размеров мицелл и содержания кальция, растворенного в молоке, которое в течение 48 ч хранилось при 2—4 °С, его следует выдерживать в течение 18—24 ч при 20 °С для восстановления балансов минеральных веществ [131, 140], исходного состава и размеров мицелл [135 bis]. Из этого, однако, не следует, что процесс имеет полностью обратимый характер, поскольку восстановление балансов минеральных веществ не всегда сопровождается восстановлением мицеллярной структуры. Например, нет никакой уверенности в том, что перешедший при охлаждении в растворимое состояние β-казеин вернется в состав мицеллы в исходном состоянии с прежними ассоциативными связями и местами локализации.

4.3.2. Влияние охлаждения на сычужную свертываемость молока

В предыдущих разделах книги* уже говорилось о том, что на способность молока к сычужному свертыванию влияют содержание коллоидного фосфата кальция и размеры мицелл.

Из этого следует, что на этой способности сказывается и охлаждение молока. В частности, при охлаждении происходит увеличение длительности свертывания, снижается плотность геля, усложняется выделение сыворотки [141, 142].

4.3.2.1. Влияние охлаждения на длительность свертывания молока

Длительность свертывания и подвергнутого охлаждению молока значительно выше, чем у свежевыдоенного, но пределы этого увеличения могут быть весьма различными (от 7% [143] до 27% [144] после хранения в течение 48 ч при 3 °С). Недавно Леон и др. [132] наблюдали, что в сборном молоке, полученном от стада приблизительно в сто голов, увеличение длительности составило 7, 11 и 14% после хранения 24, 48 и 70 ч при 2—3 °С (табл. 6.12).

* См. часть II, главу 6; 2.3.

6.12. Влияние охлаждения молока на его сычужную свертываемость (средние и предельные значения, полученные в результате пяти экспериментов) [132]

Показатель	Контрольная проба свежевыдоенного молока, 20 °С	Молоко, подвергнутое охлаждению и хранившееся при 2—3 °С в течение (в % к значениям контрольной пробы)		
		24 ч	48 ч	68 ч
Длительность свертывания, мин	14,1 (10,5—17,1)	107 (105—108)	111 (108—116)	114 (110—120)
Прочность на разрыв (относительные показатели)	100 (80—140)	86 (75—98)	72 (62—78)	64 (56—69)
Сопротивление деформации (относительные показатели)	100 (85—125)	91 (85—100)	91 (81—96)	90 (85—95)
Потеря сгустка, уносимого сывороткой, г/л	18,5 (14,2—21,6)	108 (106—115)	119 (108—139)	123 (112—136)
Влажность сгустка, г/100 г	75,6 (70—82)	100 (97—102)	102 (100—105)	106 (100—115)

4.3.2.2. Влияние охлаждения молока на реологические свойства сгустка

Сгусток, полученный из молока, подвергнутого охлаждению, имеет меньшую плотность, он менее прочен и вследствие этого с бо́льшим трудом поддается механической обработке, чем сгусток, приготовленный из свежевыдоенного молока. Данные, представленные в таблице 6.12, ясно демонстрируют различие реологических свойств сгустков. Так, после хранения молока в течение 48 ч при 3 °С разрывная прочность и плотность сгустка соответственно снижаются на 72 и 90% их исходных значений. Можно отметить также, что увеличение продолжительности хранения в условиях низких температур с 24 до 48 или 72 ч выражается в ощутимом снижении плотности сгустка (рис. 6.16) [135, 145].

4.3.2.3. Влияние охлаждения молока на выделение сыворотки из сгустка

Меньшая плотность сгустка объясняет меньшую его прочность. В результате при определенной механической обработке сгустка повышаются опасность его разрушения и потери его мелких частиц с сывороткой.

Это ясно показывают данные, приведенные в таблице 6.12. Здесь можно заметить, например, что при хранении молока в течение 48 ч при 3 °С потери в виде сырной пыли возрастают приблизительно на 20% по сравнению с контрольным образцом.

В сыроделии получение менее плотного и менее прочного сгустка выражается, как правило, в том, что сыворотка выделяется с большим трудом и не полностью. Этот результат не всегда наблюдался в производстве опытных партий [141]. Следует отметить, что различия, указанные в таблице 6.12, не всегда бывают показательными, во всяком случае, если продолжительность хранения составляет 24 и 48 ч. Напротив, Вассаль и Оклер (Vassal, Auclair) [146] удалось установить значительные различия в объеме удержания сыворотки сырной массой между мягкими сырами, изготовленными из свежевыдоенного молока, и сырами, изготовленными из молока, хранившегося в течение 48 ч при 5 °С. По результатам шести экспериментов средняя масса сыра, полученного из 100 кг молока, соответственно составила 13,9 кг

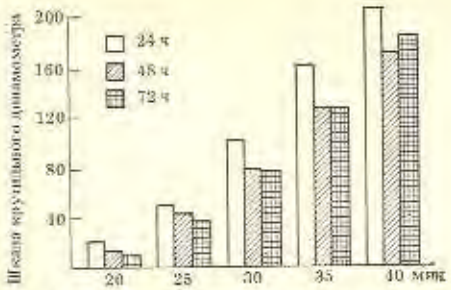
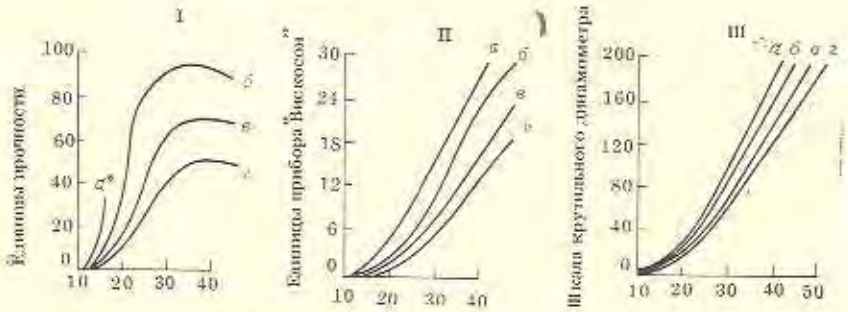


Рис. 6.16. Влияние охлаждения молока на реологические свойства сычужных сгустков: на диаграмме — плотность сычужных сгустков, полученных из молока, хранившегося в течение 24, 48 и 72 ч при 5 °С [145]; на графиках — плотность сгустков, полученных из сборного молока, хранившегося при 4 °С в течение 24, 48 и 72 ч [134]



I. Прибор Хатфельда II. Вискосон III. Крутильный динамометр (торсиометр)

а – Свежевыдоенное молоко;

б – Молоко после хранения в течение 24 ч при 4°С;

в – Молоко после хранения в течение 48 ч при 4°С;

г – Молоко после хранения в течение 72 ч при 4°С.

*Неисправность прибора.

при использовании свежевыдоенного молока и 15,8 кг — молока, подвергнутого охлаждению; это значит, что повышение содержания воды в сыре составило около 30%.

Итак, охлаждение молока и его хранение в условиях низких температур снижают его сыропригодность. Это становится особо ощутимым при хранении в течение 48 ч и более. Эта потеря не является, однако, невосполнимой, поскольку большая часть вызывающих ее физико-химических изменений имеет обратимый характер. Дело лишь в том, что восстановление исходных свойств молока происходит медленно, слишком медленно для того, чтобы нагревание молока до температуры сычужного свертывания могло вернуть охлажденному молоку ту сыропригодность, которой обладает свежевыдоенное молоко.

4.3.3. Средства коррекции состава охлажденного молока и их влияние на его сычужную свертываемость

Существует целый ряд средств, использование которых в отношении охлажденного молока позволяет ускорить ход указанных выше обратимых процессов восстановления его исходных свойств и, в частности, способности к сычужному свертыванию, близкой к способности свежевыдоенного молока

6.13. Влияние некоторых методов коррекции на сычужную свертываемость охлажденного молока [147]

Показатель	Охлажденное молоко после хранения в течение 48 ч при 3 °С	Использование различных средств коррекции охлажденного молока в течение 48 ч при 3 °С			
		внесение 0,2 г/л $CaCl_2$	выдержка в течение 2 ч при 30 °С	подкисление до pH 6,5	созревание (15 ч при 10 °С; 0,1% закваски)
Длительность свертывания	111 (4)	64 (2)	103 (1)	74 (16)	91 (4)
Разрывная прочность	72 (5)	200 (63)	94 (33)	164 (65)	100 (31)
Сопротивление деформации	90 (6)	124 (15)	108 (9)	111 (11)	101 (5)
Потеря сгустка с сывороткой	119 (13)	88 (6)	115 (18)	99 (6)	104 (1)
Влажность сгустка	102 (5)	104 (7)	103 (1)	103 (6)	101 (7)

Примечание. В таблице приведены данные, полученные в результате пяти экспериментов. Средние значения (и стандартные отклонения) указаны в процентах по отношению к значениям, полученным на молоке, не подвергавшемся охлаждению.

6.14. Влияние некоторых методов коррекции на охлажденное молоко при производстве мягкого сыра [147]

Показатель	Внесение $CaCl_2$	Подкисление до pH 6,5	Созревание (16 ч при 12 °С)	10%-ное обогащение	
		$CaCl_2$	$CaCl_2$	обезжиренным сухим веществом	белками
Время «схватывания»	76	66	44	106	108
Максимальная плотность сгустка	107	115	113	124	115
Плотность через 45 мин после заквашивания сычужным ферментом	140	200	—	145	117
Потеря сгустка с сывороткой	83	—	73	126	81

Примечание. Результаты указаны в процентах по отношению к контрольному образцу (охлажденное молоко, хранившееся в течение 48 ч при 4 °С). В ходе испытаний перед внесением сычужного фермента и после коррекции проводилась часовая выдержка при 30 °С в присутствии 1% молочнокислой закваски.

[141, 142]. Среди этих средств следует назвать внесение солей кальция, подогрев или термизацию, подкисление, созревание, а также обогащение молока сухим веществом или белками.

4.3.3.1. Внесение солей кальция

Внесение в молоко, хранившееся в течение 24—48 ч при 3 °С, хлористого кальция даже в незначительном количестве, ограниченном 80 мг/л, позволяет восстановить длительность свертывания и плотность сгустка на уровне их исходных значений [144]. Данные, приведенные в таблицах 6.13 и 6.14,

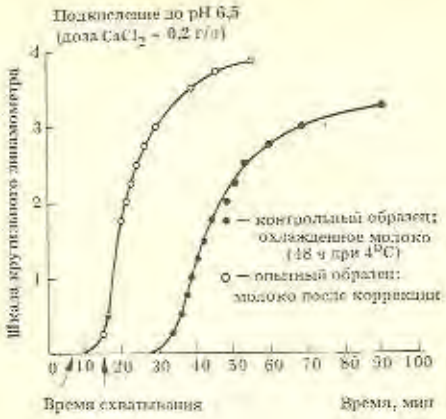


Рис. 6.17. Влияние комбинированного воздействия подкисления и внесения хлористого кальция на изменение прочности сгустка [150]

взятые из работы Амрама и др. (Amram et al.) [147], показывают, что доза хлористого кальция 0,2 г/л вполне достаточна для того, чтобы устранить последствия 48-часового хранения при 3—4 °С.

В этом случае действительно сокращается длительность свертывания, повышается разрывная прочность сгустка, увеличивается скорость его уплотнения, улучшается связность и значительно сокращаются потери сгустка с сывороткой. Испытания, проведенные в рамках выпуска опытных партий продукции, показывают, что эффективность такой обработки может быть повышена с помощью выдержки молока (после внесения кальция) при температуре, близкой к 30 °С, в течение одного часа перед внесением сычужного фермента [147]. К аналогичным выводам пришел Рамэ с сотрудниками (Ramet et al.) [148] после проведения испытаний по коррекции охлажденного восстановленного молока; эти авторы считают, что после хранения молока в течение 48 ч при 4 °С следует внести в него хлористый кальций из расчета 0,15 г/л, а затем в течение часа выдержать его при температуре 30—35 °С.

4.3.3.2. Нагревание и термизация молока

В результате испытаний, проведенных в рамках опытного производства, было установлено, что нагревание молока до 50 °С (с выдержкой 30 мин) в сочетании с внесением хлористого кальция не оказывает сколько-нибудь значительного воздействия на плотность сгустка и его способность к синерезису [147]. Тем не менее Реймердес и др. (Reimerdes et al.) [149] констатировали, что в отсутствие внесения кальция длительность свертывания молока, подвергавшегося охлаждению, может быть возвращена на уровень, соответствующий свежеыдоенному молоку, с помощью термизации (45 °С, выдержка 80 мин или 60 °С, выдержка 35 мин); кроме этого, такая обработка позволяет восстановить скорость уплотнения сгустка. Было также установлено, что пастеризация молока (72 °С, выдержка 15 с) позволяет сократить время «схватывания», не обеспечивая полного восстановления способности к свертыванию; однако реакция на эту обработку разных партий молока может быть различной [137].

4.3.3.3. Подкисление молока

Способность молока к сычужному свертыванию при снижении pH усиливается: в этом случае сокращается длительность свертывания, а образующийся сгусток имеет более высокую плотность*.

В ряде технологий производства сыра свертыванию сычужным ферментом подвергается молоко, в котором уже начался процесс молочнокислого брожения. Этот способ представляет эффективное средство коррекции свойств молока. Так, подкисление молока до pH 6,5 приводит к значительному сокращению длительности свертывания, повышает разрывную

* См. часть I, главу 1.

прочность сгустка и устойчивость к деформации, ограничивает потери сгустка, уносимого сывороткой [147] (см. табл. 6.13). Результативно также его сочетание с внесением хлористого кальция [150] (см. табл. 6.14, рис. 6.17).

4.3.3.4. Созревание молока

Созревание молока в течение 15—16 ч при 10—12 °С в присутствии незначительного количества молочнокислой закваски (0,1%) способствует его свертыванию и восстанавливает реологические свойства геля [147].

В сочетании с внесением хлористого кальция созревание становится эффективным методом коррекции свойств молока: происходит заметное сокращение времени схватывания, повышается скорость уплотнения геля, возрастает его максимальная плотность, усиливается синерезис (см. табл. 6.14).

4.3.3.5. Обогащение молока обезжиренным сухим веществом

Для устранения последствий нагревания рекомендовалось, в частности, добавлять в молоко, предназначенное для переработки в сыр, сухое молоко [151], поскольку это позволяет повысить упругость сгустков. Создалось мнение, что этот способ мог бы представить определенный интерес для коррекции свойств молока, подвергавшегося охлаждению.

Однако производственные испытания по обогащению молока обезжиренным сухим веществом 10%-ной концентрации с помощью внесения порошкового препарата, полученного при низкотемпературной обработке молока, не подтверждают эту точку зрения [147]. В ходе испытаний наблюдаются увеличение длительности свертывания и повышение плотности сгустка, однако параллельно с этим замедляется синерезис и весьма ощутимо увеличивается объем потерь мелких частичек сгустка, уносимых сывороткой.

4.3.3.6. Обогащение молока белками

Ввиду того что определяющим фактором для способности молока к свертыванию и для плотности сгустков* является концентрация казеинов, обогащение молока белками с помощью ультрафильтрации может рассматриваться как возможное средство коррекции свойств молока, подвергавшегося охлаждению. Это подтверждается результатами производственных испытаний, доказывающими эффективность такой обработки [147]. Повышение содержания белков в молоке путем внесения в него ретентата, полученного после ультрафильтрации, обеспечивает получение более плотного сгустка и приблизительно на 20% снижает его потери в виде сырной пыли, уносимой сывороткой (см. табл. 6.14, рис. 6.18).

В заключение исследования, касавшегося нормализации охлажденного молока, Амрам и др. [147] рекомендуют использовать в условиях промышленного производства сыра следующие два метода:

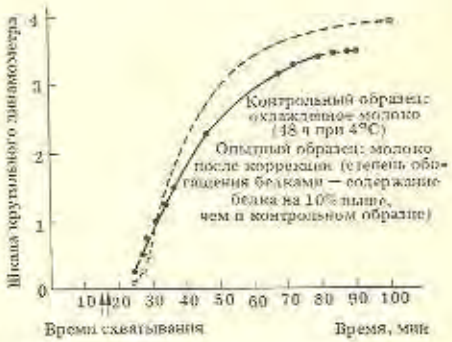


Рис. 6.18. Влияние добавки ретентата ультрафильтрации на изменение прочности сгустка [147] (● — контрольный образец, ○ — опытный образец)

* См. часть II, главу 6; 3.

1) внесение хлористого кальция в количестве 0,1—0,2 г/л в молоко, нагретое до 30 °С, менее чем за час до внесения сычужного фермента. При изготовлении мягких сыров (если это потребуется и при условии, что будут приняты все меры защиты от поражения фагами) вносить хлористый кальций можно в сочетании с созреванием пастеризованного молока (15—16 ч при 10—12 °С) в присутствии небольшого количества молочнокислой закваски;

2) обогащение молока белками (в пределах от 10 до 20%) путем ультрафильтрации или внесения в молоко ретентата ультрафильтрации в сочетании с внесением хлористого кальция. Эта мера повышает сыропригодность молока. Одновременно можно осуществлять нормализацию молока по содержанию белков, что должно обеспечивать унификацию технологических режимов, характеристик сгустка и качества готовой продукции.

4.4. Созревание молока

М. Демазо*

4.4.1. Определение и назначение

Помимо необходимости восстановления физико-химического баланса, который может нарушаться вследствие хранения молока в условиях низких температур, главная цель созревания заключается в превращении молока в оптимальную культуральную среду для микроорганизмов молочнокислых заквасок и в избежании возможного загрязнения нежелательными бактериями (болезнетворными или технологически вредными) [152].

Молочнокислые бактерии исключительно требовательны в отношении необходимых для них питательных веществ и совершенно ясно, что молоко не является идеальной средой для их развития. В частности, для их роста необходимы аминокислоты и пептиды. Последние поставляются фракцией растворимого азота молока, но дают возможность для осуществления лишь нескольких клеточных делений [153]. Поэтому необходимо, чтобы микроорганизмы закваски могли впоследствии синтезировать свои собственные протеолитические ферменты, чтобы продолжать развиваться в молоке. Это значит, что время созревания молока может стать периодом, в течение которого молочнокислые бактерии создадут свое собственное протеолитическое «машиностроение», которое позволит им размножаться в обход чрезмерно продолжительной лаг-фазы в процессе производства.

С другой стороны, некоторые штаммы молочнокислых бактерий способны затормаживать в молоке развитие целого ряда вредных микробов. Наиболее понятна роль штаммов *S. lactis*, выделяющих антибиотик низин [154]. Эти штаммы действуют, к примеру, на стафилококки, *Clostridium*, *Mycobacterium*. С другой стороны, *Leuconostoc cremoris* и *S. lactis* subsp. *diacetylactis* в сочетании с *S. lactis* и/или *S. cremoris* оказывают тормозящее воздействие на *Pseudomonas fragi* и *Ps. putrefaciens*. Может также затормаживаться и развитие колиформ. По мнению некоторых авторов, в качестве ингибитора выступает перекись водорода, выделяемая молочнокислыми бактериями [155].

4.4.2. Созревание с помощью внесения в молоко микроорганизмов

4.4.2.1. Рекомендуемые меры предосторожности

Качество перерабатываемого молока. Этот аспект проблемы имеет очень большое значение, поскольку использование технологии хранения охлажденного молока на фермских молочных и на сыродельных заводах создает опасность в обсеменении его психротрофными микроорганизмами.

* M. Desmazeaud.

Даже термизация молока бессильна полностью устранить эту опасность, поскольку было достоверно установлено, что хотя она и уничтожает все микробы, но неспособна полностью затормозить протеолитическую активность. В частности, это касается активности липаз психротрофных микроорганизмов, которые в процессе созревания молока способны выделять жирные кислоты, тормозящие протеолитическую или сквашивающую активность молочнокислых бактерий [156].

Опасность поражения бактериофагами. Ввиду того что созревание молока создает возможность для определенного количества клеточных делений, оно должно проводиться в максимально асептических условиях, чтобы предупредить любые поражения фагами. С другой стороны, следует осуществлять правильный подбор комбинаций штаммов, исключая случаи, при которых различные штаммы могут оказаться чувствительными к одинаковому спектру фагов.

4.4.2.2. Внесение штаммов молочнокислых бактерий

Подбор штаммов. Априори может создаться мнение, что в состав комбинаций штаммов следует включать такие, которые отличались бы своей протеолитической активностью, что позволило бы обеспечивать выделение аминокислот и пептидов, являющихся факторами роста технологически выгодных кислотообразующих и/или аромат образующих штаммов. Для предупреждения превалирования штаммов, отличающихся протеолитической активностью, между двумя пересевами можно проводить термизацию. Дело в том, что такие штаммы часто считают виновниками появления горького привкуса. В конечном итоге исследования протеолитической активности заквасок показывают, что, как правило, комбинации штаммов обладают более высокой кислотообразующей способностью, чем отдельно взятые штаммы [157].

В противоположность явлениям симбиоза, стимулирующих рост различных штаммов, существует целый ряд возможностей для подавления молочнокислых бактерий, развивающихся в молоке. Хорошо известно, что некоторые штаммы *S. cremoris* вырабатывают ингибирующее вещество (циплококцин), обладающее более высокой активностью к другим штаммам *S. cremoris*, чем по отношению к *S. lactis*. С другой стороны, определенные штаммы *S. lactis* образуют низин, представляющий собой антибиотик с более широким ингибирующим спектром; низин воздействует на большинство стрептококков. И, наконец, определенные сочетания *Leuconostoc cremoris*, *S. lactis* subsp. *diacetylactis*, используемые вместе с *S. cremoris* и *S. lactis*, также образуют ингибирующие вещества. Все это наводит на мысль о необходимости проведения тщательных исследований для правильного подбора состава многоштаммовых заквасок, используемых на этапе созревания молока и в рамках технологии производства сыра. В самом деле, следует опасаться доминирования в этих заквасках отдельных штаммов. Наиболее стабильными являются многоштаммовые закваски, в состав которых входят *S. lactis*, *S. cremoris* и *S. lactis* subsp. *diacetylactis* [158].

Проведение созревания. Обычно молоко, проходящее процесс созревания, на 16—18 ч помещается в молокосозревательные ванны. После пастеризации молоко можно охладить до 20—22 °С, внести в него молочнокислую закваску (0,3%) и подвергнуть кратковременной (30 мин) выдержке при этой температуре. Затем молоко можно охладить и хранить в спокойном состоянии при 10 °С. При изготовлении мягкого сыра, для которого необходима более высокая кислотность, температура может быть выше, но в этом случае следует чаще контролировать кислотность, чтобы достичь желаемого уровня. В одном из случаев созревания молока, предназначенного для производства сыра типа голландского, Воробьев и Озоля [159] установили сокращение длительности свертывания и общее сокращение продолжительности производства. С другой стороны, на всех стадиях созревания значения показателя pH у этих сыров были ниже, чем у сыров, изготовленных из молока, не прошедшего созревания после пастеризации. Кроме этого, в опытных сырах объем микрофлоры был больше, а также наблюдалось значительное

повышение содержания общего растворимого и небелкового азота. Это означает, что в этом случае созревание молока позволило не только ускорить выполнение технологических операций, но также интенсифицировать биохимические процессы, происходящие при созревании сыра.

В своем исследовании, опубликованном в 1969 г. [160], Французский технический институт сыра грюйер* рекомендует использовать направленное кратковременное созревание молока, предназначенного для производства эмментальского сыра. Температура хранения резервируемого молока должна составлять 10 °С (в пределах от 8 до 12 °С). Затем это молоко подогревается до температур от 25 до 30 °С; цель этого нагревания заключается в том, чтобы способствовать активности мезофильных молочнокислых заквасок. В момент начала нагревания в молоко вносится закваска, состоящая из мезофильных молочнокислых ферментов (и, если необходимо, из термофильных стрептококков); доза вносимой закваски может составлять от 0,1 до 0,7% резервируемого молока (доза 0,4%, видимо, оптимальная). Продолжительность фазы роста составляет от 50 до 30 мин и зависит от размеров дозы. Контроль созревания проводится с помощью резазуриновых проб.

В 1982 г. Амрам с сотрудниками [165] предложил использовать созревание молока, подвергнутого охлаждению, в качестве способа, служащего для устранения недостатков, связанных с этим видом его хранения. Созревание проводилось в течение 15—16 ч при температуре 10—12 °С в присутствии 0,1% закваски. В некоторых случаях его можно было сочетать с внесением хлористого кальция (0,2 г/л молока при 30 °С за 1 ч до внесения сычужного фермента). Обычно созревание молока в течение 16 ч при 12 °С в присутствии закваски приводило к значительному сокращению времени схватывания и к более быстрому уплотнению геля. При изготовлении прессуемого сыра авторы наблюдали (при проведении созревания в сочетании с внесением хлористого кальция) эффект двойного воздействия этих видов обработки: сокращение времени схватывания и повышение плотности геля.

При изготовлении мягкого сыра использование только созревания позволяло сокращать время схватывания более чем на 40%. Полученный гель быстрее уплотнялся и имел значительно более высокую максимальную плотность. Сыворотка в большем объеме выделялась при формовании, а сгусток (на этой стадии) лучше выдерживал механическую обработку. Это приводило к снижению потерь сгустка, уносимого сывороткой. Сочетание созревания с внесением хлористого кальция давало в этом случае дополнительный эффект.

В заключение авторы считают необходимым сказать, что если для изготовления некоторых видов сыра (камамбер, рокфор) [166] созревание молока представляется полезным, то для других (чеддер, грюйер) оно имеет гораздо меньшее значение. В конечном итоге окончательное решение о его проведении или об отказе от него, а также решение о способах его реализации должен принимать сам сыродел.

4.4.2.3. Внесение протеолитических микрококков

Поскольку выше было ясно показано, что протеолиз молока, в результате которого происходит образование веществ, активизирующих молочнокислые бактерии, в известной степени создает для них питательную среду, созревание молока при условии проведения контроля над ним может осуществляться с помощью казеолитических микрококков. Для обеспечения оптимальной активизации может быть использован целый ряд способов. Например, в молоко, резервируемое в процессе производства сыра, вносят микрококки (1%) как в случае продолжительного (12—18 ч при 10 или 12 °С), так и кратковременного созревания (4—6 ч при 30 °С). Обсеменение молока микрококками можно проводить одновременно с внесением молочнокислых ферментов или поочередно с ним. Присутствие казеолитических микрококков оказывает исключительно положительное воздействие на *Streptococcus thermophilus* [161].

* L'Institut Technique du Gruyere.

4.4.3. Перспективы развития технологии предварительного созревания молока: использование экзогенных ферментов

Созревание молока можно было бы также проводить с использованием лактазы (β-галактозидазы) или протеазы. Дело в том, что оба эти типа ферментов могут снабжать молочнокислые бактерии сахарами или же азотистыми веществами в форме, обеспечивающей прямое их усвоение.

4.4.3.1. Проведение созревания с внесением лактазы

Результаты, полученные после испытаний по предварительному созреванию молока с внесением β-галактозидазы, отличаются противоречивостью в отношении оценки ее способности стимулировать процесс сквашивания. Создается впечатление, что эта способность тесно связана с используемыми штаммами. По-видимому, она активизирует мезофильные стрептококки и не оказывает воздействия на лактобациллы или термофильные стрептококки [162].

4.4.3.2. Проведение созревания с внесением протеазы

Опыты по внесению в молоко, предназначенное для переработки в сыр, небольших количеств протеазы проводились различными исследователями. В результате было установлено, что это позволяет обеспечивать направленное стимулирование сквашивающей способности определенных штаммов молочнокислых бактерий, сократить продолжительность разработки сгустка (с повышением его плотности) и ускорить биохимические процессы, происходящие при созревании (при улучшении консистенции и повышении содержания растворимого азота). При подборе протеаз необходимо соблюдать две меры предосторожности: с одной стороны, следить за тем, чтобы не было никаких потерь в плане выходов сыра, с другой — не допускать появления горького привкуса [163].

4.4.3.3. Проблемы регламентации

Обычно внесение в предназначенное для переработки в сыр молоко ферментов требует получения специального разрешения санитарных органов. Дело в том, что выбор ферментативных препаратов требует особой тщательности, поскольку последние не должны представлять никакого риска для потребителя с точки зрения токсичности, внося действительный позитивный вклад в технологию производства того или иного вида сыра. В рамках сложившейся в настоящее время во Франции ситуации не разрешается использовать ферментативные препараты для проведения созревания молока, предназначенного для производства сыров, претендующих на присвоение им марочных названий [167].

4.5. Отделение бактерий центрифугированием

Ж.-Л. Бержер*

Возможности использования центробежной силы для удаления из молока микроорганизмов исследовались Симонаром (Simonart) (Бельгия) еще в 50-е годы. Результатом этих исследований явилось создание промышленной технологии, названной ее авторами бактофугированием, в которой центрифу-

* J. L. Bergere.

тирование сочетается с нагреванием молока. Для обозначения этого типа обработки в настоящее время используется также такое определение, как центробежное бактоотделение молока.

Этот метод нашел применение в различных промышленных технологиях молочной промышленности, но наибольшее развитие он получил в сыроделии, где его используют для очистки молока от спор *Clostridium tyrobutyricum*, присутствие которых вызывает в некоторых сырах появление пороков, связанных с маслянокислым брожением.

Принцип метода основан на том, что плотность микроорганизмов несколько превышает плотность молока, поэтому они могут оседать под действием центробежной силы и удаляться из молока. На практике эта операция выполняется на потоке с использованием оборудования, напоминающего центробежные очистители или осветлители, используемые для физической очистки молока, но они имеют более высокую частоту вращения, а величина центробежного ускорения на краях тарелок или в приемниках шлама, действию которой подвергаются бактерии, составляет от 7 до 9000*g* (*g* — локальное ускорение силы тяжести). Бактерии, собирающиеся в периферийной части барабана, постепенно удаляются в виде суспензии, концентрирующейся в обезжиренном молоке, через сопла небольшого диаметра (0,4—0,6 мм). Обычно 2—4 сопла располагаются в средней части барабана. Объем этот суспензии, называемой бактофугатом, концентратом или шламом, зависит главным образом от количества и диаметра сопел. В среднем он составляет 2—3% объема обрабатываемого молока, но может достигать и 4%. Однако часть одновременно осаждающихся бактерий и содержащихся в молоке тяжелых частиц не отводится через отверстия, а остается прижатой к стенкам барабана, что создает необходимость в его периодической очистке и сокращает срок его службы. В настоящее время имеются модели с открывающимся барабаном или автоматической системой очистки, программируемое срабатывание которых (например, в течение 15—20 с через каждые 20—40 мин) позволяет производить разгрузку шламоприемников без остановки оборудования; в этом случае осадок отводится вместе со шламом.

Эффективность такого бактоотделения выражается в проценте бактерий (или спор), удаляемых вместе со шламом в процессе центрифугирования; ее рассчитывают на молоке до и после центрифугирования. Это делается либо путем периодических отборов проб в процессе обработки, либо с помощью непрерывного отбора пропорциональной части молока, проходящего через систему, либо, наконец, на основе разовых отборов проб сборного молока. Последний способ более сложен и не всегда оказывается показательным. В этом случае надежное определение эффективности бактофугирования возможно лишь в том случае, если после обработки остается достаточное для подсчета количество спор.

Уже в начале работы создатели описываемой технологии установили, что на ее эффективность в значительной степени влияет температура, при которой проводится центрифугирование молока. Они пытались объяснить это тем, что повышение температуры якобы способствует сепарации, снижая вязкость молока, но, как мы увидим дальше, роль нагревания заключается не только в этом. Поэтому бактофугирование почти всегда (по меньшей мере в сыроделии) проводится при температурах, лежащих в пределах между 56 и 57 °С, и при температурах пастеризации (72—74 °С). Это означает, что в большинстве случаев бактоотделитель монтируют после установок термизации или пастеризации (или в ответвлении линии секций регенерации), в результате чего молоко претерпевает дополнительную выдержку, которой не следует пренебрегать.

Что касается обычной микрофлоры молока, то часть бактерий может уничтожаться и при нагревании в процессе центрифугирования (эффект тепловой выдержки), и поэтому затруднительно точно определить действительную эффективность только центрифугирования; ввиду этого в большей части встречающихся в литературе данных, касающихся процента удаления бактерий, речь идет о совместном действии обоих видов обработки. Эти данные у разных авторов не только бывают различными, разногласия наблюдаются также и между данными, полученными в ходе нескольких испытаний,

проводившихся в рамках одного эксперимента: так, при температурах от 55 до 57 °С указанные значения изменяются в пределах от 56 до 97,0%, а при температурах 62—63 °С — от 80 до 99%. Это неудивительно, поскольку эффективность центрифугирования зависит не только от условий обработки, но также и от типа микроорганизмов, и, возможно, от предшествующей обработки молока. При сочетании центрифугирования молока с пастеризацией появляется возможность повышения эффективности последней: например, если пастеризация при 72 °С позволяет уничтожить 99,2% общего содержания бактерий, ее проведение в сочетании с бактофугированием при температуре 56—57 °С позволяет довести общий размер уменьшения количественного содержания бактерий и спор до 99,83%. Несмотря на то что воздействие бактоотделения на некоторые полезные для сыроделия бактерии пока еще изучено недостаточно хорошо, все-таки можно заметить, что, например, по имеющимся в литературе данным, процент удаления пропионовокислых бактерий составляет 97—98% при температуре 68—72 °С и лишь 90% при 46 °С.

Тем не менее эта технология используется в основном как средство очистки молока от спор маслянокислых бактерий. В противоположность предшествующему случаю эти споры не удаляются с помощью нагревания молока для бактофугирования даже до 80 °С, и измеренные значения эффективности соответствуют только тому, что удаляется при центрифугировании. Некоторые из проведенных испытаний показали, что степень удаления спор *C. tyrobutyricum* зависит от температуры бактофугирования. В диапазоне температур от 60 до 75 °С уровень удаления медленно, но повышается с 95,8 до 97% и достигает 99,7% лишь в случае проведения бактофугирования при 80 °С. Кроме этого, наблюдается довольно сильный разброс результатов бактоотделения между различными испытаниями; этот разброс представляется тем выше, чем ниже оказывается температура обработки, так, при 65 °С он изменяется в пределах от 91,4 до 99,6%.

Воздействие температуры на эффективность бактоотделения объясняется не только изменениями вязкости молока, но также, весьма вероятно, и присутствием агглютининов. Действительно, было доказано, что молоко содержит антитела, способные агглютинировать споры *C. tyrobutyricum* и/или уносить их вместе с жировыми шариками. Эти агглютинины, частично инактивируемые уже при 75 °С, полностью инактивируются при 80 °С и должны играть роль ограничивающего фактора в удалении спор центрифугированием до тех пор, пока температура не станет достаточно высокой для их уничтожения.

Процентные показатели удаления спор *C. tyrobutyricum*, полученные другими авторами, имеют те же порядки величин, что и указанные в предыдущем примере: они составляют от 90 до 98% при температурах 56—60 °С (наиболее распространенные температуры), достигают 99,2% при 78 °С, но равны лишь 83,9% при 46 °С. Для конкретных установок эффективность несколько выше при снижении подачи молока, но различие оказывается незначительным, по меньшей мере, при рассмотренных изменениях подачи (в пределах от 85 до 125% обычной подачи). Кроме того, данные по этому вопросу весьма немногочисленны. В установке с автоматической очисткой во время промывки создаются возмущения, которые, видимо, оказывают отрицательное воздействие на степень удаления маслянокислых бактерий, вследствие чего эффективность снижается в течение нескольких минут после каждой промывки.

Приводя в целом к снижению количества спор *C. tyrobutyricum* в исходном молоке, указанный метод бактофугирования, несомненно, оказывает влияние на появление порока, что зависит прежде всего от степени бактериальной загрязненности молока. Действительно, эффективность центрифугирования как средства предупреждения порока определяется начальной обсемененностью молока, процентом удаления микробов, то есть условиями использования оборудования и, разумеется, типом изготовляемого сыра, технологией его производства и продолжительностью созревания. Эта эффективность может быть самой разной, начиная от обычной задержки в появлении порока с изменением (или без изменения) интенсивности его про-

явления и кончая полным его исчезновением. При производстве сыра с высокой температурой второго нагревания (типа эмментальского) центрифугирование при температуре 60—63 °С обычно позволяет избегать появления порока, если степень загрязнения молока не превышает 1000—3000 спор на литр.

При большем загрязнении положение изменяется, и, даже если порок не проявляется характерным для него образом в течение некоторого времени, при анализе все-таки обнаруживаются анормальные концентрации масляной кислоты.

Касательно других прессуемых сыров (с высокой или низкой температурой второго нагревания) французского или иностранного типа технология бактоотделения также оказывается эффективной при незначительном уровне загрязнения молока спорами микроорганизмов. Напротив, для сыра типа гауда центрифугирования недостаточно для того, чтобы препятствовать появлению порока, даже если количество спор составляет менее 1000 на литр. Тем не менее оно становится эффективным, если его проводить в сочетании с внесением 2,5 г нитрата на 100 л молока (если не применять центрифугирование необходимая доза нитрата составляет 15 г на 100 л).

Если не говорить об аспекте маслянокислого брожения, бактофугирование не оказывает сколько-нибудь заметного влияния на технологию изготовления и состав сыров, ни на их органолептические свойства. Следует все же заметить, что его использование приводит к определенному изменению консистенции сырного теста, становящейся более эластичной и более плотной, особенно у сыров с высокой температурой второго нагревания. Это положение в значительной степени поддается исправлению за счет внесения соответствующих изменений в технологию и особенно за счет возврата шлама в молоко после стерилизации. В то же время у сыров с высокой температурой второго нагревания формирование рисунка сыра происходит в виде крупных и редких глазков; это объясняется удалением части пропионовокислых бактерий, а также изменением консистенции молока пропионовокислыми бактериями. И наконец, следует принимать во внимание, что одно из неудобств бактофугирования заключается в образовании концентрата, или бактофугата, то есть обезжиренного молока, отводимого через отверстия в барабане центрифуги (и с помощью промывок водой) и содержащего бактерии и тяжелые частицы казеинов.

Следует отметить, что при бактофугировании также отмечается снижение содержания белков в пределах от 0,5 до 1,5 г/л обработанного молока, а вытекающие из этого потери выхода сыра составляют от 4 до 9%. Концентрат практически не содержит жиров, но содержание в нем сухого вещества может достичь 18%, а белков — 13%. Приведенные значения являются, однако, максимальными и часто оказываются различными в зависимости от используемого оборудования и условий эксплуатации. Повышенное содержание микроорганизмов в бактофугате делает его весьма неустойчивым (с микробиологической точки зрения), поэтому, чтобы предотвратить его потерю, обработка его должна проводиться быстро. Он может подвергаться повторному центрифугированию с последующим использованием в производстве продукции, нечувствительной к порокам, связанным с маслянокислым брожением. В этом случае теряется лишь вторичный бактофугат, объем которого незначителен. Более предпочтительна непрерывная стерилизация бактофугата в небольшой установке УВТ-нагрева, позволяющая использовать его для производства других продуктов или возвращать в молоко, предназначенное для производства сыра (споры *C. tyrobutyricum* полностью уничтожаются в силу своей относительно низкой теплоустойчивости). Это не создает осложнений для технологии сыроделия, позволяет избежать потерь готовой продукции и, по мнению авторов, устраняет указанные выше изменения консистенции.

4.6. Другие виды обработки молока, предназначенного для переработки в сыр, и дополнительные средства, вносимые в молоко

Ж.-Л. Бержер*

Помимо видов обработки и веществ, описанных в предыдущих разделах, во Франции и других странах практикуется (или предписывается в административном порядке) использование целого ряда других видов обработки и вспомогательных средств; это делается в целях улучшения микробиологических свойств молока, используемого в сыроделии, а также для предупреждения некоторых пороков микробиологического происхождения, в частности, маслянокислого вспучивания сыров. Несмотря на то что в настоящей книге дается раздельное описание этих обработок и вспомогательных веществ, имеется прямой смысл использовать их в различных сочетаниях между собой или в сочетании с другими обработками (например, с бактофугированием).

4.6.1. Бактериологическая очистка молока с помощью отстоя сливок

С момента появления центробежных молочных сепараторов гравитационный способ выделения сливок почти полностью перестал использоваться, за исключением лишь некоторых традиционных технологий, подобных, например, технологии производства сыра грана, где он играет определенную роль в бактериологической очистке молока. Действительно, как уже упоминалось в разделе, посвященном бактофугированию, молоко содержит иммуноглобулины, способные, по меньшей мере частично, прикреплять бактерии к жировым шарикам, к которым они сами уже прикреплены, и таким образом при достаточном количестве бактерий склеивать их между собой. Таким образом, более или менее значительная часть бактерий может уноситься вместе со сливками или верхним слоем молока, богатым жиром. Степень эффективности этого метода как средства удаления бактерий зависит не только от агглютинирующей способности молока, но также и от собственной эффективности отстоя сливок (от способности молока к отстаиванию и условий проведения отстоя).

Отстаивание сливок и бактоотделение могут быть активизированы посредством нагревания молока до 35—40 °С с быстрым последующим охлаждением до 14—18 °С; при использовании емкости небольшой высоты (от 7,5 до 1,8 см) можно за три часа получить плотный слой сливок при достаточно хорошем бактоотделении. В этих условиях при изготовлении сыра грана после 12 ч выдержки молока в состоянии покоя в резервуаре небольшой высоты метод отстаивания сливок позволяет снизить количественное содержание общей микрофлоры в пределах от 92 до 99%; при этом количественное содержание *Clostridium* будет снижено на 84,2—92,4%.

Проведенные во Франции испытания по гравитационному выделению сливок из молока, предназначенного для производства эмментальского сыра, с дополнительным внесением сливок позволили достичь снижения количественного содержания спор *Clostridium* в пределах до 99% (в жировой фазе, выделенной после 12—36 ч выдержки в состоянии покоя) и обеспечили производство в зимний период сыра без видимого порока, связанного с развитием маслянокислых бактерий.

Тем не менее использование этого метода для обработки больших объемов молока и в контексте современного сыроделия создает определенные проблемы; кроме этого, когда речь идет о жирных сырах типа эмментальского, необходимо подвергать жировую фазу молока обработке типа УВТ-нагрева для уничтожения спор *C. tyrobutyricum* и лишь после этого возвращать

* J. L. Bergere.

ее в молоко, а объем этой фазы достаточно велик. Для снижения уровня загрязнения жировой фазы молока спорами можно подвергать ее бактофугированию.

И, наконец, следует заметить, что центробежный метод сепарирования сливок в отличие от гравитационного позволяет удалить вместе со сливками лишь относительно небольшое количество бактерий.

4.6.2. Внесение нитратов

Использование нитратов в сыроделии* оправдано тем фактом, что они представляют собой весьма эффективное средство предупреждения маслянокислого вспучивания сыра. Его рекомендовалось использовать также для предупреждения развития колиформ, но основания для этого аспекта его использования гораздо менее оправданы, поскольку его эффективность носит случайный характер, а в особенности потому, что существуют другие средства борьбы с колиформами.

Как и в случае с *Clostridium*, на *C. tyrobutyricum* действует не собственно нитрат, а образующийся из него нитрид, и весьма небольших количеств этого соединения (от 10 до 100 мг/кг) оказывается достаточно для того, чтобы затормозить рост микроорганизмов из спор (для достижения подобного эффекта потребовалось бы от 2 до 5% нитрата).

Условия действия нитрата в сыроделии были хорошо изучены в случае производства прессуемых сыров, в частности, сыров типа голландского, для которых его используют в целом ряде стран. Обычно азотнокислый калий и натрий вносятся в молоко перед его переработкой; оттуда они частично переходят в сыр и частично уносятся сывороткой. Торможение роста *C. tyrobutyricum* осуществляется в этом случае за счет нитрита, образующегося из нитрата главным образом под действием фермента молока (ксантиноксидазы), который затем прекращает свое существование в сыре. Этот фермент, полностью уничтожающийся при нагревании до температуры выше 80 °С (выдержка 10 с), сохраняется в молоке, нагреваемом до 74 °С (выдержка 10 с), в количестве, достаточном для восстановления нитрата в нитрит в сыре и для предупреждения маслянокислого вспучивания. Определенную роль в этом превращении могут сыграть и некоторые бактерии, но в зависимости от их количества это может оказаться в большей или меньшей степени преждевременным.

Подавление маслянокислого вспучивания нитритом зависит от следующих факторов: концентрация используемого нитрата, вид обработки молока, pH сыра через 24 ч после изготовления, содержание сухого вещества в сыре и особенно содержание соли, количество спор *C. tyrobutyricum* в исходном молоке и, наконец, присутствие микроорганизмов, способных восстанавливать нитрат в нитрит и, главное, разлагать образовавшиеся нитриты. Было с полной очевидностью установлено, что нитрит препятствует появлению маслянокислого вспучивания в течение периода созревания, когда концентрация соли в сыре еще слишком низка для того, чтобы играть роль ингибитора, но затем, когда содержание нитрита, снижаясь, становится само по себе недостаточным, главную роль в подавлении маслянокислых бактерий, продолжающих существовать в сыре, начинает играть соль.

Количества нитрата, используемые на практике при производстве прессуемых сыров, не превышают 20—30 г на 100 л молока и составляют в среднем от 10 до 20 г (количество 8,5 г является именно тем минимальным эффективным уровнем, который необходим для молока, не слишком загрязненного спорами). При производстве сыров с высокой температурой второго нагревания использование нитрата отличается большей сложностью и не нашло широкого применения главным образом из-за опасности подавления пропионовокислого брожения. Дозы 5—7 г нитрата на 100 л молока уже

* Во Франции внесение нитрата в молоко и молочные продукты запрещено, но это не относится к другим странам, где этот метод разрешается использовать при соблюдении определенных условий.

оказываются эффективными, если молоко содержит не слишком большое количество спор; при использовании более высоких доз эффективность возрастает, но начинает наблюдаться воздействие нитрата на образование рисунка, а также могут наблюдаться бледный цвет теста и в некоторых случаях пороки, связанные с появлением горького вкуса. Тем не менее авторы считают возможным устранить порок рисунка, изменив дозу внесения пропионовокислых бактерий или применив некоторые закваски, способные разлагать нитрит.

Количество нитрита, образующегося в сыре в течение первых недель созревания, зависит от начальной дозы нитрата, внесенного в молоко, но затем происходит его снижение до очень низкого уровня — менее 0,5 мг/кг (в данном случае речь идет о сыре гауда), даже если количество используемого нитрата достигает 60 г/100 л. Соединениями, опасными для здоровья потребителей, являются не столько нитрит, сколько нитрозамины (канцерогенные вещества), которые могли бы образовываться в сыре. Но до настоящего времени не наблюдалось, чтобы использование нитрата приводило к образованию в сыре нитрозаминов.

Напротив, использование этого метода влечет за собой образование молочной сыворотки с повышенным содержанием нитрата и особенно нитрита в тех случаях, когда она подвергается последующей концентрации и сушке; это может привести к определенным затруднениям при производстве кормов для скота (молодняка) и особенно при производстве продуктов питания для населения. Этот недостаток можно устранить, добавляя нитрат в виде водяного раствора соответствующей концентрации, но не в молоко, а в сгусток после удаления большей части сыворотки. В этом случае загрязняется лишь незначительная часть сыворотки, которая может быть выведена из технологического цикла или зарезервирована в каких-то определенных целях. Разумеется, эта практика допустима лишь в отношении тех случаев, когда есть возможность удалять значительную часть сыворотки, не нарушая требований технологии. Помимо описанного выше, рекомендовались также и другие решения, заключающиеся в обработке сыворотки методом ионообмена или электродиализа в целях ее максимальной очистки от образовавшихся нитрата и нитрита.

4.6.3. Лизоцим

Лизоцим представляет собой фермент, присутствующий во многих выделениях животных и человека; его среднее содержание в женском молоке составляет 390 мг/л, в то время как коровье молоко содержит лишь 130 мкг. Выпускаемый в продажу в настоящее время лизоцим изготовляется из яичных белков. Этот основной белок сохраняет устойчивость при кислом pH даже при довольно высокой температуре, но лабилен при щелочном pH.

Лизоцим, называемый еще мурамидазой, осуществляет гидролитическое расщепление остатков *N*-ацетилмурамовой кислоты и 2-ацетамидо-2-дезокси-*D*-глюкозы пептидогликана, соединения, присутствующего в стенках большинства бактерий, особо значительные содержания которого отмечаются у грамположительных бактерий. Его активность выражается в лизисе бактериальных клеток в культуре, вследствие чего происходят торможение роста и отмирание клеток, несмотря на то, что создается впечатление, что литическая активность лизоцима — не единственная причина этого явления. При этом следует отметить, что все виды (или штаммы) бактерий отличаются различной степенью активности по отношению к лизоциму, а некоторые из грамположительных бактерий даже абсолютно устойчивы по отношению к действию этого фермента.

Заслуга установления роли лизоцима из куриного белка в сыроделии принадлежит Пулаи (Pulay)*. В 1967 г. он добавил куриный белок в молоко,

* Во Франции действует временное разрешение на использование лизоцима в производстве немарочных прессуемых сыров с высокой или низкой температурой второго нагревания; это разрешение распространяется также на плавленые сыры.

предназначенное для переработки в сыр, и обнаружил способность лизоцима к предупреждению маслянокислого вспучивания. За истекший период были опубликованы другие работы, посвященные этой проблеме, и сейчас лизоцим начинают использовать в практике сыроделия*.

Фермент не оказывает воздействия на споры *C. tyrobutyricum* (даже проросшие), но торможение роста бактерий из спор или вегетативных клеток обнаруживается, начиная с количеств 400—500 ед/мл (то есть 20—25 мкг лизоцима при 20 000 ед/мг), и становится полным лишь при количествах, превышающих 1000—2000 ед/мл (в зависимости от штаммов и количества инокулята). При промежуточных концентрациях происходит лишь более или менее значительная задержка роста, величина которой зависит от дозы лизоцима; затем рост продолжается приблизительно с той же скоростью (это объясняется тем, что часть популяции клеток *C. tyrobutyricum* оказывает сопротивление действию фермента).

Как правило, заметный ущерб образованию используемыми в сыроделии молочнокислыми бактериями кислоты начинает наблюдаться при концентрации лизоцима, превышающей 1000—2000 ед в одном миллилитре молока, но у некоторых лактобацилл торможение может происходить при количествах менее 1000 ед мл. Следовательно, необходимо учитывать это при использовании лизоцима в сыроделии. Что касается пропионовокислых бактерий, то дозы величиной от 2000 до 5000 ед/мл не оказывают на них никакого влияния.

Испытания, проведенные в процессе производства прессуемого сыра тильзит, показывают, что внесение в молоко дозы лизоцима в размере 500 ед/мл служит эффективным средством предупреждения маслянокислого вспучивания сыра при обсемененности молока в пределах от 160 до 5000 спор/л. Эта доза лизоцима не привела к нарушению технологического процесса, и даже незначительное увеличение длительности свертывания не вызвало заметных изменений консистенции продукта. Дозы менее 400 ед/мл ослабляют проявление порока, не приводя к полному его предупреждению, напротив, при дозах выше 500 ед/мл качество сыров не улучшилось, и авторы исследования считают, что лизоцим мог бы нанести ущерб сквашиванию. В сыре гауда лизоцим (500 ед/мл) препятствует маслянокислому брожению лишь при незначительном количестве спор (<5/10 мл молока). Наконец, проведенные исследования позволили установить, что около 90% лизоцима, вносимого в молоко, удерживается в сгустке за счет фиксации казеинами, не наносящими ущерба его активности.

Если говорить об эмментальском сыре, то испытания, проведенные во Франции вначале в рамках опытного производства и на небольших сырах, а затем на заводе, показывают, что внесение в молоко лизоцима из расчета 625 ед/мл не приводит к ощутимым для сыродела изменениям технологических параметров: продолжительности периода между сычужным свертыванием и резкой сгустка, скорости уплотнения и поведения сгустка. Это не оказывает также заметного влияния на скорость сквашивания, pH и содержание сухого вещества через 24 ч после изготовления, особенно при подборе стойких заквасок. Наконец, использование лизоцима не ведет к торможению пропионовокислого брожения, и даже если пребывание в теплом сырохранилище продлевается, то это происходит из-за того, что маслянокислое брожение заторможено. Действительно, количества спор и отношение между количествами масляной и пропионовой кислот в сырах, изготовляемых с использованием лизоцима, гораздо ниже, чем в контрольных образцах, что приводит к заметному улучшению их качества, основным объяснением которого служит тот факт, что образование рисунка происходит с меньшими усилиями и приводит к гораздо меньшему количеству пороков типа маслянокислого вспучивания. Тем не менее, если использование лизоцима в производстве этого типа сыра и дает определенную возможность для подавления маслянокислого брожения, это подавление не становится полным, по всей вероятности, потому, что часть популяции *C. tyrobutyricum* оказывает сопротивление воздействию лизоцима подобно тому, как это наблюдалось в культуральной среде.

Имеющиеся в настоящее время данные, касающиеся результатов экспериментов, проведенных в отношении данного метода, недостаточны для оценки его действительной ценности и границ его применения как средства борьбы против маслянокислого вспучивания сыра, а также для определения возможностей его использования в сочетании с другими средствами предупреждения этого порока.

* Первыми сообщили о положительных результатах использования в сыроделии лизоцима куриного белка А. Гудков, СССР и Е. Шарп, Великобритания (Goudkov A. V., Sharpe M. E., 1965. *Journal of Applied Bacteriology*, 28, p. 63). — *Прим. ред.*

4.6.4. Перекисно-каталазная обработка (ПК-обработка)

Использование перекиси водорода (H_2O_2), являющейся бактерицидным и бактериостатическим агентом, было рекомендовано для повышения бактериологического качества молока, перерабатываемого на сыродельных заводах, и нашло практическое применение в ряде стран*.

Используемая для ПК-обработки перекись водорода должна быть пищевого качества; в частности, она не должна содержать тяжелых металлов, а ее разбавление водой должно производиться непосредственно перед употреблением. После ПК-обработки следует обязательно уничтожать оставшуюся неиспользованной перекись путем добавления в молоко каталазы, что позволяет предупредить воздействие перекиси на молочнокислые закваски. Количество каталазы и продолжительность ее воздействия должны быть достаточными для разложения всей перекиси водорода с обязательным контролем этого разложения.

Бактерицидная эффективность ПК-обработки зависит от используемого количества H_2O_2, продолжительности ее воздействия до внесения каталазы, температуры, количества естественной каталазы (лейкоцитарной и бактериальной), присутствующей в молоке, а также от типа микроорганизма, подлежащего уничтожению.

Этот окислитель (перекись водорода) может оказывать воздействие на некоторые составные части молока (витамины, альдегиды, кетоны и белок, в частности, на казеины), последствия которого могут выражаться, например, в увеличении длительности сычужного свертывания и появлении более мягкой консистенции сгустка. Поэтому в сыроделии не следует прибегать к использованию чрезмерных количеств H_2O_2, ограничивая продолжительность ее воздействия. Используемое количество H_2O_2 составляет менее 0,1%, а продолжительность обработки не должна превышать 40 мин при 50—55 °С; обычно она составляет от 5 до 20 мин. Каталаза вносится в молоко, нагретое до температуры сычужного свертывания. В США был рекомендован и применен на практике для производства сыров типа чеддера и эмментальского (Swiss cheese) метод ПК-обработки, в рамках которого проводилось непрерывное внесение H_2O_2 (максимум 0,05%) в молоко непосредственно перед термизацией (54,5 °С, выдержка 15—25 с), сопровождающейся охлаждением до 32—34 °С и внесением каталазы в сыродельную ванну. В качестве примера можно привести следующий факт: 25-минутная обработка с внесением 0,06% H_2O_2 при температуре 52—53 °С позволяет уменьшить общее количественное содержание общей флоры более чем на 99,9% и приводит к практически полному удалению всех колиформ и пропионовокислых бактерий, что создает необходимость в повторном обсеменении молока.

Наконец, ПК-обработка также оказалась эффективной в плане борьбы с маслянокислым вспучиванием в различных типах сыра. Однако применяемые концентрации и условия использования H_2O_2 абсолютно не обеспечивают или обеспечивают лишь незначительное уничтожение спор *C. tyrobutyricum* в молоке даже при нагревании последнего до 60 °С, хотя рядом авторов

* Метод ПК-обработки запрещен законодательством Франции.

было установлено их определенное воздействие на некоторые виды *Clostridium*, содержащиеся в молоке. По мнению Пулан, H_2O_2 защищает сыр от маслянокислого вспучивания, делая его непригодным для развития *C. tyrobutyricum*; по всей вероятности, это объясняется изменением некоторых составных частей молока, например витаминов.

4.6.5. Обработка молока формальдегидом

Внесение в молоко формальдегида*, используемое в целях ограничения размножения микробов в процессе отстаивания сливок, ассоциируется главным образом с производством сыра грана в Италии, но соответствующие испытания проводились также в Египте при изготовлении сыра домиати. При использовании доз 20—45 мг/кг это соединение бактериостатически воздействует на общую флору, в значительной степени подавляет развитие колиформ, но оказывается гораздо менее эффективным в отношении протеолитических бактерий и спор *Clostridium* и не способствует развитию молочнокислых бактерий в ущерб другим видам микроорганизмов. Количества формальдегида, устанавливаемые в готовом сыре, составляют лишь около 1% общих количеств, вносимых в молоко, а его бактериостатическая активность становится невысокой (тем более что он, по меньшей мере частично, разлагается в процессе созревания). Формальдегид не оказывает заметного воздействия ни на технологию производства, ни на созревание сыра и не изменяет характеристик готового продукта. Тем не менее, если формальдегид и оказывается неэффективным против маслянокислого вспучивания сыра грана, он позволяет тормозить пропионовокислое брожение и таким образом предупреждает образование рисунка, вызываемого пропионовокислыми бактериями.

4.6.6. Низин и ингибирующие закваски

Некоторые штаммы *S. lactis* выделяют полипептидный антибиотик низин, отличающийся довольно высокой теплоустойчивостью и проявляющий активность в отношении грамположительных бактерий, к которым, кстати, относятся все остальные молочнокислые бактерии. У спорообразующих бактерий и, в частности, *C. tyrobutyricum* этот антибиотик осуществляет подавление вегетативных форм, но блокирует также и момент окончания прорастания спор. Кроме этого, он усиливает действие нагревания на споры, несмотря на то, что создается впечатление, что он не влияет на теплоустойчивость.

Низин, который не используется в терапии, нашел себе применение в пищевой промышленности, преимущественно в производстве плавленых сыров**, где он позволяет вести успешную борьбу против вспучивания, происходящего из-за *Cl. tyrobutyricum* или других *Clostridium*.

Низин вносят в сырную массу перед плавлением в количестве от 100 до 300 ед/г сыра. Для этого используют препараты, выпускаемые промышленностью, или чаще всего закваску, приготовленную на основе низиногенного штамма. Во втором случае необходимо осуществлять периодический контроль закваски и с особой тщательностью относиться к ее приготовлению, поскольку низиногенные штаммы отличаются очень высокой чувствительностью к фагам.

Использование низина для борьбы с маслянокислым вспучиванием при производстве других видов сыра представляется более сложным, поскольку низин не должен оказывать тормозящего воздействия на нормальный процесс молочнокислого брожения. Для этого сыродел должен располагать достаточным количеством низиностойких штаммов различных видов молочнокислых бактерий, используемых в сыроделии, что позволит создать ротационную систему, решающую проблему борьбы с бактериофагами. И наконец,

* Использование формальдегида запрещено законодательством Франции.

** Использование низина разрешено французским законодательством для производства плавленых сыров.

низин не должен поддаваться разложению в сыре вносимыми в него или содержащимися в нем микроорганизмами, что создает дополнительные затруднения в плане контроля.

В прессуемых сырах, для которых исследователи смогли подобрать определенные виды стойких мезофильных стрептококков, удалось, насколько известно авторам, получить удовлетворительные результаты. Этот метод для сыроделов ПНР и СССР оказался рентабельным при непродолжительном использовании на молоке, сильно загрязненном маслянокислыми бактериями. Напротив, для сыров с высокой температурой второго нагревания использование этого метода в настоящий момент невозможно из-за отсутствия соответствующих заквасок: дело в том, что исследователям пока еще не удалось провести селекцию термофильных низиностойких лактобацилл, а те штаммы *Str. thermophilus*, которые обладают стойкостью по отношению к низину, содержат низиназу, разрушающую антибиотик. Кроме того, возникают затруднения со стороны низиностойких пропионовокислых бактерий.

С другой стороны, было установлено, что некоторые бактерии, в частности, молочнокислые, оказывают тормозящее воздействие на *Cl. tyrobutyricum* иным путем, помимо низина. Это относится, например, к некоторым лактобациллам, производящим перекись водорода: было доказано, что они могут, по меньшей мере частично, влиять на появление и степень проявления порока маслянокислого вспучивания в сырах, в которых они присутствуют естественным образом. Тем не менее использование этих штаммов в виде заквасок, вносимых в заводское молоко, не позволило получить воспроизводимых результатов и пока не нашло практического применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sandine W. E., Radich P. C. et Elliker P. R., 1972. J. Milk Food Technol., 35, 176—185.
2. Thomas S. B., Hobson P. M., Bird E. R., King K. P., Druce R. G. et Cox D. R., 1962. J. Appl. Bacteriol., 25, 107—115.
3. Twomey A. et Crawley W. E., 1969. N.Z.J. Dairy Technol., 3, 44—48.
4. Richard J., 1983. Le Lait, 63, 148—170.
5. Thomas S. B. et Thomas B. F., 1977. Dairy Ind. Intern., 42, 19—25.
6. Richard J., 1981. J. Appl. Bacteriol., 50, 229—238.
7. Witter L. D., 1961. J. Dairy Sci., 44, 983—1015.
8. Thomas S. B. et Thomas B. F., 1973. Dairy Ind., 38, 11—15, 61—70.
9. Schourrenberger L. W., Beck W. R. et Pate J., 1971. Morbid. Mortal. Weekly Rep., 20, 427—428.
10. Marier R., Wells J. G., Swanson R. C., Callahan W. et Mehlman I. J., 1973. Lancet, 2, 1376—1378.
11. Blumel B., 1975. Archiv Lebensmittelhygiene, 26, 61—65.
12. Bergere J.-L., Rousseaux P., Ducruet P., Mocquot G. et Hermier J., 1969. Bull. Techn. Inform., n° 239, 37 p.
13. Tatini S. R., Jezeski J. J., Morris H. A., Olson Jr J. C. et Casman E. P., 1971. J. Dairy Sci., 54, 815—825.
14. Tatini S. R., Wesala W. D., Jeseski J. J. et Morris H. A., 1973. J. Dairy Sci., 56, 429—435.
15. Minor T. E. et Marth E. H., 1976. Staphylococci and their significance in foods. Elsevier Scientific Publishing Co, Amsterdam.
16. Richard J. et Auclair J., 1967. Rev. Lait. Fr., 242, 227—230.
17. Jorgensen K., 1981. Kieler Milchwirts. Forsch., 33, 289—297.
18. Richard J., 1975. 20ème Congr. Intern. Lait., Brèves communications, 92—93.
19. Piton C. et Richard J., 1982. Le Lait, 62, 67—74.
20. Chatelin Y. M. et Richard J., 1981. Le Lait, 61, 80—94.
21. Donnelly C. B., Leslie J. E. et Black L. A., 1968. Appl. Microbiol., 16, 917—924.
22. Mourgues R., Vassal L., Auclair J., Mocquot G. et Wandeweghe J., 1977. Le Lait, 57, 131—149.

23. Mourgues R., Vassal L. et Auclair J., 1967. 12ème Congr. Intern. Froid, 4—36, 1—8.
24. Richard J., 1981. Le Lait, 61, 354—369.
25. Richard J., 1982. 11th ICFMH Symposium Aalborg In Academic Press Inc., London.
26. Cogan T. M., 1977. Jr. J. Food Sci. Technol., 1, 95—105.
27. Law B. A., 1970. J. Dairy Res., 46, 573—588.
28. Feuillat M., Le Guennec S. et Olsson A., 1976. Le Lait, 56, 521—536.
29. Vassal L. et Auclair J. E., 1966. Rev. Lait. Fr., 237, 666—673.
30. Dumont J.-P., Delespaul G., Miguot B. et Adda J., 1977. Le Lait, 57, 619—630.
31. Driessen F. M. et Stadhouders J., 1971. Neth. Milk Dairy J., 25, 141—144.
32. Pinheiro A. J. R., Liska R. J. et Parmelee C. E., 1965. J. Dairy Sci., 48, 983—984.
33. Mourgues R., Accolas J.-P. et Auclair J., 1967. Rev. Lait. Fr., 243, 289—298.
34. Anderson A. W., Parker R. B. et Elliker P. R., 1955. J. Dairy Sci., 38, 1083—1088.
35. Cousin M. A. et Marth E. H., 1977. J. Food Protection, 40, 407—410.
36. Overby A. J. et Vish-Larsen M., 1966. Royal Veterinary and Agricultural College, Yearbook.
37. Auclair J., 1964. 4ème Symposium Intern. Microbiol. Aliment., S.I.K., Göteborg, Suède.
38. Reiter B., 1978. J. Dairy Res., 45, 131—147.
39. Björck L., 1982. Kieler Milchwirts. Forschungs., 34, 5—11.
40. Emmons D. B., Elliott J. A. et Beckett D. C., 1966. J. Dairy Sci., 49, 1357—1366.
41. Centre National de Coordination des Etudes et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation (CNERNA), 1981. Rev. Lait. Fr., 395, 7—17.
42. Kerherve L. et Richard J. Revue Lait. Fr., 291, 717—726.
43. Auclair J. E. et Portmann A., 1956. 14ème Congr. Intern. Laiterie, 1 (2), 17.
44. Greene V. W. et Jezeski J. J. J. Dairy Sci., 40, 1053—1061.
45. Mocquot G., Alais C. et Chevalier R., 1954. Ann. Technol., 1, 1—44.
46. Douillard R., 1973. J. Texture St., 4, 158—165.
47. Berridge N. J., 1952. J. Dairy Res., 19, 328—329.
48. Collin J. C. et Grappin R., 1977. Rev. Lait. Fr., 355, 389—394.
49. Frentz R., 1965. Le Lait, 45, 489—508.
50. Plint M., Burnett J. et Scott Blair G. W., 1967. Dairy Ind., 32, 104—105.
51. Storry J. E. et Ford G. D., 1982. J. Dairy Res., 49, 343—346.
52. Lawrence A. J., 1959. Austr. J. Dairy Technol., 14, 166—168.
53. Alais C., 1965. Industr. Lait., 218, 90—93.
54. Daigleish D. G., 1980. J. Dairy Res., 47, 231—235.
54 bis. Storry J. E. et Ford G. D., 1982. J. Dairy Res., 49, 469—477.
55. Fox P. F. et Morrissey P. A., 1972. J. Dairy Res., 39, 387—394.
56. Garnot P. et Corre C., 1980. J. Dairy Res., 47, 103—111.
57. Marshall R. J., 1982. J. Dairy Res., 49, 329—336.
58. Amram Y., Delespaul G., Vandeweghe J., Schneid N. et Lenoir J., 1982. Rev. Lait. Fr., 404, 53—57.
59. Tarodo De La Fuente B., Alais C. et Frentz R., 1969. Le Lait, 487, 400—416.
60. Schneid N., Manzanilla C. et Lenoir J., 1982. C.R. XXIème Cong. Intern. Lait., Moscou, 446.
61. Pyne G. T., 1962. J. Dairy Res., 29, 101—130.
62. Auriol P., 1961. Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys., 1, 152—162.
63. Flückler O., 1978. Schweiz. Milchw. Forschung, 7, 45—54.
64. Brule G., 1981. Rev. Lait. Fr., 400, 61—66.
65. Pyne G. T. et Mc Gann C. A., 1962. C.R. XVIème Cong. Intern. Lait., p 611.

66. Zittle C. A., 1970. J. Dairy Sci., 53, 1013—1017.
66 bis. Hostettler H. et Imhof K., 1951. Milchwissen schaft, 6, 400.
67. Kosikowski F. V. et Mocquot G., 1958. Progrès de la technologie du fromage. Editions F.A.O., Rome.
68. Sabarwal P. K. et Ganguli N. C., 1978. Indian J. of Dairy Sci., 26, 140—142.
69. Holt C. et Muir D. D., 1978. J. Dairy Res., 45, 347—353.
70. Dalgleish G., Brinkhuis J. et Payens T. A. J., 1981. Eur. J. Biochem., 119, 257—261.
71. Hossain M. A., 1976. Kieler Milchwisischaftliche Forschungsberichte, 28, 43—58.
72. Rose D., 1969. Dairy Sci. Abstr., 31, 171—175.
73. Ekstrand B., Larsson-Raznikiewicz M. et Perlmann C., 1980. Biochimica et Biophysica Acta, 630, 361—366.
73b. Waagner Nielsen E., Berntsen G., Hansen S., Larsen B. V. et Edelsten D., 1982. XXIème Intern. Dairy Cong., Vol. 1, livre 2, 257—258.
73c. Niki R. et Arima S., 1984. Jpn. J. Zootech. Sci., 55, 409—415.
73d. Okigbo L. M., Richardson G. H., Brown R. J. et Ernstrom C. A., 1985. J. Dairy Sci., 68, 1893—1896.
73e. Storry J. E., Grandison A. S., Millard D., Owen A. J. et Ford G. D., 1983. J. Dairy Res., 50, 215—229.
73f. Grandison A. S., Ford G. D., Millard D. et Owen A. J., 1984. J. Dairy Res., 51, 407—416.
73g. Grandison A. S., Ford G. D., Millard D. et Anderson M., 1985. J. Dairy Res., 52, 41—46.
73h. Remeuf F. et Lenoir J., 1985. Rev. Lait. Fr., 446, 32—40.
74. Losi G., Capella P., Castagnetti G. B., Grazia L., Zambonelli C., Mariani P. et Russo X., 1973. Scienza e Technologica degli Alimenti, 3, 373—374.
74b. Grandison A. S., Ford G. D., Owen A. J., et Millard D., 1984. J. Dairy Res., 51, 69—78.
74c. Grandison A. S., Manning D. J., Thomson D. J. et Anderson M., 1985. J. Dairy Res., 52, 33—39.
74d. Okigbo L. M., Richardson G. H., Brown R. J. et Ernstrom C. A., 1985. J. Dairy Sci., 68, 822—828.
74e. Okigbo L. M., Richardson G. H., Brown R. J. et Ernstrom C. A., 1985. J. Dairy Sci., 68, 1887—1892.
75. Mocquot G., 1967. Techn. Lait, 19, 17—31.
76. Alais C., 1965. Rev. Lait. Fr., 219, 129—135.
77. Alais C. et Stenne P., 1965. Le Lait, 45, 129—141.
78. Ardebili G. M., Camus A. et Jouzier X., 1964. Industr. Lait., 214, 375—383.
79. Tourneur C., DO Ngoc M., Lenoir J. et Veisseyre R., 1967. Le Lait, 47, 383—392, 503—519.
80. Maubois J. L., Mocquot G. et Blanc-Palin E., 1965. Industr. Lait., 222, 309—314.
81. Cheeseman G. C. et Mabbitt L. A., 1968. J. Dairy Res., 35, 135—147.
82. Babcock C. J., 1942. U.S. Dept. of Agric., Techn. Bull., 832.
83. Iwaida M. et Tsugo T., 1962. XVIème Cong. Intern. Lait., II, 707—709.
84. Humbert G., Driou A., Guerin J. et Alais C., 1980. Le Lait, 60, 574—594.
85. F. I. L., 1980. Doc 122 (révisé). Fédération Internationale de Laiterie, Bruxelles.
86. Hillier R. M. et Lyster R. L. J., 1979. Dairy Res., 46, 95—102.
87. Elfgam A. A. et Weelock J. V., 1978. J. Dairy Sci., 61, 28—32.
88. Baer D., Oroz M. et Blanc B., 1976. J. Dairy Res., 43, 419—432.
89. Sawyer W. H., 1969. J. Dairy Sci., 52, 1347—1355.
90. Smits P. et Van Brouwershaven J. H., 1980. J. Dairy Res., 47, 313—325.
91. Tessier H. et Rose D., 1958. J. Dairy Sci., 41, 351—359.
92. Brule B. et Fauquant J., 1981. J. Dairy Res., 48, 91—97.

93. Muldoon P. J. et Liska B. J., 1972. J. Dairy Sci., 55, 35—38.
94. Van Kreveld A. et Van Minnen G., 1955. Neth. Milk Dairy J., 9, 1—29.
95. Wilson G. A. et Wheelock J. V., 1972. J. Dairy Res., 39, 413—419.
96. Hurobert G. et Alais C., 1975. Rev. Lait. Fr., 99, 793—797.
97. Blanc B., 1978. Influence des procédés technologiques sur la valeur hygiénique et utritionnelle des produits laitiers. XXème Cong. Intern. Laiterie, Paris.
98. Perkin A. G., Henschel A. J. et Burton H., 1973. J. Dairy. Res., 40, 215—220.
99. Cerf O., 1982. Rev. Lait. Fr., 405, 15—17.
100. Cerf O. et Bergere J. L., 1976. Brevet français 76 30 814.
101. Richardson W. D., 1929. Method of making cheese. U.S. patent 1 711 032.
102. Etienne P., 1964. Techn. lait., 463, 13—29.
103. Berridge N. J., 1951. Enzymes and coagulation, I: Milk coagulation. The enzymes, Academic Press, New-York, 1079—1105.
104. De Boer R. et Nooy P. F. C., 1980. Desalination, 35, 201—212.
105. Maubois J.-L., Ricordeau G. et Mocquot G., 1970. La Lait, 497, 351—373.
106. Rivemale L., Assenat L. et Maubois J.-L., 1982. Résultats non publiés.
107. Portmann A., Pierre A. et Vedrenne P., 1968. Rev. Lait. Fr., 251, 97—101.
107b. Maubois J. L. et Mocquot G., 1971. Le Lait, 507, 416—420.
108. Segalen P., 1982. Communication personnelle.
109. Alais C., 1965. Ind. Lait., 218, 90.
110. Maubois J.-L., Fauquant J. et Brule G., 1974. Brevet français 7 439 311.
111. Marshall K. R., 1982. Industrial isolation of milk proteins: whey proteins, In Developments in dairy chemistry, I. Proteins. Ed. Fox. Applied Sc. Pub., London, 339.
112. Genvrain S. A., 1968. Brevets français n° 1 536 183 et 1 555 757.
113. Ott H., Dolle E. et Bucker H. (Westfalia Separator AG), 1978. German Federal Republic Patent Application n° 2 636 882.
114. Maubois J.-L., Mocquot G. et Vassal L., 1968. Brevet français n° 2 052 121.
115. Saudan M., Ziti M., Arnoux L. et Brion M., 1975. Le procédé MMV: étude économique. Rapport de synthèse, ANVAR.
116. Maubois J.-L. et Brule G., 1982. Le Lait, 62, 484—510.
117. Goudedranche H., Maubois J.-L., Ducruet P. et Mahaut M., 1980. Desalination, 35, 243—258.
118. Ducruet P., Maubois J.-L., Goudedranche H. et Pannetier R., 1981. Tech. Lait., 957, 13—16.
119. Brule G., Maubois J-L. et Fauquant J., 1974. Le Lait, 54, 600—615.
120. Delbeke R., 1982. Procédés utilisant des membranes et autres méthodes physiques. XXIème Conq. Int. Lait., D 23/14.1, Moscou.
121. De Boer R. et Nooy P. F. C., 1980. Nordeuropaeisk Mej. Tidss., (3), 52—61.
122. Ernstrom C. A., Sutherland B. J. et Jameson G. W., 1980. J. Dairy Sci., 63, 228—234.
123. Hansen R., 1977. Nordeurp. Mejeri Tidss., (9).
124. Mahaut M., Maubois J.-L., Zink A., Pannetier R. et Veyre R., 1982. Techn. Lait., 961, 9—13.
125. Delespaul G. et Remars J., 1981. Brevet français n° 2 475 361.
126. Abrahamsen R. K., 1979. Milchwissenschaft, 34 (2), 65—68.
127. Czulak J., 1982. Brevet australien n° 1682/81.
128. Malige B., 1982. Protéines animales Extraits, concentrés et isolats en alimentation humaine, Bourgeois C. M., Le Roux P. Ed., APRIA — Technique & Documentation, 191—201.
129. Rose D., 1968. J. Dairy Sci., 51, 1897—1902.
130. Mikami M. et Miura H., 1974. Japan J. Zoo. Sci., 45, 67—72.
131. Downey W. K. et Murphy R. F., 1970. J. Dairy Res., 37, 361—372.
132. Leone Y., Amram Y., Schneid N. et Lenoir J., 1981. Rev. Lait. Fr., 401, 7—18.
133. O'Connor P. et Fox P. F., 1973. Neth. Milk Dairy J., 27, 199—217.

134. Ali A. E., Andrews A. T. et Cheeseman G. C., 1980. J. Dairy Res., 47, 371—382.
135. Ali A. E., Andrews A. T. et Cheeseman G. C., 1980. J. Dairy Res., 47, 383—391.
135 bis. Davies D. T. et Law A. J. R., 1983. J. Dairy Res., 50, 67—75.
136. Reimerdes E. H. et Herlitz E., 1979. J. Dairy Res., 46, 219—221.
137. Qvist K. B., 1979. Milchwissenschaft, 34, 467—470.
138. Brule G. et Fauquant J., 1981. J. Dairy Res., 48, 91—97.
139. Pierre A. et Brule G., 1981. J. Dairy Res., 48, 417—428.
140. Davies D. T. et White J. C. D., 1960. J. Dairy Res., 27, 171—190.
141. Mocquot G., 1967. Techn. du Lait, 19, 17—31.
142. Lenoir J., Veisseyre R. et Choissy C., 1974. Rev. Lait. Fr., 322, 1—7.
143. Rapp H. et Calbert H. E., 1954. J. Dairy Sci., 37, 637.
144. Peltola E. et Vogt P., 1959. C.R. XVème Cong. Intern. Lait., 1, 268—271.
145. Chapman H. R., Sharpe E. M. et Law B. A., 1976. Dairy Ind., 41, 42—45.
146. Vassal L. et Auclair J., 1966. Rev. Lait. Fr., 237, 666—673.
147. Amram Y., Delespaul G., Vandeweghe J., Schneid N. et Lenoir J., 1982. Rev. Lait. Fr., 404, 53—57.
148. Ramet J. P., El Mayda E. et Weber F., 1981. Milchwissenschaft, 36, 143—146.
149. Reimerdes E. H., Jimenes-Peres S. et Ringqvist B. M., 1977. Milchwissenschaft, 32, 207—210.
150. Lenoir J., Schneid N., Tourneur C., Delespaul G. et Vandeweghe J., 1979. C.R. Contrat DGRST n° 75 7 10 32.
151. Dill C. W. et Roberts W. M., 1959. J. Dairy Sci., 42, 1792—1799.
152. Lenoir J., Veisseyre R. et Choisy C., 1974. Rev. Lait. Fr., 332, 453—465.
153. Mills O. E. et Thomas T. D., 1981. N.Z.J. Dairy Technol., 15, 43—55.
154. Hurst A., 1978. Nisin, In Streptococci, Skinner F. A. et Quesnel L. B. Ed. Academic Press Inc., Londres.
155. Juffs H. S. et Babel F. J., 1975. J. Dairy Sci., 58, 1612—1619.
156. Poznanski S., Surazynski A. et D'Ohyrn T., 1968. Le Lait, 48, 261—274.
157. Accolas J. P., Bloquel R., Didienne R. et Regnier J., 1977. Le Lait, 57, 1—23.
158. Babel F. J., 1977. J. Dairy Sci., 60, 815—821.
159. Vorob'ev A. I. et Ozola L. J., 1969. Techn. Lait., 641, 17—19.
160. Gardet F., 1969. Techn. Lait., 616, 9—10.
161. Desmazeaud M. J., Devoyod J. J., Feuillat M. et Grude P., 1974. XXIème Cong. Int. Lait., B6, 463—464.
162. Hemme D., Vassal L., Foyen H. et Auclair J., 1979. Le Lait, 59, 597—614.
163. Vassal L., Desmazeaud M. J. et Gripon J. C., 1982. Symp. "Utilisation des enzymes en technologie alimentaire", Dupuy P. Ed., Lavoisier Technique et Documentation, Paris.
164. Desmazeaud M. J., 1983. Le Lait, 63, 267—316.
165. Amram Y., Delespaul G., Vandeweghe J., Schneid N. et Lenoir J., 1982. Rev. Lait. Franç., 404, 53—57.
166. Tinguely P. et Pernodet G., 1985. Préparations du lait, In Laits et Produits laitiers, Luquet F. M. Ed. Technique et Documentation — Lavoisier, Paris.
167. Desmazeaud M. J., 1985. Biofutur, 35, 29—32.

Глава 7

ХАРАКТЕРНЫЕ ОШИБКИ, ДОПУСКАЕМЫЕ ПРИ СВЕРТЫВАНИИ МОЛОКА И ВЫДЕЛЕНИИ СЫВОРОТКИ

Ж. Лабле*

1. Общие сведения

Технологические отношения, возникающие при свертывании молока и выделении сыворотки, достаточно типичны и могут быть систематизированы по результатам практики, но в большинстве случаев последствия каждого отношения достаточно индивидуальны и возможность их прогнозирования на практике затруднено.

Это сводится к тому, что в большинстве случаев удается лишь устанавливать аналогии между двумя ситуациями, характеризующимися набором параметров и условий, определенных с большей или меньшей степенью точности и полноты. С другой стороны, когда причины и следствия кажутся установленными, часто получается так, что на самом деле следствия могут превратиться в причины (и наоборот) — все зависит лишь от того, под каким углом и в какой момент времени рассматривать происходящее явление.

Именно такой подход должен использоваться при разработке предварительных критериев работы сыродельного завода, касающихся основных технико-экономических показателей производства: это должно обеспечивать приемлемый уровень качества продукции при максимальной ритмичности производства — цель, к достижению которой стремится каждое предприятие. Достижение этой цели может привести к тому, что приоритет по сравнению с другими критериями отдается такому аспекту качества выпускаемого продукта, как его сохраняемость.

Использование систем дистанционного контроля производства в условиях промышленного сыроделия создает необходимость в ограничении количества цифровых показателей. При кустарном же производстве, напротив, сыродел, несущий непосредственную ответственность за свою продукцию, должен стремиться к тому, чтобы с достаточной степенью постоянства поднимать ее качество выше минимального приемлемого уровня, используя при этом какие-то дополнительные практические навыки.

Некоторые параметры невозможно представить с помощью обычных цифровых показателей, поскольку они связаны с такими аспектами, как характеристики используемого технологического оборудования. В качестве примера можно привести такой параметр, как регулирование содержания сухого вещества, связанный с целым рядом факторов, которые авторы предпочли изложить в общем виде и которые подлежат последующему уточнению или адаптации в рамках конкретного производства.

В каждом конкретном случае имеется более или менее значительная группа параметров, носящих приоритетный характер. Наблюдение за изменением лишь какой-то одной переменной в рамках анализа механизмов технологического процесса проводится, как правило, на уровне теоретических рассуждений, поскольку на практике имеют место сложные взаимодействия: например, изменение температуры повлечет за собой не только микробиологические и физико-химические изменения, но скажется также и на структуре и консистенции. Сложность взаимосвязей между параметрами вытекает хотя бы из того, что они претерпевают определенные изменения во времени.

Ниже следует оценка основных приоритетных параметров с помощью определенных выше предварительных критериев. Их роль заключается в том, чтобы обеспечивать возможность внесения тех или иных поправок в технологический процесс в зависимости от получаемых результатов.

1. Подготовка молока (исключая проблему внесения молокосвертывающих или других ферментов, поскольку их состав всегда бывает различным в каждом конкретном случае). С другой стороны, несмотря на большую важность этого вопроса, в данной главе разговор о гигиене доильного оборудования или оборудования сыродельных предприятий, а также о микробиологическом загрязнении молока и сыра ограничится лишь напоминанием общих положений.

2. Сычужно-кислотные изменения, происходящие в геле и сгустке.

3. Разрезка сгустка.

4. Сычужно-кислотные изменения, происходящие в сгустке и сырной массе после формования.

5. Регулирование содержания сухого вещества.

6. Регулирование pH.

И в заключение будет рассмотрен случай так называемого зерна с неоднородной структурой.

* J. Lablée.

2. Исследование основных параметров, носящих приоритетный характер

2.1. Подготовка молока

Рассмотрение последствий хранения молока на фермских молочных было проведено в предшествующей части настоящей книги (см. часть II, главу 6; 4.3). Обычно это хранение осуществляется при температуре 4 °С, а его продолжительность в большинстве случаев составляет 48 ч.

Температура 4 °С обеспечивает микробиологическую защиту, но наряду с этим это охлаждение создает определенные затруднения, в частности, когда речь идет о продукции, изготовляемой из сырого молока: происходит исчезновение молочнокислых бактерий, имеют место определенные физико-химические изменения.

Сыры, изготовленные из сырого молока, представляют собой особый случай, в котором бактериологическая чистота молока приобретает максимальную важность. С другой стороны, в этом случае рекомендуется как можно чаще проводить сбор молока, даже если молоко охлаждают до относительно низкой температуры (тем более, что это позволяет лучше контролировать микробиологические и ферментативные изменения).

Полезную информацию в отношении условий сбора молока дает величина отношения между общим количеством в молоке мезофильных аэробных микроорганизмов в момент его поступления на завод и общим количеством мезофильных аэробных микроорганизмов в начальный период его хранения на фермской молочной.

Все большее значение (при поступлении на завод больших объемов молока) приобретает тепловая обработка, рассмотрению которой посвящен один из предшествующих разделов книги. Дополнительной причиной еще более широкого ее использования является тот факт, что доминирующей флорой сборного молока является психротрофная флора.

Внесение хлористого кальция в молоко в начале периода его резервирования на сыродельном заводе (в дозах, чаще всего не превышающих 10 г/л) повышает способность молока к свертыванию и выделению сыворотки, что объясняется, в частности, увеличением размеров мицелл казеина [1]. Обратимый процесс изменения казеина в зависимости от времени и температуры рассматривается в другом разделе книги.

Температура и продолжительность хранения молока на заводе должны устанавливаться в зависимости от того, следует ли подавлять или развивать в нем определенные микробиологические и физико-химические изменения. Весьма важную роль (в сочетании с обсеменением молочнокислыми бактериями или отдельно от него) играет также фактор температуры. Этой теме посвящен другой раздел книги.

2.2. Сычужно-кислотные изменения, происходящие в геле и сгустке

В момент свертывания молока следовало бы для определения нового физического состояния молока, переходящего из жидкого состояния в полутвердое, использовать термин «гель» или «коагулят». В сыроделии используется также такой термин, как «сгусток». Последний должен относиться только к тому состоянию молока, в котором оно находится в период с начала до окончания выделения сыворотки.

Аномальное свертывание может объясняться лишь отклонениями одного или нескольких из определяющих его параметров: концентрацией сычужного фермента или других молокосвертывающих ферментов, температурой молока, кислотностью, содержанием коллоидного фосфата кальция и ионизированного кальция, размерами мицелл казеина, предварительным нагреванием молока, величиной отношения Ca/N и P/N, а также низким содержанием казеина и высоким содержанием сывороточных белков [1].

В зависимости от параметров свертывания молока гель или коагулят может иметь перед разрезкой более или менее прочную структуру.

На практике связность геля зависит главным образом от температуры. В этом случае действие температуры превалирует над действием молокосвертывающего фермента, необходимость в котором продолжает сохраняться. При идентичных условиях подготовки молока и внесения молокосвертывающих ферментов наблюдается показательное различие между уплотнением коагулята в ванне, свертывание молока в которой было проведено при 40 °С с использованием 9 мл/гл сычужного фермента, содержащего 520 мг/л химозина, и уплотнением геля, полученного с помощью сычужного свертывания при 20—22 °С с использованием дозы 36 мг/л того же сычужного фермента. При приблизительно одинаковом времени между свертыванием молока и разрезкой сгустка уплотнение последнего гораздо быстрее происходит в сыродельной ванне с температурой 40 °С, а используемая доза сычужного фермента сокращается при этом в четыре раза.

Использование повышенных температур заквашивания молока сычужным ферментом необходимо в случае наличия значительных препятствий, мешающих установлению связей, обеспечивающих прочность сгустка. Это относится к молоку с очень высоким содержанием жира в момент заквашивания сычужным препаратом или же к молоку, обогащенному сывороточными белками. Это относится также и к тем случаям, когда молоко подвергается предварительному нагреванию до относительно высоких температур. Однако воздействие температуры имеет определенные пределы: разрезка сгустка может оказывать подобное действие, своевременно обеспечивая (во взаимодействии с процессом нарастания кислотности) достаточное выделение сыворотки. Влияние температуры свертывания [2] было выявлено до температур порядка 52—53 °С с помощью установки непрерывной коагуляции SH : 13* и в условиях предварительного внесения сычужного препарата в холодном состоянии. В этом случае нарастание кислотности также было оптимальным.

Прежде чем переходить к рассмотрению изменений, происходящих в сырном сгустке, авторы считают необходимым напомнить читателю понятия, которые они вкладывают в термины «кислотного» и «сычужного» гелей.

Кислотный гель явно отличается более дисперской, более рассеянной и менее связанной микроскопической белковой структурой, чем сычужный сгусток. К тому же кислотный гель является менее прочным в макроскопическом измерении, чем сычужный. Продолжительное созревание молока с медленным сквашиванием, вслед за которым следует продолжительный период между свертыванием молока и разрезкой сгустка при относительно низкой температуре, сопровождающийся развитием молочнокислых бактерий, способствует получению сгустка, имеющего более выраженный молочнокислый характер. Это относится также и к случаю, когда молоко выдерживается, по меньшей мере, в течение двух часов при температуре 30 °С перед заквашиванием сычужным ферментом, но это не всегда совместимо с требованиями микробиологии.

Что касается *сычужного геля*, то ему, по всей вероятности, соответствует более открытая микроскопическая структура, то есть структура, состоящая из более или менее крупных ячеек; белковая сетка имеет более высокую степень минерализации; белковые частицы отличаются более высокой плотностью; в этом случае после выделения сыворотки и сближения частиц между собой этот гель будет иметь меньшую пористость и в макроскопическом плане будет отличаться высокой связностью.

Авторы считают уместным обратить внимание читателя на тот факт, что сычужные свойства этого геля не являются пропорциональными ферментативной активности сычужного препарата (или другого коагулянта).

Сгусток считается тем более сычужным, чем выше его плотность, и в качестве примера чрезмерно сычужного сгустка в свежих сырах, потребляемых без созревания, можно привести сгусток, полученный с помощью технологии SH 13 из сырого молока. Эта технология свертывания молока в потоке обеспечивает мгновенное получение из сгущенного молока, в которое в холодном состоянии внесен сычужный препарат, сырного сгустка, имеющего с самого начала его образования пониженную пористость; это значит, что часть жидкой фазы сразу не попадает в коагулят. Такое свертывание, не охватывающее всю жидкую фазу, не имеет какого-то специального названия. Если говорить о технологическом аспекте этого метода, то следует обратить внимание читателя на то, что он вел к столь сильному развитию сычужных свойств сгустка, что для придания этому сгустку более кислотных структуры и консистенции приходилось прибегать к последующему физическому диспергированию твердой фазы этого сгустка с помощью гомогенизации.

До настоящего времени считалось, что молочнокислое сквашивание лежит в основе биохимической активности по деминерализации сгустка, имеющей тенденцию к снижению его связности.

Используя понятия открытой или закрытой пористости, считали, что открытие пористости сгустка появляется вследствие этой деминерализации. Но теория сыроделия не содержала в себе уточняющего положения о том, что сычужные свойства сгустка могут усиливаться в процессе выделения сыворотки, когда одновременно с опорожнением и сокращением сывороточных вакуолей происходит сближение частиц параказеина с уменьшением пористости (пористость — это объем пространства, заполненного сывороткой и входящего в состав белковой сетки сгустка).

Определяющее значение для прочности, упругости и пластичности сгустка имеет момент проведения его первой разрезки. По всей видимости, он влияет также на его проницаемость.

Например, при изготовлении прессуемых сыров с низкой температурой второго нагревания сгустку дают большее время для уплотнения, поскольку его разработка ведется на более крупные куски, чем в случае прессуемых сыров с высокой температурой второго нагревания, для которых первая разрезка сгустка проводится в момент достижения оптимальной упругости (или, может быть, оптимальной пластичности). Этот момент исключительно важен для недостаточно прочных или упругих (или пластичных) сгустков во всех случаях, когда они в той или иной степени подвергаются разрезке.

Слишком поспешное и быстрое (по сравнению со скоростью нарастания кислотности) удаление сыворотки способствует усилению сычужных свойств сгустка. И напротив, на кислотных свойствах всегда благоприятно сказывается относительно низкая температура, тормозящая свертывание молока, уплотнение сгустка и выделение сыворотки при одновременном нарастании кислотности.

При изготовлении сыров типа чеддера или сыров с чеддеризацией и плавлением сырной массы снижение пористости не должно быть чрезмерно выраженным в момент, когда сырное тесто приобретает свойственную ему пластичность или тягучесть. В этом случае скорость нарастания кислотности также не должна быть слишком высокой (не доходя, однако, до полной ее остановки), чтобы не придавать сгустку чрезмерно выраженных кислотных

---

* См. часть V, главу 20; 2.2.2.

свойств — эта опасность существует в силу сознательно сохраняемой скорости снижения пористости.

В заключение автор считает необходимым заявить о том, что в процессе выделения сыворотки из сырных сгустков следует принимать во внимание два следующих, одновременно происходящих процесса:

а) раскрытие пор, происходящее вследствие деминерализации при нарастании кислотности;

б) снижение пористости, уплотнения, которому соответствует усиление химических связей, выражающихся в повышении прочности. С другой стороны, все происходит так, словно снижение проницаемости приходится в основном на конец выделения сыворотки, несмотря на то, что снижение пористость не означает, что она будет систематически иметь более закрытый характер.

И наконец, изменения прочности и проницаемости необязательно должны происходить в противоположных направлениях, а достижение определенной прочности в дополнение к определенной проницаемости сгустка отчасти зависит уже от указанных выше параметров свертывания молока и момента проведения первой разрезки сгустка. Далее в случае преобладания процесса снижения пористости над процессом деминерализации происходит усиление сычужных свойств сгустка, и наоборот.

Сычужно-кислотные изменения сгустка зависят от процесса нарастания кислотности жидкой фазы, содержащейся в сгустке, а также от процесса снижения пористости сгустка по отношению к объему жидкой фазы, выделившейся из сгустка. Это означает, что при сравнительно высоких уровнях снижения пористости и выделения сыворотки в момент начала развития молочнокислого брожения сычужные свойства сгустка будут иметь более выраженный характер; напротив, если нарастание кислотности получит достаточное развитие (pH 6) до того, как снижение пористости выразится в заметном повышении прочности сгустка, последний будет иметь кислотный характер. Средством, сдерживающим нарастание кислотности, может считаться промывка сырного зерна.

2.3. Постановка зерна

Эта операция является важным этапом технологии сыроделия, использующих сырное зерно.

Сырным зерном называют кусок сгустка, полученный в результате его многократного измельчения, продолжающегося до получения одинаковых по размеру частиц сгустка, и в процессе непрерывного или периодического вымешивания зерна, вследствие чего частицы сгустка получают возможность перемещения в сыворотке.

Разрезка сгустка считается проведенной неправильно, если в конце этой операции сырное зерно не поддается дальнейшей разрезке. В этом случае подвижность зерен сгустка в сыворотке столь велика, что режущий инструмент не срабатывает даже при высокой скорости вращения.

Чтобы устранить опасность появления слишком мелких частиц сгустка, отличающихся высокой подвижностью в сыворотке при небольшой скорости движения режущих инструментов, что может повлечь за собой необратимое уплотнение поверхности сгустка, автор рекомендует использовать метод, предусматривающий наличие трех четко разграниченных этапов.

Этот метод трехтактной разрезки сгустка включает три этапа:

1) разрезка сгустка на куски объемом приблизительно 30—50 см³, с тем чтобы обеспечивать им невысокую степень подвижности в сыворотке в конце второй фазы;

2) остановка работы оборудования на время, достаточное для того (обычно от 4 до 8 мин), чтобы обеспечить повышение плотности предварительно разрезанного сгустка в процессе выделения сыворотки, с тем чтобы впоследствии он мог без помех выдерживать повышенную скорость резки;

3) продолжение разрезки с постоянной скоростью вращения режущих инструментов вплоть до окончания измельчения; эта скорость достигается не более чем за 30 с.

Характеристики этого процесса сгустка для конкретной сыродельной ванны могут быть представлены в виде следующего выражения:

$$V_1t_1 + V_2t_2,$$

где V_1 — для первой фазы; V_2 — для третьей фазы; — Соответствуют частоте вращения режущих инструментов, об/мин

t_1 — для первой фазы; t_2 — для третьей фазы. — Соответствуют времени (мин), в течение которого используются скорости V_1 или V_2

При относительно невысокой скорости V_2 зерно имеет более округлую форму, а способность зерен к слипанию снижается. При относительно высокой скорости V_2 зерно имеет меньшие размеры в определенный момент времени t_2, затем оно приобретает угловатую форму и его способность к агломерации возрастает. Обычно в этом случае полученное сырное тесто отличается более высокой пластичностью.

Процентное содержание мелких частиц не повышается при правильном определении продолжительности второй фазы, скорости V_2 и температур свертывания.

Наконец, следует отметить еще один прием разрезки сгустка, включающий не две, а большее число последовательно изменяющихся скоростей вращения режущих инструментов: вначале скорость невелика, затем она постепенно возрастает, а между каждым из периодов использования этих скоростей имеет место относительно непродолжительная остановка. Этот метод разрезки сгустка позволяет получать сырное зерно с относительно низкой способностью к агломерации подобно тому, что происходит при относительно невысокой скорости V_2 в рамках трехтактной разрезки сгустка. Такой тип округлого зерна, отличающийся низкой способностью к агломерации, необходим при использовании некоторых видов механизированных аппаратов для формования сырной массы.

2.4. Сычужно-кислотные изменения сгустка и сырного теста формуемого сыра

В процессе формования пористость сырной массы значительно снижается (иногда она уменьшается в два раза), сгусток уплотняется, все твердые частицы сближаются между собой, а способ их «склеивания» друг с другом определяет структуры сырного зерна. Кроме этого, для некоторых типов сыра, например для сыров с высокой температурой второго нагревания, помимо внутренней микроскопической структуры зерен, исключительно важную роль играют их способность к агломерации, а также распределение зерна по размерам и их форма.

Выделение сыворотки при формовании, то есть удаление сыворотки из формы, связанное с этими поверхностными характеристиками зерна, с используемым оборудованием и формой изготовляемого сыра, оказывает сильное влияние на консистенцию сырного теста. Это объясняется тем, что сычужно-кислотные изменения сырного теста зависят от процесса нарастания кислотности жидкой фазы сгустка или сырного теста на этом этапе производства и от количества выделяющейся сыворотки.

Контроль этих параметров можно осуществлять как в процессе формования, так и после него.

Кроме того, характер сычужно-кислотных изменений зависит от процессов деминерализации и протеолиза, происходящих в сырном тесте. Касательно ускорения или замедления потери влаги сырной массой авторы полагают, что эти явления выходят за рамки собственно процесса сычужно-кислотных изменений.

Уместно отметить, что на стадии формования может выделиться сыворотка и попасть воздух, то есть нарушится равновесие между снижением пористости и выделением сыворотки. При снижении пористости вследствие чрезмерно высокой скорости выделения сыворотки, содержащейся между зернами, по сравнению со скоростью прессования (что создало возможность

для попадания воздуха) может произойти механический разрыв сырного теста. Сыр может сжиматься под прессом только при нормальном выделении сыворотки, содержащейся между зернами, а это зависит от проницаемости прессуемого сгустка. Прессование не должно опережать выделения сыворотки, но и не должно также запаздывать по отношению к этому выделению.

Формованию сырного теста способствуют прессование или перепрессование в сочетании с переворачиваниями в соответствии с установленной скоростью отделения сыворотки. Кроме этого, при прочих равных условиях угловатое зерно дает более мягкое тесто, поскольку исключается возможность чрезмерного выделения сыворотки и устанавливаются более прочные связи между зернами.

Одна из недавних работ [3] позволила выявить ряд правил ассоциативности удельной пористости почв в сельском хозяйстве. Это правило аддитивности для частиц одинакового диаметра, правило замещения (при введении крупных элементов) и правило заполнения (при введении мелких элементов). По мнению автора, использование этой работы в сыроделии представляет интерес независимо от того, касается это микроскопических или макроскопических масштабов. Введение крупных элементов изменяет структуру сырного теста, повышая его проницаемость, тогда как введение мелких элементов снижает ее.

Так, выделение сыворотки из сгустка с нормальным содержанием жира происходит лучше, чем из сгустка пониженной жирности, и, с другой стороны, во время формования мелкие частицы сгустка заполняют пустоты между зернами и таким образом способствуют снижению проницаемости формованного сыра.

При значительном снижении микро- и макропористости, например, сычужного сгустка, подвергнутого усиленному выделению сыворотки, когда межзеренные пространства сыра после формования полностью освобождены и сильно сжаты, у сыров с высокой температурой второго нагревания не наблюдается тенденции к вспучиванию при прочих равных параметрах созревания (относительная влажность и содержание углекислого газа в воздухе сырохранилищ). Это наблюдение может относиться как к части, так и ко всему объему сыра. Появление «сывороточных карманов» в начале формования объясняется осаждением зерна и изменением его способности к агломерации, вследствие чего может локально повыситься макропористость, которая впоследствии сохранится.

При определении результатов использования пресса при формовании сырного теста следует также принимать во внимание распределение давления. По видимому, это распределение частично зависит от собственных характеристик формуемого сыра (по всей вероятности, более пластичное тесто в большей степени способствует распределению давления).

Процесс более или менее выраженного расширения межзеренных пространств (с попаданием или без попадания воздуха при формовании) зависит от температуры, структуры, консистенции и присутствия в сыре микроорганизмов, отвечающих за процессы брожения, рассматриваемые в других разделах книги; кроме этого, определенную роль играет кондиционирование атмосферы в производственных помещениях.

Наконец, автор считает необходимым обратить внимание читателя на тот факт, что при выделении сыворотки из форм могут возникнуть затруднения, связанные с переворачиванием цилиндрических блоков сырной массы, предназначенных для изготовления нескольких сыров: высота этих блоков такова, что между двумя переворачиваниями сыворотка не успевает пройти путь, который позволил бы ей выйти наружу.

2.5. Регулирование содержания сухого вещества

Рассмотрим выделение сыворотки из сгустка или сыра. Содержание сухого вещества в сыре будет тем более высоким, чем бо́льшим будет объем выделившейся сыворотки, не говоря уже о достаточно сложных проблемах связанной воды.

Если бы емкость, в которой находится сгусток, не имела стенок, сыворотка выходила бы из нее под действием собственной силы тяжести, и этот выход теоретически мог бы происходить в результате *проницаемости*, в сущности, без сжатия сгустка, а лишь в результате его уплотнения. Выделение сыворотки может также происходить вследствие сжатия сгустка, и в этом случае также создается необходимость в проницаемости.

Авторы напоминают, что проницаемостью называют способность среды пропускать через себя жидкость под действием градиента потенциала [4]. Проницаемость — это свойство среды, прямо связанное с ее пористостью, то есть с ее структурой [5].

Итак, структура сгустка играет определенную роль во всех случаях выделения сыворотки (вследствие проницаемости или при сжатии сгустка). Вначале структура зависит от факторов, определяющих свертывание, от содержания сухого вещества в молоке и содержания в нем жира. Затем происходит изменение структуры: для получения более высокого содержания сухого вещества в момент извлечения сыра из форм в условиях нормального нарастания кислотности изменение структуры должно идти в сторону придания сгустку более выраженных сычужных свойств.

Проницаемость может измениться под влиянием структуры, факторов, управляющих свертыванием, степени уплотнения сгустка, а также возможных сочетаний пористости.

В зависимости от возможных изменений проницаемости проводится адаптация технологии производства в отношении:

разрезки сгустка;

разработки сгустка и размеров получаемого зерна;

средств отделения сыворотки при формовании (используемое оборудование, высота блоков сгустка, формат сыров, способность сырного зерна к агломерации).

Сжимаемость в сочетании с проницаемостью сгустка также зависит от структуры. Связность сгустка вызывает его сжатие под соответствующим знакопеременным воздействием повышения или снижения температуры главным образом в сыродельной ванне. Затем связность сыра благоприятно скажется на его сжатии главным образом за счет повышения кислотности.

Автор предлагает простую, на его взгляд, формулировку этого явления: температура и кислотность оказывают совместное действие, начиная с момента свертывания молока до момента завершения выделения сыворотки; температура оказывает доминирующее воздействие с момента свертывания и до конца выделения сыворотки в сыродельной ванне, тогда как кислотность играет важнейшую роль после формования.

Торможение молочнокислого брожения вызывает такие производственные дефекты, как раннее вспучивание и недостаточно высокое содержание сухого вещества.

В процессе посолки, в принципе, содержание сухого вещества в сыре должно повышаться вследствие диффузии соли и сыворотки.

Примечание. Чаще всего недостаточное содержание сухого вещества приводит к появлению пороков в процессе созревания. В качестве примера можно принести порок внешнего вида типа «жабьей шкуры». Он особенно часто встречается у мягких сыров, подвергаемых посолке сухой солью. Зачастую он вызывается чрезмерно кислотными свойствами выделения сыворотки, когда в результате недостаточного синерезиса выделение сыворотки продолжается после посолки. В этом случае соль, с одной стороны, уносится выделяющейся сывороткой, а с другой стороны, если обсушка сыров проводится при температуре выше 15 °С, чрезмерно развивается *Geotrichum candidum*, вызывающий появление порока.

2.6. Регулирование pH сыра

Регулирование pH сыра осуществляется с помощью целого ряда параметров:

в) тип, дозы, активность молочнокислых заквасок. Следует определять кислотность заквасок и проводить контроль их сквашивающей способности. Активность заквасок в процессе созревания молока, разрезка сгустка в сыродельной ванне и выделение сыворотки при формовании представляются в виде кривой нарастания кислотности;

б) количество сыворотки, остающейся в сыре после формования, и условия возможной «промывки» сырного зерна перед формованием;

в) температурная кривая сгустка и сыра, оптимальные и предельные температуры для используемых заквасок;

г) установление взаимосвязей между pH сыра и предшествующими параметрами для каждого конкретного случая. В этом случае максимальную важность приобретают непосредственные наблюдения сыроделов.

Например, при изготовлении сыров с высокой температурой второго нагревания определяющее воздействие на pH сыра, подвергнутого стабилизации в течение 48 ч после изготовления, оказывают термофильные лактобациллы; при этом размеры этого воздействия зависят от типа и дозы лактобацилл, а также от мезофильных палочек и стрептококков, используемых вместе с ними. При изготовлении мягких или прессуемых сыров регулирование pH достигается за счет изменения состава смеси кислото- и ароматообразующих штаммов.

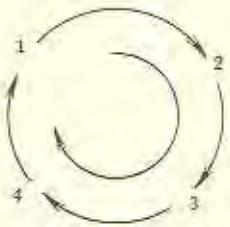
Величина показателя pH играет важную роль в протеолизе, происходящем в сырном тесте, и в созревании. Автор считает, что между относительно проницаемой структурой сгустка в конце выделения сыворотки и равномерностью протекания созревания существует определенная связь.

3. Зерно с неоднородной структурой

Зерном с неоднородной структурой называют сырное зерно, не полностью освободившееся от содержащейся в нем сыворотки и имеющее при этом относительно «сухую» и твердую поверхность. Даже умеренно неоднородное зерно имеет меньшую способность к агломерации, что требуется при использовании определенных механизированных формовочных систем, а также способствует образованию «пустотного» рисунка при формовании.

В случае слишком крупных кусков сгустка, подвергаемых быстрому нагреванию до выделения из них части сыворотки, которое могло бы позволить им достичь достаточного уровня связности, может произойти сжатие лишь их наружной части, которая является единственной, потерявшей достаточное количество сыворотки в силу небольшого расстояния, которое последняя должна пройти, чтобы выйти из сгустка. В результате на поверхности сгустка может образоваться своеобразная пленка с более плотной структурой и пониженной проницаемостью, которая будет препятствовать выделению сыворотки из его центральной части. До настоящего времени исследователями принималась именно эта гипотеза.

Автор считает необходимым добавить, что поверхностный слой сырного зерна можно сравнить со своеобразной мембраной, предназначенной для процесса диализа, пропускающей сыворотку, воду и растворенные минеральные вещества. Поры этой мембраны могут частично забиваться просто в результате прекращения прохождения сыворотки (прекращения ее выхода вследствие остановки начавшегося процесса ее выделения). Этот процесс можно схематически представить в виде приведенной ниже схемы.



1 — выход сыворотки, связанный с проницаемостью сгустка и его возможным предварительным измельчением. *2* — снижение пористости сгустка (пористость составляет около 90% той, которая имела место в момент свертывания). *3* — повышение связности сгустка под действием факторов, управляющих коагуляцией в целом и температурой, в частности, а также в том случае, если процесс снижения пористости доминирует над процессом деминерализации. *4* — сжатие сгустка главным образом за счет нагревания (или сжатие сыра после формования главным образом за счет повышения кислотности).

Обычно зерно приобретает неоднородную структуру вследствие прекращения выделения из него сыворотки. Чаще всего это является следствием, а не причиной неправильного выделения сыворотки. В случае прекращения выделения сыворотки до достижения стадии, на которой можно говорить о нормальном прохождении этого процесса, зерно приобретает неоднородную структуру. Его поверхность обезвоживается и твердеет.

При повышенном содержании жира в молоке, свернутом с помощью сычужного фермента, поверхностные изменения полученного зерна с гораздо бо́льшим трудом поддаются определению на ощупь. Жир как бы скрывает различия, обнаруживаемые при более низких его концентрациях.

Следует отметить, что зерно, полученное из сгустка, обладающего максимально выраженными кислотными свойствами, не может приобрести неоднородную структуру, поскольку недостаточная связность препятствует приобретению сухой и твердой поверхности. В противоположность этому при нагревании может наблюдаться пониженное сжатие кусков геля, полученного путем кислотного свертывания.

При неоднородной структуре зерна особую важность приобретает исследование такого параметра, как проницаемость. Свертывание представляет собой затвердевание. Это не означает, что среднее расстояние между геометрическими центрами мицелл остается одинаковым в течение времени между тем моментом, когда речь идет о молоке, и моментом его свертывания (в это время происходит образование цепочек, скоплений и вакуолей, а также происходит движение частиц, особенно в случае сычужного сгустка). Выделение сыворотки вызывает уменьшение общего объема сгустка, масса белковой сетки остается при этом неизменной. Таким образом происходит снижение пористости вследствие сближения между собой твердых частиц. Затем в условиях сниженной пористости происходит повышение связности, объясняющееся не только сближением частиц, но также и установлением связей.

Пористость соответствует свободному пространству, занятому жидкой фазой, в ячейках или вакуолях, образующихся в условиях трехмерной сетчатой структуры сгустка. Необходимо учитывать также более или менее реальную возможность того, что это пространство может быть частично занято жировыми шариками или клетками микроорганизмов. Вероятность появления такой возможности возрастает или убывает в зависимости от распределения жировых шариков или клеток, а также в зависимости от относительного количества вакуолей по сравнению с количеством в большей или меньшей степени рассеянных элементов жировых шариков и клеток. Размеры этих элементов определяют размер и форму указанных вакуолей.

Проницаемость сгустка, раскрытие пор, их форма и размер, а также форма остальных свободных пространств связаны с процессом циркуляции сыворотки. Необходимость в таком свойстве, как проницаемость, еще более возрастает при таких явлениях, как измельчение, уплотнение или сжатие сгустка, поскольку в ее отсутствие сыворотка может оставаться в сетке в виде единого целого.

Определяющим фактором усиления сычужных свойств сгустка является повышенная температура свертывания (при том, что выделение сыворотки происходит в требуемых условиях), то есть выделение сыворотки в сгустке ячеистого типа из относительно небольших пор замедляется.

По-видимому, для обеспечения этой мелкой ячеистой пористости необходимо обеспечить присутствие следующих факторов:

повышенная температура сычужного сквашивания по сравнению со средней температурой заквашивания;

внесение хлористого кальция при сычужном сквашивании (главным образом в сырое молоко);

низкое (или даже нулевое) содержание жира в молоке или обеспечение минимальных размеров жировых шариков (являющихся, как правило, довольно крупными элементами);

низкий (близкий к нулевому) уровень обсеменения микроорганизмами или минимальные размеры бактериальных клеток (являющихся, как правило, довольно крупными элементами);

минимальный размер мицелл казеина.

Эти условия могли бы, видимо, обеспечить снижение проницаемости сгустка вследствие удлинения действительных траекторий частиц жидкости, перемещающихся в микроскопических промежутках (в результате усиления извилистости [4]). Поэтому вполне вероятно, что в этих условиях способность сырного зерна к приобретению неоднородной структуры может усилиться.

В завершение следует внести следующее уточнение: при изготовлении сыров с высокой температурой второго нагревания появление неоднородной структуры зерна встречается гораздо чаще при слишком медленном нагревании зерна, чем в случаях, когда нагрев проводится слишком быстро. Поэтому не стоит придерживаться того, что быстрое нагревание сырного зерна вызывает появление неоднородной структуры, поскольку это может происходить лишь в исключительных случаях чрезмерно быстрого нагревания слишком крупных кусков сгустка, связность которых в этот момент пока еще слишком низка. Для обеспечения возможности сближения частиц параказеина и, таким образом, для достижения достаточной связности, необходимой для сжатия сгустка при нагревании необходимо провести выделение сыворотки. Это выделение может быть достигнуто только за счет вымешивания зерна перед нагреванием, если это допускает проницаемость сгустка, или за счет медленного предварительного нагревания. Если это невозможно, то с помощью более мелкой разработки сгустка. Напротив, слишком быстрое нагревание зерна нормальных размеров способно вызвать его комкование, как как в этот момент зерно имеет повышенную способность к агломерации.

Сказанное выше следует дополнить тем, что слишком продолжительное вымешивание перед нагреванием или промывкой может вызвать появление неоднородной структуры зерна. Последующее нагревание, как правило, вызывает определенное сжатие, способное ослабить эти последствия, но оно никогда не приводит к их полному исчезновению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alais C., 1974. Science du Lait, SEP, Paris.
2. Lablee J., 1973. Tech. Lait. Fr., 790, 17—18.
3. Fies J. C., 1979. C. R. Acad Agric., France, (79) 65.
4. Castany G. et Margat J., 1977. Dictionnaire français d'hydrogéologie, Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), Paris.
5. Demolon A., 1948. Principes d'agronomie, Dunod, Paris.

Глава 8

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СГУСТКА

И. Ноэль, Ж.-П. Рамэ, А. Жервэ, Ж. Лабле, О. Сэр*

1. Описание физических явлений, происходящих при свертывании молока и выделении сыворотки из сгустка

1.1. Свертывание молока

Физические характеристики сгустка в определенный момент времени, то есть его реологические свойства, пористость, проницаемость, являются результатом биохимических и физико-химических процессов, ход которых одновременно определяется характеристиками сырья и используемыми технологическими средствами. В этом смысле они являются глобальным макроскопическим выражением физико-химической эволюции внутренней структуры. Они предопределяют способность сгустка к выделению сыворотки и его будущее созревание, определяя частично условия формирования удовлетворительных консистенций и вкуса сыра.

Свертывание молока — это необратимое изменение физического состояния: молоко, находящееся вначале в спокойном жидком состоянии, переходит в полутвердое состояние, часто определяемое общим термином «гель» или более специальным термином «коагулят». Образование сети из мицеллярных цепей или свертывание в узком смысле этого слова, предполагает предварительную дестабилизацию мицелл, или флокуляцию (что не означает появления видимых «хлопьев») и объединение флокулирующих мицелл (агрегирование).

Коагулят представляет собой полутвердое тело, занимающее промежуточное положение между жидким и твердым телами [1]. Это также изменяющаяся, пористая, пока еще плохо известная структура, состоящая из сетки белковых цепочек, охватывающих сыворотку. Подобно всем гелям жидкость препятствует соединению сетки в компактную массу, в то время как сетка удерживает жидкость [2].

В практике сыроделия классическое различие между кислотным и сычужным коагулятами не всегда определяется как их получение исключительно путем кислотного свертывания или только с помощью молокосвертывающих ферментов. Зачастую оно относится к гелям с различными физическими свойствами, определяемыми не только дозой молокосвертывающего фермента и величиной показателя pH, но также наряду с другими факторами температурой и условиями ионного окружения. Сочетание этих факторов позволяет получать гели различной консистенции (от вязких жидкостей до упругих твердых тел). Количество исследовательских работ, посвященных количественной оценке пористости коагулятов, теоретическое измерение которой производится с помощью определения величины отношения объема пор к общему объему геля, невелико [3]. Значительную роль в эволюции коагулята, несомненно, играет распределение размеров пор, являющееся одним из аспектов пористости. Работы по качественной оценке снижения этих размеров с помощью электронного микроскопа проводились как в отношении сычужных [4—8], так и в отношении кислотных [9, 10] коагулятов.

В начале свертывания молоко ведет себя, по сути дела, как жидкость: его характеризуют по его сопротивлению истечению (вязкость). Образование

* Y. Noël, J. P. Ramet, A. Gervais, J. Lablée, O. Cerf.

белковой сетки вводит такое понятие, как «сопротивление деформации» или «упругость»*.

В начале свертывания формирование структуры геля вызывает исключительно быстрое повышение коэффициента вязкости, довольно легко поддающееся количественному определению методами вискозиметрии. В ходе сычужного свертывания одновременно с расширением и укреплением белковой сетки с помощью установления новых связей происходит формирование такого свойства коагулята, как упругость, требующего использования иных методов измерения. Присутствие жидкой фазы, находящейся в состоянии механического взаимодействия с белковой сеткой, вводит понятие вязкоэластичной составляющей, с трудом поддающейся установлению и в силу этого редко используемой при проведении реологических измерений. В кислотном коагуляте (типа сгустка, предназначенного для производства сыра, потребляемого без созревания) вязкостная составляющая, присутствующая вследствие наличия в сгустке жидкой фазы, явно доминирует; это наводит на мысль о том, что связи, существующие внутри белкового скелета, неспособны придать гелю значительную упругость.

Реологическое исследование свертывания представляет определенные затруднения, связанные, с одной стороны, с изменением физического состояния и с изменением структуры геля и, с другой стороны, с происходящими взаимодействиями, поскольку сетка состоит из упругих, вязких и, возможно, пластичных элементов [11].

Сложность происходящего процесса и затруднения на пути проведения реологических измерений объясняют использование многочисленных эмпирических методов, что привело к появлению таких эмпирических реологических параметров, как твердость и сопротивление резанию. По своему происхождению плотность, или твердость, коагулята является сенсорной характеристикой, которую сыродел определяет по сопротивлению сгустка при нажатии на него пальцем. Затем это понятие приобрело более широкий смысл, и сейчас плотностью называют общее реологическое свойство, измеряемое на образующемся геле с помощью эмпирического параметра, выраженного в произвольных единицах. Сопротивление резанию, приобретающее размерность определенной силы, широко используется как показатель связности коагулята в нормальных условиях его приготовления.

1.2. Выделение сыворотки из сгустка

Несмотря на свою кажущуюся простоту, процесс выделения сыворотки из сгустка представляет собой сложное явление, механизмы которого пока еще недостаточно известны. В макроскопическом отношении выделение сыворотки выражается в удалении значительного количества сыворотки и сопровождается сжатием и уплотнением геля. Считается, что это происходит в результате активного процесса, называемого синерезисом, и способности геля к удалению содержащейся в нем сыворотки. Выделение сыворотки не является обычной дегидратацией, поскольку вместе с водой из геля выделяется большая часть растворимых элементов молока (лактоза, минеральные вещества) и некоторая часть нерастворимых фракций (азотистые соединения, жир).

Синерезис и выделение сыворотки зависят одновременно от состава коагулята, в частности, от содержания в нем казеинов, и его структуры. С наибольшей силой характер синерезиса выражен в гелях, имеющих сычужный характер; тем не менее гели с беспорядочной структурой и получаемые

* Упругость и вязкость являются основными реологическими свойствами коагулята. Они используются в определении характеристик коагулята, подвергаемого механическим испытаниям. Они получают свое количественное выражение с помощью основных физических параметров: модуль упругости (частное от деления нагрузок на деформацию), величина напряжения (Па) и коэффициент вязкости (частное от деления напряжения на скорость деформации, выражаемое в Па·с).

путем кислотного свертывания отличаются более высокой проницаемостью, лучше пропускают сыворотку и вследствие этого имеют бо́льшую склонность к ее спонтанному выделению. Однако использование ряда соответствующих физических и химических действий позволяет проводить более глубокое выделение сыворотки из сгустков первого типа, чем из сгустков второго типа.

Это означает, что способность к синерезису находится в тесной зависимости от перестроек начального мицеллярного состояния, происходящих в результате протеолиза и повышения кислотности, а также вследствие установления новых связей, появляющихся после образования геля; в этом смысле установление все более и более жестких мостиков-связей является одной из характеристик хода выделения сыворотки (кальциевые и водородные связи, дисульфидные мостики).

Способность геля к выделению сыворотки связана с двумя из его особых физических свойств: пористостью и проницаемостью. Последние являются результатом неоднородной структуры среды, состоящей из элементарных частиц, разделенных промежуточными пространствами.

Известно, что пористость, определение которой было дано выше, в процессе выделения сыворотки заметно снижается, но в настоящее время пока еще нет никаких точных данных, которые касались бы этой проблемы.

Проницаемость — это способность геля к пропусканию жидкости. Однако в этом случае, как и в предыдущем, несмотря на кажущуюся простоту явления проницаемости геля по отношению к сыворотке с экспериментальной точки зрения, многочисленные гипотезы, выдвинутые на основе проведения аналогии с другими средами, еще требуют подтверждения. Необходимо также дать количественное определение тому влиянию, которое оказывают на пористость и проницаемость различные факторы среды, изменяющиеся в процессе выделения сыворотки.

2. Измерительные средства

2.1. Методы и средства наблюдения за переходом молока из жидкого состояния в гелеобразное

Для описания явлений, последовательно наблюдаемых в процессе свертывания молока, используются следующие технические термины (время 0 соответствует моменту внесения сычужного препарата):

время схватывания означает начало собственно коагуляции и определяется техником-сыроделом;

длительность свертывания соответствует моменту начала дробления или разрезки сгустка. Кроме этого, используется термин время уплотнения, служащий для разграничения понятий времени схватывания и длительности свертывания.

Некоторые выражения, используемые в литературе, в той или иной мере соответствуют понятию времени схватывания, существующему у сыроделов, но зачастую их использование ведет к определенному смешению понятий: продолжительность, по Берриджу, или момент флокуляции, лаг-фазу свертывания, или, выражаясь короче, длительность свертывания, не следует путать с приведенным выше определением.

Метод Берриджа [12] заключается в определении момента, когда в нормальных условиях появляется возможность невооруженным глазом наблюдать появление «хлопьев» в молоке после внесения в него сычужного фермента, поэтому, к сожалению, его называют иногда временем флокуляции. Минимальный размер мицеллярных агрегатов, наблюдаемых невооруженным глазом, составляет около 200 мкм.

Для непрерывных измерений используется ряд оптических методов: нефелометрия измеряет поглощение или абсорбцию светового луча частицами взвеси, минимальный диаметр которых составляет 0,25 мкм [13, 14]; фотометрические исследования с использованием отраженного рассеянного света позволяют вести наблюдение за отражательной способностью, яркостью или белым цветом молока в процессе свертывания [15, 16]. Электрохимические

измерения могут использоваться для подсчета частиц диаметром 2—3 мкм (счетчик Культера) (Coulter) [17] и для измерения изменений электропроводимости [18].

При измерении вязкости обезжиренного восстановленного молока после внесения в него сычужного фермента с помощью капиллярных вискозиметров, отличающихся сложностью своего использования, вначале наблюдается незначительное снижение вязкости, сопровождающееся быстрым ее повышением [19]. Подобные наблюдения были проведены на обезжиренном пастеризованном молоке, в которое были внесены сычужный препарат и молочнокислые закваски [20]. Сейчас некоторые вискозиметры с коаксиальными цилиндрами позволяют вести непрерывные измерения с использованием скоростей, достаточно низких для того, чтобы не нарушать формирование геля: полученные результаты не позволяют говорить о каком-либо снижении вязкости [6]. Появившийся недавно ультразвуковой вискозиметр, представляющийся как средство неразрушающего контроля, позволил (вплоть до поздней стадии формирования геля) пронаблюдать изменение величины произведения коэффициента вязкости на плотность [21—24].

Использование других реологических методов для определения изменения свойств коагулята (см. ниже) позволяет получить ретроактивный подход к лаг-фазе свертывания молока; экстраполяция полученных экспериментальных кривых позволяет устанавливать продолжительность формирования геля, определяемую как начинающуюся с момента образования коагулята, устанавливаемого используемой измерительной системой.

Лаг-фаза, наблюдаемая в ходе эволюции измеряемого параметра, зависит от разрешающей способности метода. Кроме этого, ее определение отчасти является произвольным, поскольку изменение физического состояния всегда происходит постепенно, а не мгновенно, о чем, в частности, говорят вискозиметрические методы. К тому же исследование происходящих явлений с помощью электронного микроскопа [6], несмотря на его прерывистый характер, доказывает присутствие беспорядочного, но постепенно нарастающего агрегирования мицелл, что исключает наличие понятия лаг-фазы в процессе свертывания.

2.2. Методы и средства наблюдения за изменениями, происходящими с гелем

В имеющемся обзоре [25] представлена следующая классификация физических методов исследования изменений, происходящих в коагуляте:

исследования с помощью пенетрометров;
исследования с помощью подвешенных тел;
исследования с помощью оптических методов;
исследования с помощью ультразвуковых вискозиметров;
исследования с помощью манометрических методов;
исследования с помощью крутильных динамометров.

С помощью пенетрометров проводят точечные измерения силы или глубины проникания деформирующего инструмента (ножа, тарелки сита...) в гель [25—28]. В случае использования систем подвешенных тел проводятся измерения сопротивления геля деформирующему инструменту (шарику, конусу...), погружаемому в молоко и медленно поднимающемуся в процессе свертывания молока. Эти разрушающие эмпирические методы вызывают сложные деформирующие усилия (пока еще недостаточно хорошо изученные) и заставляют выполнять измерения, которые в силу их тесной связи с геометрией используемых систем и принципом их действия всегда являются относительными.

В предыдущем разделе говорилось об исследованиях, проводимых с помощью оптических методов (измерение отражательной способности) и с использованием ультразвуковых вискозиметров. В недавно созданном новом устройстве, названном желографом используется вибрирующая пластина. Принцип его работы близок к принципу ультразвукового вискозиметра.

Манометрические методы исследования и крутильные динамометры

с большей или меньшей степенью точности повторяют принцип определенного ниже гармонического воздействия.

Универсальный измерительный прибор «Инстрон» («Instron») и вискозиметр Брукфилда (Brookfield) «Элипат» («Helipath») позволяют проводить периодические измерения, но не обеспечивают возможности гармонического воздействия, что заставляет рассматривать их отдельно: первый выполняет циклические сжатия с постоянной скоростью, второй осуществляет вертикальную спиральную резку.

Модифицированный Хатфильдом (Halfield) [29] манометрический прибор Вандерхайдена (Vanderheiden) [30] включает в себя измерительный элемент, погружаемый в молоко, состоящий из двух капсул, каждая из которых снабжена диафрагмой. Периодическое давление, прилагаемое к передающей капсуле, вызывает колебание диафрагмы, передаваемое формирующимся гелем приемной капсуле, в которой происходят обнаружение и регистрация изменений давления. В другом манометрическом методе исследования используется У-образная трубка Скотта — Блера [34].

В состав крутильных динамометров входит кювета с молоком, в которое погружается цилиндр. Если речь идет о тромбоэластографе [25], кювета совершает вращательное синусоидальное движение; цилиндр, подвешенный на проволоке, играет роль датчика и позволяет вести наблюдение за изменением сопротивления геля деформации. В приборе, называемом формаграфом [31] и происходящем от предыдущего, имеется алюминиевый корпус с двумя кюветами, которому придаются поперечные колебательные движения; этот метод позволяет одновременно проводить до десяти измерений. Что касается торсиометра Скотта — Блера, более известного в промышленном варианте под названием прибора Плинта и Партнерса (Plint, Partners), то в нем цилиндру придается периодическое колебательное движение. Недавно специалистами Национального института агрономических исследований Франции (INRA) был создан новый вискоэластимер [32], отличающийся гораздо более высокими рабочими характеристиками (диапазон измерений, точность); этот прибор позволяет выполнять настоящее гармоническое воздействие с возможностью регулирования амплитуды и частоты движения.

В настоящее время для проведения исследований, связанных с изучением свертывания молока, уже применяются или начинают применяться весьма совершенные, оснащенные микропроцессорными системами управления реометры, предназначавшиеся вначале для других отраслей промышленности. Эти приборы построены на том же принципе, что и крутильные динамометры (приложение к образцу усилия среза в статическом или динамическом режимах). Среди этих приборов авторы считают необходимым выделить такие, как «Реометрикс» («Rheometrics») [32a, 32b] и «Карримед» («Carrimed»), причем последняя система позволяет проводить исследования в режиме заранее установленных усилий [32c].

При гармоническом воздействии образец подвергается деформации γ (сжатия или сдвига), которую можно выразить в виде синусоидальной временной зависимости t при частоте ω:

$$\gamma = \gamma_M \sin \omega\tau. \qquad (1)$$

Если амплитуда γ_M деформации достаточно невелика для сохранения линейной зависимости между нагрузкой и деформацией [33], можно показать, что усилие τ, представляющее собой реакцию образца на эту деформацию, также является временной зависимостью, но с фазовым сдвигом на угол φ (являющийся нулевым лишь в том случае, когда в качестве образца используется чистоупругое тело):

$$\tau = \tau_M \sin(\omega\tau + \varphi). \qquad (2)$$

В этом случае удобнее обратиться к представлению напряжения и деформации в плоскости вращающихся векторов или комплексной плоскости. Это приводит к следующему определению комплексного модуля G^*:

$$G^* = G' + iG'' = \frac{\tau_M}{\gamma_M}(\cos\varphi + i\sin\varphi), \qquad (3)$$

нормой которого является

$$\|G^*\| = \frac{\tau_M}{\gamma_M}. \quad (4)$$

Действительная часть G' соответствует величине модуля упругости, а мнимая часть G'' позволяет установить параметр величины коэффициента вязкости $\frac{G''}{\omega}$.

Представленные выше приборы позволяют измерять величину напряжения τ (вискоэластисиметр INRA) или же величину, пропорциональную τ (торсиометр Плинта, прибор Вандерхайдена). При постоянной амплитуде γ_M деформации расчетный параметр τ/γ_M пропорционален норме комплексного модуля (см. уравнение 4). Этот параметр действительно является модулем в смысле отношения напряжения к деформации, но не является действительным модулем упругости, поскольку на самом деле известно, что коагулят отличается не только чистоупругими свойствами [34], а это означает, что теоретически не следует пренебрегать вязкостной составляющей комплексного модуля.

В настоящее время вискоэластисиметр INRA и манометрический метод Вандерхайдена — Хатфилда являются единственными средствами, способными обеспечивать исследование различных составляющих реологических свойств коагулята. Они являются также единственными, могущими использоваться непосредственно в сыродельных ваннах. Что касается использования результатов, получаемых с помощью этих средств, то исследование с точки зрения фундаментальных основ реологии результатов, получаемых с помощью вискоэластисиметра INRA, находится в настоящее время в стадии развития, чего нельзя сказать, насколько это известно авторам, о манометрическом методе, к использованию которого до сих пор применяется эмпирический подход.

Достижения последних лет, сделанные в области создания измерительной техники, открывают огромные перспективы в деле овладения процессами, происходящими при свертывании молока.

2.3. Измерение способности сгустка к выделению сыворотки

Исследования способности сгустка к выделению сыворотки представляют двойной интерес (научный и технологический), так как они позволяют выделить и пронаблюдать роль каждого из различных технологических факторов, а также дают возможность прогнозировать ход выделения сыворотки. Несмотря на свою кажущуюся простоту, проведение любых экспериментальных исследований процесса выделения сыворотки является сложным делом в связи с большой непроницаемостью геля, затрудняющей выполнение операций, связанных с его разрезкой и перемещением. Это объясняет существование значительных различий между получаемыми результатами, создавая необходимость в многократном проведении экспериментов для получения статистически достоверных данных.

2.3.1. Весовые методы анализа

Сущность этих методов заключается в том, что после коагуляции образовавшийся гель переносится в фильтрующую подложку (в тканево-бумажную форму), после чего через равные промежутки времени проводится взвешивание сыворотки и/или сгустка после ее выделения. Эти методы имеют два следующих основных преимущества:

весьма высокая степень гибкости, позволяющая использовать их в лабораторных условиях как при работе с минимальными количествами молока, так и в рамках производственных испытаний;

методика их проведения близка к промышленным способам производства и позволяет (с вполне приемлемым уровнем репрезентативности) моделировать реальные операции по переработке молока в условиях промышленного производства. Единственное, на что следует обращать особое внимание, так это на проведение экспериментов в условиях постоянного температурно-влажностного режима.

2.3.2. Колориметрические методы

Эти методы были разработаны для проведения детальных исследований синерезиса. Их сущность заключается во внесении в молоко перед свертыванием либо гидрорастворимого красителя, который выводится из сгустка вместе с сывороткой, либо специального белкового красителя, концентрация которого возрастает по мере выделения сыворотки. В обоих случаях за этим изменением можно наблюдать с помощью соответствующих колориметров. Изменения отражают ход выделения сыворотки [35—37].

Основное преимущество этих методов заключается в том, что они являются неразрушающими, но следует все-таки отметить определенную сложность при выборе реакций, способных интерферировать в процессах свертывания молока и синерезиса, что заставляет с исключительной осторожностью подходить к подбору красителей.

2.3.3. Анализ изображений

Выделение сыворотки из одинаковых количеств коагулята, помещенного в изоосмотический раствор сыворотки, может сопровождаться периодической киносъемкой. Многомерная обработка снимков позволяет получать объективную информацию о ходе синерезиса на месте без внешних возмущений.

2.3.4. Реологическое измерение

В этом случае речь идет об оригинальном косвенном неразрушающем методе исследования, сущность которого заключается в изучении процесса выделения сыворотки с помощью тромбоэластографа [38]; прибор измеряет постепенное расхождение подвижных частей измерительного устройства вследствие сжатия геля. Следует, однако, отметить, что указанный метод пригоден лишь для начальной стадии выделения сыворотки.

2.3.5. Другие методы исследования хода выделения сыворотки

Помимо вышеуказанных, для проведения измерений в процессе выделения сыворотки использовался также целый ряд других методов, основанных на самых разных принципах: метод измерения удельного веса, метод измерения содержания сухого вещества, метод измерения отношения между массой и высотой геля. Однако все эти методы недостаточно оперативны, а небольшая величина объемов обрабатываемого молока и неравномерность анализируемых количеств геля в значительной мере снижают их надежность.

Уместно подчеркнуть, что в целом ни один из представленных выше методов не дает полностью удовлетворительных результатов. Авторы считают, что более точные данные, которые позволили бы дополнить остающиеся отрывочными сведения о процессе выделения сыворотки, можно было бы получить с помощью таких более совершенных методов, как метод измерения in situ акустических, оптических и электромагнитных волн.

3. Математическое описание происходящих явлений

3.1. Изменение реологических свойств сгустков

Представленные выше методы непрерывного измерения позволяют получить серию пар измерений y_i, t_i, где y_i представляет значение характеристики во время t_i. Описать кинетику образования геля, это значит связать с помощью математической функции $F(t)$ переменную y с переменной t таким образом, чтобы $F(t)$ была максимально близка к y_i. Эта функция $F(t)$ включает в себя ряд параметров (p_1, p_2, p_3 и даже p_4), значения которых следует подобрать так, чтобы свести к минимуму различия между каждым из значений $F(t)$ и y.

Это математическое описание имеет целый ряд преимуществ.

1. Оно позволяет резюмировать данные, содержащиеся в измерениях с несколькими значениями параметров p_1, p_2, ...

2. Полученные параметры, характеризующие каждый случай образования геля, позволяют проводить количественную оценку сыропригодности молока, а также определять степень влияния тех или иных технологических процессов и молокосвертывающих ферментов.

3. Приведенное математическое описание может пролить свет на исследования представленных выше основных механизмов свертывания молока и выделения сыворотки.

4. И наконец, проведение математического описания одновременно с выполнением измерений позволяет прогнозировать изменения, происходящие в сгустке, и могло бы явиться средством, открывающим путь к автоматизации этого технологического этапа производства сыра.

В приведенных ниже моделях речь идет только об исследовании полутвердого состояния молока, а не о переходе из жидкого состояния в твердое. Действительно, сама природа явления такова, что исключает существование такой методики проведения измерений, которая позволила бы проследить за ним с начала до конца. Тем не менее фаза перехода неявно присутствует во всех моделях, описывающих процесс образования геля, в виде лаг-фазы, называемой временем гелеобразования ($t_г$). Впервые модель

$$G = G_\infty \exp\left(-\frac{k_1}{t - t_г}\right) \qquad (1)$$

была предложена Скотт-Блером [39].

Она объединяет мнимый модуль среза G с временем t с помощью трех следующих параметров: G_∞ — максимальный псевдомодуль среза, который может быть достигнут гелем; k_1 — постоянная гелеобразования, с; $t_г$ — время гелеобразования, соответствующее фазе перехода (см. выше).

Авторы используют выражение «мнимый модуль», поскольку, если быть точными, G не является действительным модулем среза (то есть модулем упругости, измеряемым в условиях деформации среза, см. 2.2).

Как показано на рис. 8.1, эта модель включает в себя фазу ускорения, сопровождающуюся фазой замедления. Граница между этими фазами проходит на уровне упругости, составляющей 13,5% максимального модуля G_∞ (точнее, $\frac{G_\infty}{e^2}$). По аналогии с реакцией аутокаталитического типа Тузинский (Tuszynski) [40] предлагает следующее уравнение:

$$t - t_г = \frac{1}{k_2 G_\infty} \ln\left(\frac{\frac{G}{G_\infty}}{x_0\left(1 - \frac{G}{G_\infty}\right)}\right), \qquad (2)$$

где $x_0 = \frac{G_0}{G_\infty}$ и t, $t_г$, G, G_∞ имеют те же значения, что и раньше; k_2 является константой скорости реакции, а G_0 — начальной прочностью геля (x_0 близко к 0,01).

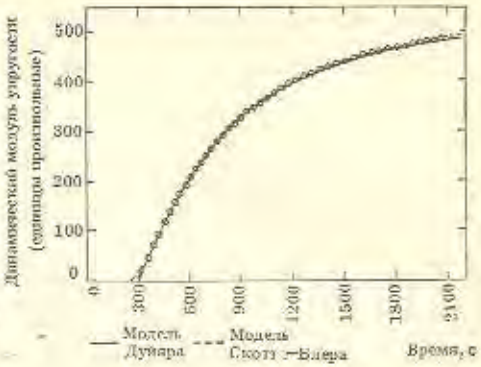


Рис. 8.1. Пример кинетики образования сычужного сгустка: Модель Дуйяра: $G_0 = G_\infty[1 - \exp k(1 - t_{гел})]$ ($G_\infty = 504{,}8/k = 1{,}701 \cdot 10^{-3}$ с$^{-1}$/$t_{гел} = 299{,}3$ с); модель Скотт-Блера: $G = G_\infty \exp[-k/(t - t_{гел})]$ ($G_\infty = 623{,}8/k = 472{,}5$ с/$t_{гел} = 175{,}9$ с)

По своей форме эта модель близка к предшествующей и тоже включает в себя две фазы.

Дуйяр (Douillard) [41] предлагает следующую модель, скопированную с кинетики первого порядка:

$$G = G_\infty\left(1 - \exp^{-k_3(t - t_г)}\right), \qquad (3)$$

в которой t, $t_г$, G и G_∞ имеют те же значения, что и выше; k_3 является константой скорости первого порядка.

В отличие от двух предшествующих эта модель состоит только из одной фазы, и скорость гелеобразования в ней непрерывно снижается.

Наконец, Лоней (Launay) (сообщение сделано лично) предложил модель из пяти параметров, которая была использована Буссемаером (Boussemaer) [42]. Ниже представлен упрощенный вариант этой модели, включающий в себя три параметра:

$$E = E_\infty\left(1 - \exp^{-k_4(t - t_г)}\right)^3,$$

в котором E_∞ и E представляют псевдомодуль сжатия (а не сдвига), соответствующий используемому методу измерения; k_4, t, $t_г$ аналогичны параметрам модели Дуйяра (3).

Эта модель имеет S-образную форму с двумя последовательными фазами.

Возникает вопрос: что даст сопоставление различных существующих моделей с результатами экспериментальных измерений?

Во-первых, эти модели позволяют составить точное описание некоторых видов гелеобразования. Например, модель Дуйяра (3) подходит для случаев быстрой коагуляции, в то время как модель Скотт-Блера (1) позволяет описывать (благодаря своей точке перегиба) медленно происходящие процессы.

Во-вторых, ни одна из этих моделей не обладает достаточной гибкостью для того, чтобы охватывать все виды гелеобразования, в частности, гели, образующиеся при использовании ретентата, получаемого способом ультрафильтрации или из молока, подвергнутого нагреванию, для которых эти модели не предназначались.

В-третьих, отсутствие возможности экспериментального измерения параметров $t_г$ и G_∞ (или E_∞), входящих в состав всех моделей, не позволяет сравнить их с действительно существующими условиями.

В-четвертых, различные гипотезы, касающиеся основных механизмов гелеобразования, используемые в качестве отправных точек каждой из моделей, еще подлежат доказательству, а получаемые результаты не позволяют отдать особое предпочтение одной из них.

Таким образом, многие проблемы в этой области еще ждут своего решения, поисками которого занимается целый ряд коллективов ученых.

Что касается точного описания получаемых кривых, авторы полагают, что исследователи будут ориентироваться на создание моделей переменной формы (то есть моделей с подвижной точкой перегиба), поскольку лишь эти

модели позволяют охватить все возможные кинетические механизмы. В то же время имеется вероятность того, что знание кинетических механизмов гелеобразования позволит провести оптимизацию разрезки сырного сгустка.

3.2. Кинетика выделения сыворотки

Перечень авторов, занимавшихся теоретическими исследованиями процесса выделения сыворотки, короток [37, 43]. Все эти авторы выражают единое мнение о том, что, как правило, процесс выделения сыворотки подчиняется экспоненциальному закону.

Тем не менее в зависимости от используемой методики исследований могут наблюдаться более или менее значительные различия между корреляциями, установленными между теоретическими и действительными зависимостями. Что касается измерений синерезиса, проводимых на определенных количествах коагулята, плавающего в своей сыворотке, наблюдается великолепное совпадение экспериментальных кривых с расчетными, а уравнение, определяющее объем сыворотки V, истекающий во время t, принимает следующую форму:

$$V = V_\infty (1 - e^{-at}),$$

где V_∞ — объем сыворотки, выделившейся к концу эксперимента; a — коэффициент, претерпевающий линейные изменения в соответствии с изменениями температуры.

Выделение сыворотки при использовании перфоры, установленной на подложку, происходит, как правило, согласно экспоненциальному закону, но экспериментальная и теоретическая кривые совпадают лишь в течение первых минут. Затем значения точек теоретической кривой начинают превышать значения, наблюдаемые в действительности, что отражает определенное замедление удаления сыворотки вследствие постепенной забивки фильтрующей подложки и отверстий перфоры.

Таким образом, можно заключить, что экссудация сыворотки из коагулята, помещенного в какую-то емкость, является результатом не только собственно синерезиса, но также зависит от способности к удалению сыворотки той емкости, в которой находится сгусток, и самого сгустка, поскольку последний подобен фильтру, пропускная способность которого снижается с течением времени.

Сложность математического подхода к законам, управляющим процессом выделения сыворотки, объясняется трудностью полного овладения всеми физико-химическими факторами, управляющими этим явлением, и разнообразием используемых методов. И если всегда можно скорректировать какую-то формулу учитывая определенные изменения, происшедшие в конкретных условиях, то пока нет еще каких-то общих моделей, которые позволили бы прогнозировать ход выделения сыворотки на основе известных данных, касающихся различных параметров свертывания молока и выделения сыворотки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sale P., 1980. Bull. Techn. C.R.V.Z., Theix-INRA, (40), 19—26.
2. Tanaka T., 1981. Pour la Science, 41, 62—78.
3. Green M. L., Turvey A. et Hobbs D. G., 1981. J. Dairy Res., 48, 343.
4. Kalab M. et Harwalkar V. R., 1973. J. Dairy Sci., 56, 835—842.
5. Kalab M. et Emmons D. B., 1976. Milchwissenschaft, 33, 670—673.
6. Green M. L., Hobbs D. G., Morant S. V. et Hill V. A., 1978. J. Dairy Res., 45, 413—422.
7. Green M. L., 1980. Food Chem., 6, 41—49.
8. Eino M. V., Biggs D. A., Irvine D. M. et Stanley D. W., 1976. J. Dairy Res., 43, 109—111.
9. Kudryavtseva T. A. et Patkul G. M., 1973. Abstract in F.S.T.A. (1975) 7, 188, 12P2806.
10. Glaser J., Carroad P. A. et Dunkley W. L., 1980. J. Dairy Sci., 63, 37—48.

11. Gervais A., Vermeire D., Cerf O. et Toux J., 1982. XXIème Congrès Intern. Lait., 1 (2), 180—181.
12. Berridge N. J., 1952. Analyst, 77 (911), 57.
13. Payens T. A. J., Wiersma A. K. et Brinkhuis J., 1977. Biophys. Chem., 6, 253—267.
14. Surkov B. A., Klimovskii I. T. et Krayjshkin V. A., 1982. Milchwissenschaft, 37, 393—395.
14 bis. Hardy J., Fanni J., Scher J., 1985. Revue Laitière Française, 441, 13—18.
15. Hardy J., Fanni J. et Weber F., 1981. Sci. Aliments, 1, 351—364.
16. Butkus K. D., Bernatonis Y. V. et Butkus R. K., 1978. XXème Congrès Intern. Lait., Paris. Brèves communications, 412.
17. Guthy K. L. et Novak G., 1977. J. Dairy Res., 44, 363—366.
18. Tsouli J., Favre-Bonvin G., Policard C. et Ville A., 1975. Le Lait, 55, 289.
19. Scott Blair G. W. et Oosthuizen J. C., 1961. J. Dairy Res., 28, 165—173.
20. Gryzowska A. et Wodecki E., 1976. Zesz. Nauk. Akad. Rolniczo Techn. w Olstynie, 8, 33—41.
21. Bachman S., Klimczak B. et Gasyna Z., 1980. Acta Alimentaria Polonica, 6 (XXX) (3), 135—143.
22. Bachman S., Klimczak B. et Gasyna Z., 1978. Acat Alimentaria Polonica, 4 (XXVIII) (1), 55—62.
23. Bachman S., Klimczak B. et Gasyna Z., 1978. Acta Alimentaria Polonica, 4 (XXVIII) (3), 239—246.
24. Marshall R. J., Hatfield D. S. et Green M. L., 1982. J. Dairy Res., 49, 127—135.
25. Thomasow J. et Voss E., 1977. Bull. Annuel F.I.L., Doc. n° 99.
26. Yun S. E., Ohmiya K., Kobayashi T. et Shimizu S., 1981. J. Food Sci., 46, 705—707.
27. Storry J. E. et Ford G. D., 1982. J. Dairy Res., 49, 343—346.
28. Burgess K. J., 1978. Ir. J. Food Sci. Technol., 2, 129—134.
29. Hatfield D. S., 1981. J. Soc. Dairy Technol., 34, 139—142.
30. Vanderheiden G., 1976. CSIRO Food Res. Quarterly, 36, 45—47.
31. Hardy J., Fanni J. et Weber F., 1981. Sci. Aliments, 1, 351—364.
32. Gervais A., 1983. Appareil de mesure des propriétés rhéologiques des semi-solides par cisaillement harmonique de rotation. Thèse Docteur-Ingénieur. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires, Massy.
32a. Milkie T. H., Croucher M. D., 1984. Rev. Sci. Instrum. 55 (10), 1675—1683.
32b. Lee K. T., 1985. Contribution à l'étude rhéologique de la cinétique de la coagulation enzymatique du lait; comportement en régime harmonique et en compression uniaxiale. Doctorat en sciences alimentaires. ENSIA, Paris VII, Paris XI.
32c. Jones T. E. R., Davis J. M., Barnes H. A., 1984. Dynamic flow properties of materials in a constant stress rheometer. Proceedings of the 19th International Congress on Rheology, Mexico.
33. Persoz B., 1960. Introduction à l'étude de la rhéologie. Dunod, Paris.
34. Scott-Blair G. W. et Burnett J., 1958. J. Dairy Res., 25, 297—303.
35. Beeby R., 1959. Aust. J. Dairy Technol., 14, 77—79.
36. Pulay G., Csok J. et Bakos A., 1970. XVIIème Cong. Int. Lait., Sydney, 1F, 33.
37. Weber F., 1976. Etude de l'égouttage des coagulums de lait et composition des lactosérums. Thèse d'université, Caen.
38. Tarodo de la Fuente B., Alais C. et Frentz R., 1969. Le Lait, 49, 400.
39. Scott Blair G. W. et Burnett J., 1963. Biorheology, 1, 183—191.
40. Tuszynski W. B., 1971. J. Dairy Res., 38, 115—125.
41. Douillard R., 1973. J. Texture St., 4, 158—165.
42. Boussemaer J.-P., 1981. Contribution à l'étude de la gélification du lait sous l'action de la présure: aspects rhéologiques. Thèse de troisième cycle. Université de Paris XI, Orsay.
43. Kirchmeier O., 1972. Milchwissenschaft, 27, 99—102.
44. Kunz B., Lorber S. et Raubrer H. J., 1972. Lebensmittel Ind., 19, 421.

Глава 9

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СГУСТКОВ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

Ж. Пернодe*

Технология производства сыра включает ряд последовательных операций, позволяющих получить сгусток, а затем выделить из него молочную сыворотку. Изменения факторов, действующих во время этого процесса (природа и количество используемых молочнокислых заквасок, количество молокосвертывающего фермента, механические и физические операции, используемые на этапе выделения сыворотки, момент начала и интенсивность нарастания кислотности), придают сгустку на заключительном этапе выделения сыворотки определенный химический состав (содержание сухого вещества и жира, pH, содержание молочной кислоты и минеральных веществ), а также специфическую физическую структуру.

В таблице 9.1 представлены различные фазы приготовления сгустка с указанием основных элементов технологических этапов. Они позволяют быстро обнаружить технологические особенности каждого этапа, позволяя сравнить их с особенностями производства аналогичных продуктов. Дополнительные сведения, касающиеся технологии производства, вносятся в каждую технологическую карту. Следует, однако, отметить, что все эти данные имеют общий характер вследствие изменчивости характеристик молока во времени и пространстве. Это позволяет получить классификацию сыров по основным группам, соответствующую классической схеме. Видимо, уместно заметить, что составление каких-то единых систем или обеспечение всеобщего их понимания в определенной степени усложняется переплетением экономических или технологических требований, а также существованием нормативных документов, касающихся, в частности, правил установления названий марочных сыров, например, частая расплывчатость границ между различными классами сыров, и даже наложения одних классов на другие, касающиеся содержания воды в нежировой части сухого вещества сыра**.

Так, в группе мягких сыров с плесневой коркой встречается ряд сыров типа камамбера, формование которых проводится с помощью сырного ковша, другие сыры типа камамбера, формование которых производится с использованием групповых форм, а также продукты, выпускаемые сравнительно недавно: речь идет о сырах с высоким содержанием жира, подвергаемых стабилизации или растворимых, технология производства которых близка к технологии изготовления прессуемых сыров.

Настоящая глава не преследует цели представить читателю подробное описание технологий производства большого количества различных видов сыра. Авторы также не ставили задачи сделать ее своего рода кратким словарем по сыроделию. Вниманию читателя предлагаются лишь основные элементы технологии производства сыра.

В представленной таблице и в рамках всей главы предполагается, что в каждом случае проводится предварительная нормализация молока по жиру внесением жира в виде сливок или их частичной сепарацией.

1. Свежие сычужно-кислотные сыры и сырные массы, потребляемые без созревания

Технология производства таких сыров основана на использовании большой продолжительности свертывания молока, обеспечиваемой комбинированным воздействием молочнокислых заквасок и небольшого количества сычужного фермента. Температура молока, а затем и сгустка способствует развитию молочнокислых и ароматообразующих бактерий и ограничивает плотность и синерезис сгустка.

Далее представлены три схемы технологического процесса, рассматриваемые авторами как наиболее показательные среди используемых в настоящее время технологий для сыров с пониженной жирностью с гладкой коркой; изготавливаемых с использованием формования; с повышенным содержанием жира в сухом веществе (>65%).

Разумеется, этот перечень не исчерпывающий, тем более что иногда сгусток с низким содержанием жира, получаемый с помощью центрифугирования, подвергают нагреванию (до 60—65 °C)*. Эта обработка, подобно той, которую применяют при производстве сыров с очень высоким содержанием жира, создает сложность в использовании терминологии: действительно ли речь идет о «свежем» сыре? Французская регламентация (1986 г.) хранит по этому поводу молчание. На международном рынке эти сыры продолжают называть: сыры без тепловой обработки или сыры без созревания**.

И наконец, в некоторых странах встречаются продукты, получаемые при свертывании сливок с помощью молочнокислых бактерий и сычужного фермента с последующим выделением сыворотки из сгустка. При производстве итальянского сыра маскарпоне (mascarpone) свертывание сливок осуществляется с помощью молочнокислых бактерий или же путем добавления лимонного сока или какой-либо пищевой кислоты с последующим выделением сыворотки из сгустка. В полученную сырную массу добавляют ароматические вещества (сахар, фруктовый сироп, спирт или кофе).

1.1. Сыр пониженной жирности с гладкой коркой

Обезжиренное пастеризованное молоко нагревается до температуры 25±3 °C; затем в него вносят бактериальную закваску, состоящую из *Str. cremoris*, *Str. lactis*, *Str. diacetylactis* (1,5—2,5%) и 2—5 мг/100 л сычужного экстракта

↓

Свертывание в резервуарах. Продолжительность свертывания 16—18 ч

↓

Перемешивание и центрифугирование (выход сгустка осуществляется через периферийную часть сепаратора)

↓

Охлаждение

↓

Обработка поверхности

↓

Упаковка

↓

Готовый сыр с низким содержанием жира с гладкой коркой

Примечание. После охлаждения сгустка можно добавить сливки (с помощью дозировочного насоса) с последующим перемешиванием массы и обработкой поверхности сыров; в результате получают сыр с определенным содержанием жира.

---

* G. Pernodet.

** См. часть VII, главу 29.

* См. часть II, главу 6; 4.2.

** В англосаксонских странах свежий сыр определяют, таким образом, как сыр «без созревания». В действительности, свежий сыр проходит определенное созревание как в физическом, так и в органолептическом отношения; происходят «отвердевание» сырной массы и развитие запаха.

9.1. Технологические операции, выполняемые в процессе изготовления сыра

Группы сыров	Основные разновидности сыров	Подготовка молока	Приготовление сгустка	Обработка сгустка и его характеристики	Особенности технологии производства	Посолка	Характеристики сырной массы перед созреванием
Свежие сыры	Свежий сыр с выделением сыворотки через фильтрующий материал	Обязательная пастеризация и внесение молочнокислых заквасок	Большая продолжительность свертывания при 18—25 °С	Имеют рано выраженный кислотный характер	Выделение сыворотки проводится с использованием мешков или фильтров. Проводится центрифугирование сгустков с низким и высоким содержанием жира (с тепловой обработкой или без нее)	Может проводиться в виде внесения соли (с добавлением или без добавления ароматизаторов)	Низкое содержание сухого вещества (от 11,5 до 35%). Содержание жира изменяется в широких пределах в зависимости от вида продукта. Сгусток имеет особую структуру с сильно выраженным кислотным характером
Кисломолочные сыры	Пти-сюиз, сен-флорантэн, флорантэн, сен-марселен				Сгусток пропускается через смеситель для внесения сливок с целью нормализации по жиру (в сухом виде)		Созревание не проводится. Максимальная температура стабилизации 10 °С
Мягкие сыры	Понлёвек, карре де л'эст и его разновидности, мароль, мюнстер, камамбер, бри	Молоко сырое, пастеризованное или термизованное. Внесение мезофильных молочнокислых заквасок и микофлоры	Продолжительность свертывания не менее 40 мин. Температура от 30 до 38 °С	Имеют тенденцию к приобретению сычужного характера	В случае необходимости проводятся промывка сгустка, повторное нагревание смеси сыворотки и сгустка, внесение (если потребуется) термофильных молочнокислых заквасок.	После извлечения из форм посолка сухой солью или в рассоле. Если необходимо, вентиляция	Содержание сухого вещества от 40 до 50%. Содержание жира в сухом веществе от 40 до 60%. Минерализация зависит от pH и режима выделения сыворотки
			Использование сычужного препарата и других молокосвертывающих ферментов	Тенденция к развитию кислотного характера			
Прессуемые сыры	Сэн-полэн, реблошон, морбье, том де Савуа, кантал, чеддер	Сырое, пастеризованное или термизованное молоко. В случае необходимости бактофугирование. Внесение мезофильных и в некоторых случаях термофильных заквасок. Если необходимо, внесение красителя	Продолжительность свертывания 30 мин. Температура 30—33 °С. Готовится с использованием сычужного препарата или других молокосвертывающих ферментов	Имеют сычужный характер	Более или менее интенсивная промывка сгустка. Повторное нагревание смеси сыворотки и сырного зерна	После извлечения из форм посолка сухой солью или в рассоле. Вентиляция, если необходимо	Содержание сухого вещества от 45 до 62%. Содержание жира в сухом веществе от 20 до 50%. pH от 4,95 до 5,3. Минерализация довольно высокая (в зависимости от режима выделения сыворотки и нарастания кислотности)

Группы сыров	Основные разновидности сыров	Подготовка молока	Приготовление сгустка	Обработка сгустка и его характеристики	Особенности технологии производства	Посолка	Характеристики сырной массы перед созреванием
Голубые сыры	Рокфор, блё д'Овернь, блё де Жекс, горгонзола	Сырое или пастеризованное молоко. В случае необходимости гомогенизация сливок. Внесение мезофильных и термофильных заквасок. В случае необходимости внесение *Leuconostoc*. Внесение микофлоры, если необходимо — красителя	Продолжительность свертывания от 45 мин до 2 ч. Температура от 29 до 35 °С. Сгусток готовится с использованием сычужного фермента или молокосвертывающих ферментов	На поздней стадии созревания сгусток приобретает кислотный характер	Перемещение сгустка осуществляется с помощью передвижной установки с двойным дном для стекания сыворотки; вымешивание зерна проводится без сыворотки. В случае необходимости в процессе формирования проводится посолка в зерне и вносятся споры *P. roqueforti*. После формования сыры периодически переворачиваются	После извлечения из форм посолка сухой солью в холодном или нагретом состоянии. Посолка в рассоле	Содержание сухого вещества от 45 до 55%. Содержание жира в сухом веществе от 45 до 55%. pH от 4,8 до 5. Степень минерализации от средней до низкой (в зависимости от режима выделения сыворотки и нарастания кислотности)
Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания	Эмментальский, контэ, бофор, сбринц, пармезан	Сырое или термизованное молоко. Внесение мезофильных заквасок. В случае необходимости внесение пропионовокислотных бактерий	Продолжительность свертывания от 20 до 40 мин. Температура, как правило, 31—32° С. С использованием сычужного фермента, мацерации сычугов или с помощью других молокосвертывающих ферментов	В сыродельной ванне: мелкое дробление и обработка для быстрого выделения сыворотки. Вымешивание и подогрев для ускорения и дополнительного выделения сыворотки (второе нагревание). Минимальное изменение нарастания кислотности. В форме: окончательное выделение сыворотки; агломерация сырного зерна под действием давления. Нарастание кислотности, необходимое для выделения сыворотки	Частичное выделение сыворотки может проводиться до формирования	После извлечения из форм посолка сухой солью или в рассоле	Содержание сухого вещества >60%. pH от 5,15 до 5,35. Минерализация высокая (вследствие нарастания кислотности после значительного выделения сыворотки)

Группы сыров	Основные разновидности сыров	Подготовка молока	Приготовление сгустка	Обработка сгустка и его характеристики
Другие технологии (сыры с чеддеризацией сырной массы)	Сардский, моццарелла, проволоне, меттон	Пастеризованное молоко, подвергнутое биохимическому созреванию с дополнительным использованием, если необходимо, липазы или жидкого коагумента, обладающего липолитической активностью (мацерация сычугов, пастообразный сычужный препарат)	Сычужное свертывание	Процесс приготовления сырной массы аналогичен используемому в производстве прессуемых сыров, но без промывки сырного зерна. Выделение сыворотки в формах с последующим ее удалением дренированием и нарастанием кислотности

1.2. Формованный сыр

В пастеризованное и нормализованное по жиру молоко вносятся, как и в предыдущем случае, кислото- и ароматобразующие бактерии и штаммы, позволяющие получить более или менее тянущуюся консистенцию (за счет производства слизистых веществ)

↓

Свертывание в ваннах.

Продолжительность свертывания 16—18 ч

↓ Формование

↓ Предварительное удаление сыворотки с помощью салфеток

↓ Формование

↓

Упаковка

↓

Быстрая (обязательно) реализация

Примечание. Этот сыр может также вырабатываться с помощью технологии MMV (см. часть VI, главу 21; 1.4).

Особенности технологии производства	Посолка	Характеристики сырной массы перед созреванием
Разгрузка сгустка после умеренного выделения сыворотки и нарастания кислотности. Плавление пластинок или полосок сырной массы в воде при температуре 80 °С. Перемешивание, формование. Охлаждение. Если необходимо, посолка в воде или сыворотке при придании слоистой консистенции. Термостатная выдержка сгустка в формах в условиях повышенной влажности. Переворачивания	В рассоле	Содержание сухого вещества, составляющее от 45 до 58% в зависимости от типа сырной массы, используемой для вытягивания. Позволяет получать готовые продукты двух основных типов: а) мягкий сыр с чеддеризацией сырной массы типа моццареллы; б) твердый сыр с чеддеризацией сырной массы типа проволоне или качкавала

1.3. Сыр с повышенным содержанием жира

Молоко жирностью 70—80 г/л пастеризуется, гомогенизируется (18—20 МПа, 45—65 °С); затем в него вносится закваска из кислото- и ароматобразующих штаммов

↓

Свертывание в резервуарах. Продолжительность свертывания 18—20 ч

↓

Вымешивание

↓

Тепловая обработка при 60—75 °С (с использованием теплообменника, снабженного системой скребков)

↓

Центрифугирование (сгусток отводится через центральную часть установки)

↓

Если необходимо, повторная тепловая обработка

↓

Охлаждение

↓

Упаковка

↓

Реализация

Примечание. Тепловая обработка преследует две цели: снижение вязкости и предупреждение последующего молочнокислого брожения.

2. Кисломолочные сыры без созревания или с созреванием

Эти сыры занимают промежуточное место между свежими сырами, с которыми их связывают общая технология изготовления и физико-химический состав, и мягкими сырами с мытой или плесневой коркой, поскольку они также подвергаются посолке, вентиляции, а иногда проходят и через начальный этап созревания, в результате чего их корка становится носителем грибковых культур или микроорганизмов.

Их реализация возможна на различных стадиях производства до и после посолки.

К этой категории авторы относят сыры, изготовляемые из коровьего или козьего молока, а также из их смесей.

2.1. Общая технология производства

Тепловая обработка или пастеризация молока проводится почти во всех случаях, за отдельными исключениями. В молоко вносятся мезофильные бактериальные закваски; оно проходит стадию созревания. Выраженный характер процесса молочнокислого брожения в сгустке ведет к получению непрочных сырных масс нежной консистенции. Эта особенность создает необходимость в уменьшении размеров готовых сыров и в выполнении операций, отличающихся большой сложностью.

Посолка проводится путем кратковременного погружения сыров в холодный рассол или нанесения сухой соли на их поверхность. В процессе созревания поверхность сыра покрывается микрофлорой дрожжевого происхождения и *Penicillium*. В некоторых случаях с помощью натирания и смачивания на поверхность сыра наносят культуру типа *Brevibacterium linens*.

Эти сыры подразделяются на три категории:

сыры, реализуемые в почти свежем виде, без видимого присутствия микроорганизмов; к ним относятся: сен-флорантэн ...;

сыры, реализуемые с коркой, на которой преобладают *Geotrichum* и *Penicillium*: сен-марселен, сументрен ...;

сыры, выпускаемые в продажу после созревания; на их корке развивается культура бактерий типа *Brevibacterium linens*; сыры типа эпуаса, лангра (époisses, langres).

Сыры этой подгруппы могут реализоваться либо без видимых признаков развития поверхностных микроорганизмов, либо с использованием другого режима созревания. Это замечание касается сыров типа сен-марселена, шаурса, эпуаса и др.

Повышение содержания сухого вещества и форма кривой прохождения процесса молочнокислого брожения у каждого технологического процесса разные; они определяют характеристики сырной массы, способность микроорганизмов к развитию в процессе созревания, а также отчасти предопределяют вкус сыров.

2.2. Сыры, изготовляемые из козьего молока

Эта группа сыров занимает особое место, несмотря на то, что технология их изготовления весьма близка к той, которая была представлена авторами, когда речь шла о кисломолочных сырах без созревания или с созреванием.

Определенная разница между составами коровьего и козьего молока ведет к появлению некоторых различий с точки зрения технологии их производства (в случае козьего молока сгусток более дряблый и непрочный).

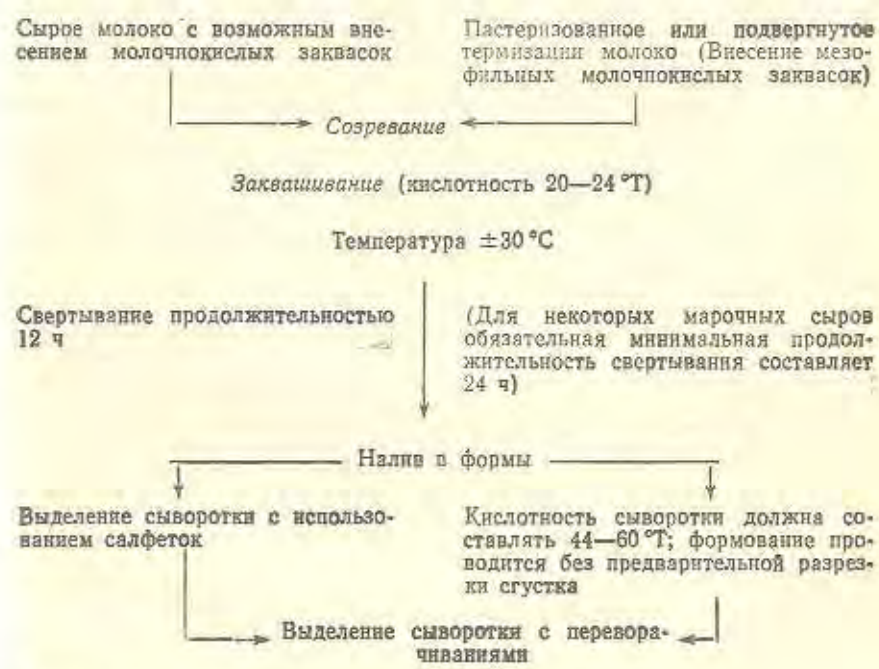
Нормализация молока по жирности проводится в незначительной степени, а содержание жира (в сухом веществе) сохраняется близким к 50% (от 45 до 55%).

Посолку следует проводить на самой ранней стадии изготовления, сразу после переворачивания в форме. Первая посолка дополняется второй (ручной или механизированной), выполняемой сухой солью или погружением в рассол.

Технологические схемы производства сыра из козьего молока отличаются разнообразием, а промышленное производство, основанное на древних навыках и умениях, использует современные средства охлаждения, пастеризации, ввода заквасок и управляемого созревания молока. Следует отметить внедрение метода ультрафильтрации, используемого для получения ретентата, предназначенного как для немедленного использования в технологическом процессе, так и для приготовления замороженного или резервируемого концентрата*.

В настоящее время выпускаются новые виды сыров из козьего молока, предназначенные для продажи вразвес.

Производство кисломолочных сыров без созревания или с созреванием



* См. часть II, главу 10.

Посолка

Сухой солью или в рассоле;
контроль вентиляции и высушивания
поверхности

Внесение методом распыления спор *Penicillium camemberti*
Развитие дрожжевой флоры и плесени
Созревание
Регулируемые параметры:
температура
влажность
Переворачивание

Нанесение поверхностной микрофлоры
Регулируемые параметры:
температура
влажность
Уход за поверхностью сыров (если необходимо, внесение ароматизирующих веществ на поверхность)

Реализация

3. Мягкие сыры*

Большой ассортимент французских мягких сыров объясняется не только использованием самых разных методов их созревания, но также и огромным количеством технологических схем. Это позволяет иметь целую гамму сгустков, начиная от сгустка с довольно сильным молочнокислым характером (бри де Мелен) и кончая сгустками сычужного типа (понлёвек), между которыми располагается целая промежуточная группа сыров (сыры типа камамбера, составляющие две трети общего количества мягких сыров, производимых во Франции).

Здесь может быть сильнее, чем в остальных группах сыров, достижение характерной и типичной для них синхронизации между свертыванием и удалением сыворотки при ее выделении из сгустка в ванне и форме позволяет получать при извлечении из формы сырную массу с характерными для этого типа сыра показателями, касающимися общего количества сухого вещества, pH и коэффициента деминерализации (табл. 9.2).

В настоящее время управлять процессом свертывания молока в условиях промышленных технологий производства удается достаточно хорошо. Выделение же сыворотки из сгустка (связанное наряду с другими факторами с синерезисом сгустка) пока еще отчасти находится в зависимости от большого количества изменяющихся качественных показателей молока. Совокупность этих факторов может объяснить географическое разнообразие зон производства традиционных французских мягких сыров и сезонных изменений их качественных показателей. Однако число этих переменных параметров имеет тенденцию к сокращению: этого требуют условия оптимизации производственных процессов. Поскольку технология производства мягких сыров такова, что сыродел практически бессилен вмешиваться в нее после введения в молоко сычужного фермента, усилия по стандартизации обязательно должны быть перенесены на этап подготовки молока.

Именно в этом направлении идет нормализация созревания молока до или после тепловой обработки, а с недавнего времени и нормализация молока по содержанию белков.

---

* Автор: Б. Мьетон. Национальная школа специалистов молочной промышленности Полиньи, 39800, Полиньи, Франция. (B. Mietton, E. N. I. L. de Poligny, 39800 Polygny).

3.1. Традиционные французские мягкие сыры

В таблице 9.2 представлены отличительные черты технологий производства так называемых традиционных французских мягких сыров, применяемых в настоящее время.

Низкая степень минерализации сыров типа бри де Мо, различных видов камамбера и некоторых сортов мюнстера (обычно больших блоков) достигается за счет того, что:

сычужный фермент вводится в молоко, имеющее относительно высокую кислотность (25—31 °Т, pH 6,2—5,85);

общая продолжительность свертывания составляет от 30 до 45 мин при коротком времени индукционного периода: от 6 до 8 мин;

отсутствует этап выделения сыворотки из сгустка в ванне (сыры типа бри и традиционного камамбера, приготовляемые из сырого молока), а если это и осуществляется, то выделение сыворотки при этом ограничено (сыры типа камамбера, приготовляемые из пастеризованного молока, и мюнстера). В этих последних случаях сгусток разрезается на кубики с размером сторон от 2 до 2,5 см, а его подача на формование производится через 30—50 мин после разрезки, после удаления части выделившейся сыворотки (20—40%). Если потребуется, то в критический момент может быть проведено вымешивание зерна для повышения степени выделения сыворотки в сырной ванне. Оно выполняется либо через 20—25 мин после разрезки сгустка, либо непосредственно перед подачей зерна в формы для обеспечения нормального розлива. Снижение скорости выделения сыворотки при равных скоростях молочнокислого брожения ведет к повышению минерализации.

Подача в формы производится с помощью ковша для съема сливок (сыры типа бри де Мо или бри де Мелен) или черпака (камамбер, приготовляемый из сырого молока). При использовании этих традиционных приемов операция формования растягивается во времени, поскольку для постепенного заполнения форм требуется 1—1,5 ч. В этом случае процесс выделения сыворотки проходит медленнее, чем в условиях механизированного производства с использованием групповых форм. Напротив, в условиях механизированного производства предварительное удаление части сыворотки в ванне позволяет снизить потери, имеющие место при механических воздействиях, которым подвергается сгусток. Кроме этого, быстрое начало молочнокислого брожения должно компенсировать недостаток деминерализации по сравнению с традиционными способами производства.

Удаление сыворотки производится в формах, устанавливаемых в помещениях, снабженных системами кондиционирования. Поддержание температуры на уровне 26—28 °С в течение нескольких часов после формования ограничивает охлаждение средней части сыров, отличительной чертой которых является большая величина отношения между площадью поверхности и объемом. Эти температуры благоприятно сказываются на синерезисе и процессе молочнокислого брожения.

Напротив, значительный уровень минерализации, отмеченный у сыра сорта понлёвек и у некоторых сыров типа мюнстера (обычно у малых), достигается за счет обеспечения быстрого удаления сыворотки из сгустка. Оно достигается:

путем введения сычужного фермента в совсем свежее или в незначительной степени прошедшее процесс созревания молоко (18—20 °Т, pH 6,65—6,6). Это делается обычно при более высоких температурах (34—36 °С) и с использованием дозы сычужного фермента, в 1,5—2 раза превышающей ту, которая применяется в ранее представленных технологиях (от 30 до 40 мл/100 л молока);

за счет более мелкой разрезки зерна (кубики с размером сторон 0,7—1,5 см) и большей степени его вымешивания в ванне при примерно одинаковой общей продолжительности производственного процесса;

с помощью предварительного выделения сыворотки из сгустка перед его формованием. В случае традиционного способа изготовления сыра понлёвек сгусток в момент подачи в формы еще и перемешивается.

9.2. Технология производства традиционных французских мягких сыров

	Бри де Мо	Камамбер		Мюнстер	Понлёвек
		традиционный	полученный в условиях промышленного производства		
Подготовка используемого молока	Сырое	Сырое	Пастеризованное	Сырое или пастеризованное	Сырое или пастеризованное
Созревание и резервирование молока (Д — 1)*	Значительное (мезофильные закваски; 15 °С; 15—20 ч)	Значительное	Значительное (в сыром виде или после тепловой обработки)	Незначительное	Незначительное (введение различных количеств мезофильных заквасок в зависимости от каждого конкретного случая; 10—12 °С; 15—20 ч)
Созревание перед свертыванием сычужным ферментом	Параметры созревания (дозы заквасок, температура, продолжительность) каждый раз подбираются таким образом, чтобы обеспечивать достижение установленных показателей кислотности и pH при свертывании сычужным ферментом				
Свертывание:					
характеристики молока перед свертыванием сычужным ферментом:		Требования к молоку при свертывании сычужным ферментом, количество сычужного фермента и продолжительность свертывания подбираются в соответствии с характеристиками молока, поступающего на предприятие, и в зависимости от уровня механизации производства			
pH	5,85—6,20				6,60—6,65
кислотность, °Т	25—31				18—20
температура, °С	32—24				34—36
доза сычужного фермента, мл/100 л	15—20				30—40
общая продолжительность свертывания, мин	30—45				30—45
Обработка сгустка в сыродельной ванне:					
разработка сгустка	—	—	В соответствии с типом свертывания и в зависимости от используемого оборудования		Кубики с размером сторон от 0,7 до 1,5 см
вымешивание зерна	—	—	То же		2—4 вымешивания
продолжительность	Если необходимо, разрезка перед формованием		»		30—45 мин
Формование — выделение сыворотки:	Ковшом для снятия сливок	Сырным ковшом	Групповые формы	Групповые или индивидуальные формы	Групповые или индивидуальные формы
кислотность сыворотки, °Т	18—20	18—20	15—17	15—17	12—13
Характеристика сгустка после удаления сыворотки:					
содержание в сухом веществе, %	38—40	40—41	40—42	44—46	46—47
pH	4,6—4,8	4,6—4,8	4,8—4,9	4,9—5,1	4,9—5,15
содержание Са в сухом веществе, %	0,40—0,45	0,35	0,35—0,40		1,1—1,15

* Д — день использования для производства сыра.

На рисунке 9.1 схематически представлена кинетика выделения сыворотки из сгустка в сырной ванне в случае производства двух представленных выше основных групп традиционных французских мягких сыров.

3.2. Модернизация традиционных технологических процессов изготовления мягких сыров. Новые виды продукции

Технологические и экономические изменения в области молочнотоварного производства и на рынке молочных продуктов привели к изменению традиционных технологических схем и созданию новых видов сыра (так называемых стабилизированных и солюбилизированных), отличающихся в момент извлечения их из форм высокой степенью минерализации и высоким показателем pH. Иногда они выпускаются в формате, предназначенном для продажи вразвес, в виде блоков массой от 2 до 3 кг.

Все шире новые технологии используют молоко, подвергнутое незначительному созреванию. Во многих случаях молоко обогащают жиром для получения сыров с повышенным содержанием жира в сухом веществе (от 55 до 60%) или сывороточными белками, денатурируемыми в кислой среде с помощью нагревания. Последние получают с использованием технологии септри-вей* или же при концентрации путем ультрафильтрации сладкой молочной сыворотки.

Оба эти способа обогащения молока обеспечивают более высокую степень фиксации воды в сгустке и таким образом тормозят выделение сыворотки. Поэтому сыроделы стремятся к достижению высокого уровня выделения сыворотки при обработке сгустка в сыродельной ванне, тем более что сыр выпускается в виде крупных блоков. Это достигается за счет того, что с самого начала сгустку придается сильно выраженный сычужный характер: сквашивание молока сычужным препаратом проводится при температурах от 36 до 39 °С, используемая доза сычужного препарата составляет 30—35 мл/100 л молока; в этом случае длительность схватывания составляет 6—8 мин, а общая длительность свертывания колеблется в пределах между 30 и 40 мин. Продолжительное уплотнение сгустка обеспечивает его высокую связность, необходимую для того, чтобы снизить потери жира в процессе разработки (часто проводимой в непрерывном режиме).

В случае необходимости после первого вымешивания продолжительностью около 10 мин проводится промывка сгустка (30—40%), сопровождающаяся повторным вымешиванием в течение 15—20 мин. Повторное вымешивание ускоряет

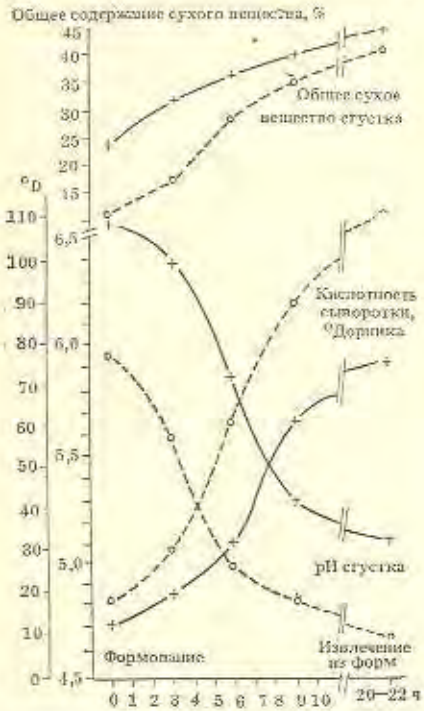


Рис. 9.1. Кинетика выделения сыворотки из сгустка в сыродельной ванне при производстве традиционных сыров типа камамбера (— — —0— — —) и понлёвека (———+———)

* См. часть II, главу 6; 4.2.3.1.

выделение сыворотки в сыродельной ванне и позволяет ограничить нарастание кислотности сгустка после выделения сыворотки из зерна, помещенного в форму.

После формования выделение сыворотки происходит довольно медленно, тем более что бо́льшая часть сыворотки (35—50%) удаляется еще до формования. Нарастание кислотности может происходить довольно быстро, особенно при использовании термофильных заквасок (в виде чистой культуры термофильных стрептококков или смеси стрептококков и лактобацилл) в сочетании (или нет) с мезофильными культурами.

Дополнительно к удалению молочного сахара может проводиться торможение нарастания кислотности к концу выделения сыворотки, что позволяет достичь быстрого перехода сырной массы в растворимое состояние в процессе созревания. Через 8—10 ч после формования сырную массу быстро охлаждают (снижая температуру в помещениях участка выделения сыворотки до 20 °С и меньше или погружая сыры в рассол).

4. Голубые сыры

Эта группа объединяет большое количество сыров различной формы, внутри которых развиваются *Penicillium roqueforti*.

Содержание сухого вещества в этих сырах составляет от 50 до 58%, а жира в сухом веществе всегда превышает 45%.

Для производства этих сыров используют коровье и овечье молоко; что касается козьего молока, то оно используется редко.

4.1. Отбор молока для производства голубых сыров

Молоко с низким уровнем бактериальной обсемененности или подвергнутое непродолжительному созреванию хорошо подходит для изготовления сыра с мягким тестом типа горгонзолы (gorgonzola), фурм (fourme), сасанж (sassenage) и блё де Жекс (bleu de Gex) (изготовление последнего проводится не ежедневно, а через день).

Молоко, подвергаемое более продолжительному созреванию, лучше подходит для производства сыров типа овернского, де Лакёй (De Laqueuille).

4.2. Технология производства голубых сыров и ее особенности

Эта технология схематически представлена ниже.

Изготовление голубых сыров

Молоко, нормализованное по жиру (32—36 г/л)

↓ (с возможным внесением жира в виде гомогенизированных сливок)

Пастеризация

↓

Мезофильные и термофильные молочнокислые закваски → Созревание ← Суспензия спор *P. roqueforti*

↓

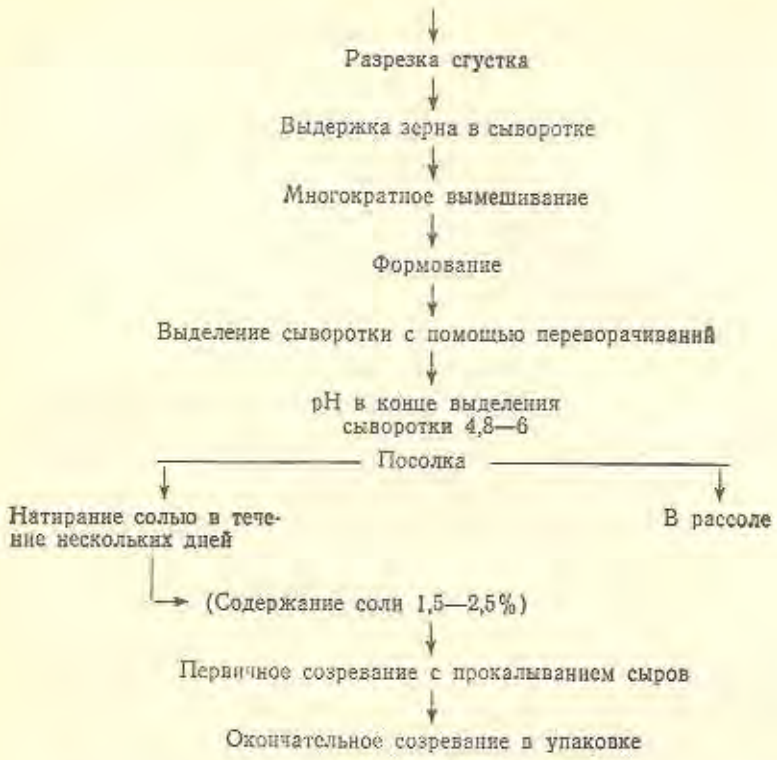
Кислотность в конце созревания 20—24 °Т

Температура 30—33 °С

Если необходимо, использование отбеливателя

↓

Длительность свертывания 30—75 мин



Внесение бактериальных препаратов. Содержащиеся в молоке микроорганизмы отличаются специфическими особенностями и огромным разнообразием, они присутствуют даже в сыром неохлажденном молоке. Среди них можно выделить:

термофильные бактерии, стрептококки и *лактобациллы*, вносимые в молоко, оказывающие дополнительное воздействие на его сквашивание и отличающиеся более выраженной протеолитической активностью;

гетероферментативные бактерии, играющие определенную роль в формировании сырного теста (образование рисунка сыра); в этом случае штаммы лейконостоков, отличающиеся низкой сквашивающей активностью, вносятся в молоко в виде замороженных суспензированных концентратов;

споры *Penicillium roqueforti*, используемые в различных видах (водная суспензия, сухая суспензия); подбор штаммов производится согласно следующим критериям: способность к развитию в сырном тесте; потребность в кислороде; пигментация; протеолитическая активность; липолитическая активность.

Подготовка молока включает:

а) гомогенизацию молока (лучше сливок) в целях улучшения внешнего вида (при производстве некоторых видов сыра стремятся получить выраженный белый цвет), консистенции сырного теста и, если необходимо, для равномерного распределения молочного жира по всей протяженности периода коагуляции;

б) исследование отбеливателя молока (во Франции разрешено использовать только экстракты хлорофилла);

в) внесение гетероферментативных бактерий, дополняющих или заменяющих бактерии этого типа, присутствующие в молоке.

Обработка сгустка в сыродельной ванне и формование. Физические и механические факторы выделения сыворотки отличаются относительно невысоким уровнем своего влияния, и поэтому главная роль в этом процессе принадлежит синерезису. Напротив, явление дренирования сыворотки усиливается за счет:

а) экстрагирования сыворотки;

б) ограниченной поверхностной обсушки зерна;

в) использования соответствующего оборудования или технологии (салфеток, подвижной и конвейерной ленты, поверхностного охлаждения), предназначенных для обработки зерна перед формованием;

г) отказа от прессования.

Эти способы задерживают склеивание сырного зерна, а отверстия, создаваемые механическим путем, могут дополняться «глазками», образующимися в ходе брожения (лейконостоки).

Нарастание кислотности должно быть достаточным для изменения консистенции сгустка, чтобы обеспечивать нормальное выделение сыворотки, но если оно избыточно или происходит слишком быстро, свойства сырного теста в значительной степени изменяются и гетероферментативная флора не получает условий для развития.

Посолка. Большое разнообразие используемых способов посолки объясняется наличием различных форм сыра, типов сгустка и условий созревания.

4.3. Особенности технологии изготовления сыра рокфор из сырого и цельного овечьего молока

Перечень технологических операций:

1. Сырье — цельное сырое молоко; кислотность 22 °Т.
2. В случае необходимости внесение молочнокислых заквасок.
3. Сквашивание сычужным препаратом (30±1 °С, 30 мл сычужного препарата/100 л молока).
4. Общая длительность свертывания 2 ч.
5. Разрезка сгустка на кубики с размером сторон от 1,5 до 3 см.
6. Механическая обработка сгустка с отлежкой зерна в течение 1 ч.
7. Объем удаленной сыворотки 60%.
8. Формование с внесением суспензии *Penicillium*.
9. Выделение сыворотки в течение 3—4 сут с переворачиванием (температура в сырохранилище 18 °С).
10. Охлаждение 1 сут, температура 10—11 °С.
11. Посолка: натирание солью в течение 5 сут (содержание соли от 4 до 4,5%).
12. Первичное созревание (8—10 °С, 1 мес) с прокалыванием.
13. Окончательное созревание в алюминиевой фольге (минимум 2 мес).

5. Прессуемые сыры

Группа прессуемых сыров включает в себя огромные количества сыров, отличающихся разнообразием формата, оформления и состава (содержание сухого вещества, отношение количества жира к сухому веществу).

Таблица 9.3 позволяет получить представление об этом разнообразии, хотя в ней перечислены не все виды сыров этой группы.

Кроме этого, существует целый ряд сыров с низким содержанием жира (40 и даже 20% в низкожирном сыре типа том) и сыры, определяемые при реализации как «облегченные»* (отношение количества жира к сухим веществам менее 20%).

В эту группу входят также сыры, изготовляемые из овечьего молока.

* В зарубежной практике молочные продукты с пониженным содержанием жира обозначаются как «легкие»: «легкое» молоко, «облегченный» сыр. В Швеции выпускается разновидность масла Lätt og Lagom (легко и достаточно) с содержанием жира 40%. Этот продукт пользуется повышенным спросом у населения, в чем немалая заслуга его удачного названия. — *Прим. ред.*

9.3. Характеристика различных сыров

Наименование	Форма. Размер, мм (Ø — диаметр, *H* — высота)	Масса, кг	Сыры с плесневой коркой	Сыры со слизистой коркой	Сыры с сухой коркой	Содержание сухого вещества, %	Отношение количества жира к содержанию сухого вещества, %
Реблошон	Ø140—150 *H* 30—35	0,450—550	+	+		45	45—50
Реблошон малый	Ø90—130	0,250		+	+	От	От
Сен-полэн	Ø200 *H* 40—60						
Сен-нектэр	Ø210 *H* 45	1,6	+				
Морбье	Ø320—350 *H* 60—70	5—8		+		44	44
Терочный	Ø350 *H* 60—70	6—8		+	+		
Гауда	Ø350 *H* 110—120	5—8			+	До	До
Эдамский	Шаровидный, 120—150	2			+		
Кантал	Ø400 *H* 450	45			+	55	
Чеддер	Цилиндр	32					
	Брусок	19					
	В виде стружки (в бочках)	300			+	63	50

Уместно заметить, что пастеризация молока, предназначенного для переработки в сыр, впервые была использована при производстве сыра сен-полэн.

5.1. Подготовка молока

Для производства сыров этой группы хорошо подходит способ прямого внесения бактериальных заквасок. В случае необходимости предусматривается удаление спор *Clostridium*.

5.2. Выделение сыворотки из сгустка

Сгусток довольно быстро освобождается от содержащейся в нем сыворотки с помощью соответствующих механических и физических операций (разрезка, вымешивание, промывка, второе нагревание смеси сгустка и сыворотки, удаление сыворотки, формование и прессование).

Промывка сгустка проводится почти во всех случаях. Степень промывки зависит от начальной кислотности молока, но главным образом обусловлена теми характеристиками сгустка, которые необходимо получить после удаления сыворотки.

Нагревание смеси сгустка и сыворотки осуществляется до температур, на 2—7 °С превышающих температуры сквашивания молока сычужным препаратом. Оно играет роль фактора, влияющего на выделение сыворотки, но не оказывает никакого непосредственного воздействия на микрофлору (на

мезофильные молочнокислые бактерии). В настоящее время в отдельных случаях внесение мезофильных молочнокислых заквасок дополняют использованием термофильных микроорганизмов (стрептококков или смеси стрептококков и лактобацилл).

Формованию предшествует придание сырной массе определенной формы (предварительное прессование сырного зерна в специальном аппарате, служащем для удаления сыворотки, в целях его агломерации). Продолжительность этой операции составляет от 15 до 25 мин (следует обратить внимание на незначительное повышение кислотности сыворотки: от 1 до 2 °Т).

Формование проводится в форме с использованием тканевых салфеток или соответствующих заменителей; это позволяет создать достаточную корку и ускоряет выделение сыворотки.

Прессование когда-то включало переворачивание и замену салфеток; процесс продолжался 15—20 ч; к настоящему времени длительность прессования была значительно сокращена и составляет от одного до нескольких часов. В этом случае увеличивают длительность периода нарастания кислотности путем более продолжительной выдержки сыров в теплом помещении или в вертикальных бродильных колоннах, при этом сыры периодически переворачивают. Прессование можно проводить при различных давлениях.

5.3. Извлечение сыров из форм, посолка

Основным способом посолки является погружение сыров в насыщенный рассол, температура которого составляет от 10 до 13 °С, а pH близок к pH сыра. Длительность посолки зависит от вида сыра и используемого технологического оборудования.

В некоторых случаях [например, при производстве сыра морбье (morbier) из сырого молока] посолка проводится путем нанесения соли на корку сыра; при этом сыр просаливается постепенно.

В процессе ухода при созревании за помещенными в сырохранилище сырами со слизистой коркой для обработки поверхности кругов сыра используют ненасыщенный рассол с внесенными в него необходимыми микроорганизмами.

Температура созревания не должна создавать возможности для развития пропионовокислых бактерий [за исключением случаев производства сыров типа самсо (samsoe) и ярлсберга (jarlsberg)].

Терочный сыр, потребляемый после предварительного размягчения вблизи источника тепла, должен иметь особую консистенцию. Он должен вытягиваться в нити, но не чрезмерно. Размягченное сырное тесто не должно быть упругим, поэтому следует стремиться к получению в сыре достаточно высокого содержания сухого вещества: 54% (обеспечивающего его стойкость к нагреванию); показатель pH теста должен составлять около 5, поскольку в противном случае тесто будет слишком тянущимся. Нарастание кислотности необходимо уже с момента формования. На ряде сыродельных заводов в зависимости от хода развития микрофлоры начальный этап прессования проводят при низких давлениях, что позволяет сохранить в сырном тесте сыворотку, набирающую кислотность.

5.4. Технология производства прессуемых сыров типа кантала и чеддера

Технология производства этих сыров имеет ряд отличий по сравнению с общей технологической схемой.

Подготовка молока. При изготовлении чеддера молоко подвергается созреванию в течение часа при температуре сквашивания сычужным ферментом; это делается для обеспечения повышения его кислотности в пределах 2—3 °Т. Использование метода прямого внесения концентрированных (замороженных или лиофилизированных) бактериальных заквасок при соответствующей адаптации технологической схемы позволяет сократить время занятия сыродельной ванны.

Обработка сгустка в сыродельной ванне. При производстве сыров типа кантала и чеддера промывку сгустка путем удаления сыворотки и подачу воды не проводят.

При производстве чеддера смесь сгустка и сыворотки нагревают до температуры 38—40 °С, что позволяет усилить выделение сыворотки.

Выделение сыворотки после извлечения сырной массы из ванны. *Кантал*: после стекания сыворотки проводится разрезка сгустка с последующим прессованием, не требующим применения специальных форм. Продолжительность прессования составляет от 5 до 8 ч, а в отдельных случаях может быть и более значительной. Для окончательного удаления сыворотки получаемый в процессе прессования пласт сыра разрезается и переворачивается.

Чеддер: отделенное от сыворотки сырное зерно подвергается чеддеризации (без прессования). Переворачивания, проводимые в течение 2—2,5 ч чеддеризации, способствуют агломерации зерна. Полученный сгусток образует плотную резиноподобную массу. Кислотность сыворотки составляет 72—83 °Т. В процессе чеддеризации сгусток подвергается повторяющимся сжатию и вытягиванию, напоминающим операции по переворачиванию и сгибанию пластов сгустка, используемые в классической технологии.

При производстве сыра колби (colby) процесс агломерации сырного зерна при чеддеризации замедляется его промывкой в сырной ванне и вымешиванием в емкости, служащей для удаления сыворотки.

Измельчение, посолка, формование и прессование. При производстве сыра типа том де кантал (tome de cantal) или при обработке сгустка после чеддеризации проводится измельчение «в стружку» в измельчителе. Частицы сырной массы, кислотность которой возросла в процессе чеддеризации, смешиваются с сухой солью (вручную или с использованием механических средств); при этом происходит дальнейшее незначительное выделение сыворотки. После посолки «стружка» поступает в формы и подвергается прессованию в течение 24—48 ч.

Сыры, созревающие без покрытия: кантал, лагьоль (laguiole), салерс (salers) — требуют принятия определенных мер предосторожности, обеспечивающих образование достаточно прочной корки, не подвергающейся растрескиванию в ходе созревания.

6. Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания

Технология изготовления прессуемых сыров с высокой температурой второго нагревания

Подготовка молока

Термизованное молоко

Полученное не позднее 72 ч после дойки, нормализованное, если необходимо, подвергнутое центрифугированию, термизованное и подвергнутое резервированию (или подвергнутое резервированию с последующей термизацией).

В молоко внесены термофильные молочнокислые закваски и, если необходимо, культуры пропионовокислых бактерий

Сырое молоко

Вечернего удоя, подвергнутое созреванию с естественным отстаиванием сливок (или без него), смешанное с нагретым молоком утреннего удоя. В молоко внесены культуры термофильных молочнокислых бактерий

С возможным использованием (или без него) мезофильных молочнокислых заквасок

→ *Сквашивание сычужным препаратом* ←

Жидкий сычужный фермент или сычужный порошок

Температура от 31 до 34 °С.
pH от 6,65 до 6,55.
Общая длительность свертывания от 20 до 40 мин

Жидкий сычужный фермент и препарат, полученный путем мацерации желудков телят в заводских условиях

↓

Выделение сыворотки в сырной ванне

Разрезка сгустка на зерна размером от 2 до 4 мм

↓

Вымешивание в течение 2—10 мин

↓

Нагревание в течение 25—50 мин до 52—55 °С

↓

Повторное вымешивание после нагревания в течение 10—60 мин

↓

Ручное или механическое удаление сыворотки

Формование

В металлической форме, используемой для прессования:
кратковременное прессование (3—6 ч)
переворачивание необязательно
pH перед погружением в рассол 5,3—5,4

↓

Посолка в рассоле

После охлаждения (или без него): 8 ч в насыщенном рассоле температура 0—14 °С

↓

Обсушка

↓

Созревание

Формование

В классической форме с использованием салфеток или в металлической форме:
переворачивание
прессование (10—20 ч)
pH 5,2—5,3

↓

Посолка сухой солью

или

Посолка в рассоле

После охлаждения (или без него)

↓

Созревание

В состав этой группы входят самые различные по своему формату, оформлению и режиму созревания виды сыра.

С другой стороны, их объединяет определенное сходство технологии производства: ограниченная тепловая обработка (термизация) молока, сокращенная продолжительность его созревания, использование термофильных молочнокислых бактерий (стрептококков, лактобацилл), мелкое измельчение сгустка, проведение нагревания смеси сыворотки и сгустка в целях усиленного выделения сыворотки, а также для проведения отбора необходимых групп микроорганизмов и снижения остаточной активности сычужного препарата в сыре, поскольку использование тех или иных температурных режимов созревания позволяет способствовать или препятствовать развитию пропионовокислых бактерий, изменяя тем самым рисунок сыра.

Группа прессуемых сыров с высокой температурой второго нагревания состоит из трех следующих подгрупп.

Сыры типа эмментальского отличаются крупным форматом, выпуклыми поверхностями, сухой коркой, развитым процессом пропионовокислого брожения, относительно небольшой продолжительностью созревания.

Сыры типа грюйер отличаются менее крупным форматом, выпускаемые формы имеют плоские поверхности, корка покрыта слизью; эти сыры отличаются более продолжительным сроком созревания: грюйер де контэ (gruère de conté), бофор (beaufort), сыры швейцарского типа: жюра (jura), фрибургский (fribourg).

Терочные сыры выпускаются в виде небольших цилиндрических кругов с сухой маслянистой коркой. В этих сырах наблюдается отсутствие пропионовокислого брожения. Их отличает возможность продолжительного хранения (от одного до двух лет). К этой подгруппе относятся сыры типа пармезана (parmesan), граны (grana), сбринца (sbrinz).

Эммментальский сыр, производимый традиционным способом, в виде готовых кругов весит от 70 до 80 кг. Сбор молока осуществляется ежесуточно, то есть молоко поставляется на сыродельный завод два раза в сутки.

Подготовка молока заключается только в нормализации по жиру и созревании с использованием мезофильных (иногда термофильных) заквасок (при дозировке в пределах от 0,5 до 1%). Термофильные закваски вносят в виде чистых культур непосредственно в молоко, иногда с использованием специальных сред, сыворотки и даже сыворотки, выделившейся при постановке зерна. Размеры используемых доз каждой из культур зависят от молока и времени года, но никогда не бывают значительными.

Свертывающая способность частично или в полном объеме достигается за счет вымачивания желудков телят в молочной сыворотке или в сыворотке, выделившейся при постановке сырного зерна.

Обработка сгустка в сырной ванне заключается главным образом в его ручном или механическом дроблении на мелкие частицы, позволяющем обеспечивать быстрое выделение сыворотки из сгустка. Нагревание проводится постепенно (до 52—54 °С). За время пребывания в сырной ванне кислотность сыворотки практически остается неизменной: 1,1—1,6 °Т.

В результате слива сгусток быстро отделяется от большей части сыворотки. Давление, прилагаемое к сырам, как правило, постепенно увеличивается, а на некоторых сыродельных заводах сыры несколько раз дополнительно переворачивают по мере выделения сыворотки под прессом. Последний этап прессования выполняется с использованием сухих салфеток. Контроль повышения кислотности сыворотки можно вести путем отбора проб сыворотки зондом из внутренней части сыров после 2—3 ч прессования.

После извлечения из форм сыры поступают в помещение с температурой 12—13 °С для охлаждения. Диаметр кругов сыра еще несколько превышает окончательный. Уравновешивание температур с каждой из сторон сыров достигается их переворачиванием.

Посолка проводится в рассоле (с переворачиванием после 24 ч пребывания в рассоле и с посолкой верхней стороны).

На крупных сыродельных заводах сборное молоко подвергают термизации при 60—65 °С (выдержка 15—20 с). В большинстве случаев молоко подвергают бактофугированию, цель которого заключается в удалении максимально возможного количества спор *Clostridium* с последующим созреванием в присутствии молочнокислых заквасок.

Длительность свертывания и обработки сгустка в сыродельной ванне, а также изменения температурных режимов лишь незначительно отличаются от параметров традиционной технологии. Формование также проводится с помощью механического оборудования, а продолжительность прессования сокращается и составляет от трех до шести часов. В момент извлечения из форм содержание сухого вещества в сыре почти достигает своего окончательного уровня, тогда как величина pH находится на несколько более высоком уровне, чем у готового продукта. Сыр проходит стадию дополнительного нарастания кислотности в специальном помещении, снабженном системой кондиционирования воздуха, после чего его охлаждают или сразу подают на

посолку. Окончательная величина показателя pH несколько превышает ту, которая наблюдается у эмментальского сыра, изготовленного по традиционной технологии: 5,3—5,4 против 5,2—5,3.

Посолка проводится погружением в рассол. Перед подачей сыров на созревание может быть проведена обработка корки.

Для удовлетворения потребностей рынка фасованного сыра в ряде случаев он выпускается в виде прямоугольных блоков с квадратным или прямоугольным основанием (блочный эмментальский сыр). Вся масса сгустка, поступающая из сыродельной ванны, прессуется в этом случае в емкости, снабженной металлическими листовыми вставками. После удаления сыворотки и прессования блок сгустка поступает в емкость, где разрезается на куски различной массы, подаваемые в посолочный чан. Затем сыры покрываются полимерной пленкой, упаковываются в картонные коробки и переносятся в помещение, отведенное для созревания*.

Для производства сыров типа грюйера (контэ, бофор, сыры швейцарского типа) во Франции разрешено использовать сырое молоко с внесенными в него подобранными путем селекции или выбранными на основе имеющегося опыта бактериальными заквасками (обязательно изготовляемыми, например, при производстве сыра бофор с помощью мацерации желудков телят на сыродельном заводе). Дозы используемых заквасок несколько выше, чем при изготовлении эмментальского сыра, а определенное увеличение продолжительности технологического процесса благоприятно сказывается на процессе молочнокислого брожения.

Эти сыры подразделяются на следующие группы.

Грюйер де контэ или *контэ* выпускается в виде кругов весом от 35 до 55 кг. Имеют слизистую корку. Верхняя и нижняя поверхности плоские или чуть выпуклые. Минимальная продолжительность созревания 90 сут. Глазки размером с горошину или вишневую косточку. Температура в сырохранилище в период созревания менее 19 °С.

Бофор выпускается в виде кругов весом от 20 до 70 кг. Боковая сторона вогнутая. Корка слизистая. Верхняя и нижняя поверхности плоские. Минимальная температура созревания менее 15 °С.

Сыр типа д'Абонданс (d'Abondance) отличается менее высоким содержанием сухого вещества (59—60% в конце созревания); pH в момент выемки сыров из форм 5,3—5,5.

Сыры швейцарского типа. *Жюра.* Выпускается в виде кругов массой от 20 до 35 кг. Корка покрыта слизью. Размер глазков 6—8 мм (глазки имеют круглую форму), цвет матовый. Посолка производится с помощью натирания солью (плавящейся). Температура в сырохранилище в процессе созревания этого вида сыра 16—18 °С. Этот сыр отличается низким уровнем развития пропионовокислого брожения.

Следует также упомянуть о группе *терочных сыров*, в которую входят сыры типа пармезана, сбринца и граны.

Пармезан выпускается в виде кругов диаметром 35—45 см, высотой от 18 до 24 см и массой около 30 кг. Корка темная, слегка окрашенная и маслянистая. Минимальное содержание жира в сухом веществе 32%.

При использовании традиционной технологии молоко вечернего удоя сливается в танки большого объема, где происходит естественное отстаивание сливок, приводящее к снижению содержания жира в нижнем слое молока и обеспечивающее бакочистку молока с удалением определенного количества бактерий и спор.

Внесение заквасок проводится с использованием культивирования в сыворотке лактобацилл, в частности, лактобацилл, выращиваемых в условиях повышенной кислотности. Сквашивание сычужным препаратом осуществляется при 33—34 °С, что обеспечивает быстрое «схватывание». Сгусток дробится на очень мелкие частицы, продолжающие уменьшаться в размерах при нагревании от 34 до 55—56 °С. Поверхность сырных зерен не должна быть

* Во Франции разрешено использовать название «эмментальский сыр» для обозначения отрезанных от блока и фасованных ломтей сыра.

чрезмерно сухой, чтобы они не склеивались, образуя круглый ком на дне ванны, имеющей цилиндроконическую форму.

На прессование подается мягкий, быстро прессующийся сгусток. Продолжительность его пребывания в форме составляет несколько суток. Посолка каждого килограмма сыра длится сутки. Затем сыры обсушиваются на воздухе, после чего вновь помещаются в сырохранилище.

Созревание этих сыров отличается продолжительностью: как правило, она составляет от 18 до 30 мес. В последнее время соображения экономического характера заставляют стремиться к сокращению этой продолжительности.

Работая в условиях промышленного производства, сыроделы стремятся сохранить основные отличительные черты традиционной технологии, не прекращая заниматься упрощением и механизацией большинства технологических операций. Формат выпускаемых сыров более мелкий. Масса сыров составляет 13—15 кг, характерная форма отсутствует. Соответствующие изменения должны быть внесены и в технологию производства. Их цель заключается в том, чтобы сохранить способность сырного зерна к агломерации на этапе предварительного прессования.

В этом случае в сырохранилище проводится обработка поверхности сыров фунгицидами с последующим смазыванием маслом и одновременным окрашиванием корки.

7. Другие технологии сыроделия

В этом разделе авторы остановятся лишь на особенностях существующих технологий.

7.1. Сыры с чеддеризацией и плавлением сырной массы

Основными представителями этой группы являются два вида сыров, выпускаемых в Италии:

мягкие сыры типа моццареллы (mozzarella);

полутвердые сыры типа проволоне, качкавала (provolone, caccioca-vallo).

Технология изготовления этих сыров состоит из двух этапов:

1) изготовление чеддеризованной сырной массы с удалением сыворотки;
2) тепловая обработка (плавление) сырной массы в целях формирования окончательных консистенций и формы.

Технология приготовления сгустка весьма схожа у обоих сыров. Различие заключается в степени выделения сыворотки, более высокой у проволоне, чем у моццарелла. В обоих случаях pH на конечном этапе выделения сыворотки выше 5,15—5,2, что позволяет в последующем обеспечивать нормальное вытягивание и придание сырной массе слоистой консистенции.

Кислотообразование часто происходит за счет активности мезофильных и термофильных микроорганизмов. Часто практикуется внесение липазы.

После удаления сыворотки сгусток разрезается на полоски или «в стружку», а затем погружается в воду или сыворотку, температура которых составляет 80—85 °С. Размягченный сгусток сильно перемешивают, подвергают вытягиванию, формируют, разглаживают (вручную или машинным способом). После придания сгустку его окончательной формы его быстро охлаждают, обсушивают и направляют на посолку. Перед подачей сыра на созревание может быть проведена обработка поверхности (копчение, нанесение покрытия).

Сыр качкавал изготовляют из творога, полученного из овечьего молока или из смеси различных видов молока (овечьего, коровьего, козьего). Растягивание и перемешивание сырной массы проводятся в ненасыщенном рассоле.

7.2. Особенности технологии производства сыра фета и аналогичных видов

Сыры этой группы производят из овечьего или коровьего молока. Они относятся к типу мягких сыров, созревающих в рассоле.

Сгусток должен иметь белый цвет, а гомогенизация молока или сливок и внесение отбеливателей являются составными частями подготовки молока перед свертыванием. Часто рекомендуется вносить в молоко липазу.

На заключительной стадии выделения сыворотки проводится посолка сгустка сухой солью или в рассоле. Куски сгустка помещают в герметичные емкости (металлические банки или фляги) и засыпают солью или заливают слабым рассолом.

Температура в сырохранилище во время созревания этих сыров составляет от 5 до 8 °С.

В рамках этой технологии (в частности, в Дании) часто используют ультрафильтрацию.

7.3. Сыр типа меттона

Сгусток для этого сыра получают из обезжиренного молока путем медленного сквашивания, сопровождающегося выделением сыворотки с помощью вымешивания, нагревания и прессования.

После дробления и созревания в помещении с повышенной температурой и влажностью в течение трех — шести суток полученная сырная масса готова для изготовления из него особого сорта сыра канкуайлотта (cancoillotte). Технология производства этого продукта близка к технологиям изготовления плавленых сыров.

7.4. Сушеные сыры

Умеренная усушка сырной массы всегда сопровождает созревание. Возможность ускорения и усиления потери массы позволяет повышать сохраняемость сыра.

Для обеспечения равномерного высушивания должны быть соблюдены следующие условия:

отношение между площадью поверхности и массой должно обеспечивать очень высокую способность продукта к испарению влаги;

консистенция сыра должна создавать условия для свободной миграции воды из внутренней части к поверхности;

составные части, особенно жир, не должны подвергаться чрезмерным изменениям.

7.5. Сыры с ароматизирующими добавками

Технология производства этих сыров существует уже давно. Ароматические вещества (серый, черный, зеленый, розовый перец, тмин, ароматические травы, чеснок, лук) наносятся на поверхность сыра или вносятся в сырную массу.

Это можно делать:

перед формованием, после удаления части сыворотки (например, при внесении тмина в мюнстер);

во время формования в виде прослоек между слоями сырной массы;

после формования пласта сгустка перед его сворачиванием (на разрезе наполнителя образуют видимую спиралевидную прослойку).

Добавки растительного происхождения не должны быть источником микроорганизмов, чтобы не повлиять на способность сыра к хранению.

7.6. Сыры типа сардского

Технология производства сыров итальянского типа сардского (sarde), азиаго (asiago) имеет следующие характерные отличия:

в молоко вносится культура молочнокислых бактерий, отличающихся высоким уровнем кислотности (167—200 °Т);

свертывание проводится при повышенной температуре (37—41 °С);

после формования сгусток подвергается термостатной выдержке в условиях высокой влажности; сырное тесто становится мягким и эластичным; сыры многократно переворачивают;

процесс нарастания кислотности при нахождении сыров в форме тормозится нагреванием сгустка.

7.7. Продукты, получаемые осаждением молочных и сывороточных белков

Молоко смешивают со сладкой сывороткой (11—13 °Т) в различных отношениях (обычно 80% молока, 20% сыворотки). За 30—40 мин смесь нагревают до 90 °С. Внесение молочной кислоты (лимонной или уксусной) вызывает флокуляцию белков, собирающихся в верхней части ванны. После удаления сыворотки и охлаждения в осадок могут быть внесены молочнокислые закваски, слитки и соль.

Продукт потребляется в свежем виде, высушенным, копченым или подвергается «старению» с развитием на его поверхности плесневых организмов.

Примечание. Эти продукты, называемые в разных районах по-разному: броччо (broccio), бруччо (bruccio), брусс (brousse), рикотта (ricotta), не являются сырами. Они отличаются также от продуктов, стандартизированных ФАО/ВОЗ А7 и называемых сывороточными сырами. Юридическое упущение здесь совершенно очевидно.

8. Заключение

Изучение технологий производства различных видов сыра позволяет выделить ряд основных положений, управляющих строением сгустка после выделения из него сыворотки и определяющих происходящие в нем изменения. К этим положениям можно отнести следующие:

pH молока в момент его сквашивания сычужным ферментом;

время схватывания;

характер сычужно-кислотных изменений, происходящих в сгустке;

содержание сухого вещества и степень минерализации сгустка после выделения сыворотки;

активность воды, содержащейся в сгустке, после посолки;

состав ферментов, содержащихся в сгустке.

Возможность комбинирования различных технологических параметров делает количество видов сыра практически неограниченным. Получение качественного продукта зависит одновременно от характеристик сгустка и условий его обработки.

Между технологией созревания сыра и технологией приготовления существует определенная логическая связь, которой не следует пренебрегать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Guerault A. M., 1966. Les fromageries devant les techniques nouvelles. SEPAIC, Paris.
2. Dorner W., Demont P. et Chavannes D., 1945. Microbiologie laitière. Payet, Lausanne.
3. Kosikowski F. V. et Mocquot G., 1953. Progrès de la technologie du fromage. FAO, Rome.

4. Mair-Waldburg H., 19. Handbuch der käse (Manuel du fromage). Volkswirtschafttlicher Verlag, Kempten, R.F.A.
5. Marvejouls M., 1952. Fabrication du saint paulin.
6. Peter, Zollikofer et Badoux, 1953. Manuel de la fabrication du fromage d'emmenthal. Des Hoirs — C. J. Wyss S. A., Berne.
7. Veisseyre R., 1975. Technologie du lait. La Maison Rustique, Paris, 427—558.

Глава 10

РЕЗЕРВИРОВАНИЕ СЫРНОЙ МАССЫ

Ж.-К. Лё Жауан*

1. Преимущество метода резервирования сырной массы перед другими технологиями

Необходимость постоянного удовлетворения потребительского спроса на сыр, а также экономические требования рационального использования технологического оборудования на протяжении всего года служат причиной того, что сыродельные предприятия промышленного типа не могут устранять резкие сезонные колебания поставок молока, тем более что эти различия в количествах получаемого молока, обусловленные сезонными климатическими различиями, наличием кормов и периодами размножения и лактации дойных коров, могут быть у различных пород весьма существенными.

В сыроделии Франции используют молоко трех видов животных.

Коровье молоко. Диапазон сезонных колебаний сбора молока в среднем изменяется в пределах от 1 до 2 между месяцами малого и большого сбора; иногда в зависимости от районов и пород скота, климатических условий и мастерства животноводов это отношение может изменяться в еще более широких пределах.

Козье молоко. Амплитуда месячных колебаний имеет более широкий размах, поскольку указанное выше отношение может составлять 1 : 7 между декабрем и маем и может достигать величины 1 : 10 в тех зонах или районах, где животноводство ведется традиционными способами. Это объясняется тем, что на широте Франции половой цикл коз связан с фотопериодизмом, то есть с продолжительностью светового дня, и 85% родов происходит в период с декабря по март. Вследствие этого производство молока имеет четко выраженный сезонный характер, поскольку 3/4 годового сбора молока выпадает на период между мартом и сентябрем.

Овечье молоко. Сезон лактации дойных овец имеет меньшую продолжительность (5—6 мес), чем у коров и коз, а роды происходят главным образом в период с ноября по февраль, вследствие чего сбор молока осуществляется в течение 7—8 мес, которые приходятся в период с сентября по июль, и полностью прекращается на оставшуюся часть года.

Для того чтобы решить проблему сезонных колебаний поступления сырья иными способами, помимо тех ограниченных средств, которые существуют в различных технологиях животноводства для увеличения продолжительности периода родов, в частности, у овец и коз, работники молокоперерабатывающих заводов могут использовать целый ряд других средств.

Молоко может храниться жидким, сгущенным или в виде сгустка или сыров, а также может подвергаться сушке (сухое молоко).

Хранить молоко в жидком виде невыгодно, поскольку выход сыра составляет лишь 9—12% массы переработанного молока. Поэтому хранение больших масс жидкости, подлежащей удалению в процессе выделения сы-

* J. K. Le Jaouen.

воротки, неоправданно как в техническом, так и в экономическом отношении.

К способам резервирования молока относятся такие, как изготовление сухого молока и замораживание концентрированного молока с использованием метода ультрафильтрации, описание которого дается в других разделах книги, а также хранение сыров или сгустка после выделения сыворотки в замороженном виде в навал.

При производстве сыров, выдерживающих длительное хранение, таких, как голубые (рокфор), и прессуемых сыров с высокой и низкой температурами второго нагревания режимы и большая продолжительность периодов созревания в холодных сырохранилищах позволяют распределять их реализацию при обеспечении сохранения удовлетворительных качественных показателей.

Напротив, при изготовлении мягких сыров их физико-химические характеристики и используемые технологии производства не позволяют обеспечивать хранение в условиях низких температур в течение нескольких месяцев мелких сыров, подверженных высыханию, сыров, созревание которых, в значительной степени замедленное, продолжается даже в условиях, когда ферментативная активность изменяется под влиянием низких температур. Сыры, содержание сухого вещества в которых составляет менее 48%, совершенно не выносят в условиях низких температур хранения свыше одного месяца.

Мягкие сыры, прошедшие созревание, могут в течение нескольких месяцев храниться в замороженном состоянии (—18 °С), но проведенные наблюдения позволили констатировать, что даже в этих условиях в сырах происходят медленные изменения, влияющие на окончательное качество готовых продуктов и иногда на их консистенцию, что объясняет ограниченное использование этого способа. Поэтому, видимо, предпочтительнее замораживать сыры в свежем виде, то есть непосредственно после выделения сыворотки и обсушки сырного зерна.

Тем не менее при всех положительных аспектах этой технологии способ замораживания свежих формованных сыров отличается тем неудобством, что требует хранилищ большего объема, чем способ резервирования сгустка в навал.

И напротив, можно проводить замораживание частично обезвреженных сыров с содержанием сухого вещества, близким 50%, не подвергая сколько-нибудь значительному риску снижения их качества. Кстати, этот способ хранения распространен в отношении мелких козьих сыров с сухой коркой, изготовляемых в юго-восточной части Франции [1].

В условиях промышленного производства многие молокоперерабатывающие предприятия, столкнувшись с необходимостью хранения собранного весной и летом молока для последующего использования его зимой, обратились к технологии, заключающейся в замораживании сгустка после выделения из него сыворотки. Начиная с 1970 г. эта технология получила столь широкое распространение на сыродельных заводах, что сейчас можно сказать, что около 1/3 сбора козьего молока во Франции хранится в этом виде в течение 5—7 мес (7500 т сгустка в год) [2].

2. Описание используемой технологии

Технология приготовления сгустков из козьего молока, предназначенных для замораживания в целях резервирования, как и технология их последующего использования после замораживания, довольно близка к тем, которые используются в рамках обычного производственного процесса, включающего в себя предварительное выделение сыворотки перед формованием.

Следует заметить, что эти технологии, применяемые главным образом для производства козьих сыров, могут применяться и для сыров, изготовляемых из других видов молока.

Несмотря на большое разнообразие форм и технологий изготовления, почти все козьи сыры относятся к группе мягких сыров, производимых из

сгустков смешанного типа с медленным схватыванием. Они отличаются сильным нарастанием кислотности (со спонтанным выделением сыворотки в процессе ее удаления перед формованием или после формования без предварительного выделения сыворотки), что обычно сопровождается поверхностной посолкой и более или менее продолжительным созреванием при участии поверхностной плесневой флоры. Традиционные или механизированные технологии производства этих сыров можно разделить по типу сгустка и режимам формования и выделения сыворотки на четыре основные группы.

Тип 1: традиционные технологии, в основу которых положены способы, использовавшиеся фермерами, и включающие прямое формование сгустка, получаемого путем медленного свертывания молока с последующим выделением сыворотки.

Тип 2: технологии, также относящиеся к традиционным (кроттэн де Шавиньоль — crottin de Chavignol), включающие в себя предварительное выделение сыворотки из сгустка и формование с последующим выделением сыворотки в течение 24 ч.

Тип 3: механизированные технологии, используемые в условиях промышленного сыроделия, и сочетающие в процессе обработки сгустка, полученного путем кислотного свертывания, усиленное предварительное выделение сыворотки в мешках с использованием фильтров Бержа. Это сопровождается подачей сгустка в шнековые формовочные машины, обеспечивающие (за счет использования специальных фильер) одновременное перемешивание и формование сырной массы.

Тип 4: промышленные технологии типа тех, которые используются для производства козьего сыра, фасованного в коробки: близки к технологиям изготовления камамбера.

Технология резервирования замороженной сырной массы в навал может использоваться только для типов 2 и 3, где используется способ предварительного выделения сыворотки.

2.1. Приготовление сгустков

В целях обеспечения высокого бактериологического качества молоко, предназначенное для приготовления сгустков, направляемых на резервирование, должно проходить сортировку.

После пастеризации при 68—70 °С (выдержка 60 с) молоко охлаждается до 24 °С, затем подается в танки большого объема (8000 л), где в него вносится мезофильная бактериальная закваска, основным компонентом которой являются *Streptococcus lactis* (3%) и сычужный препарат (8 мл/100 л, активность 10 000 или 520 мг химозина). Схватывание происходит в течение первых 30 мин, а уплотнение сгустка продолжается в течение 12—24 ч, что обеспечивает нарастание кислотности до достижения pH 4,2—4,5.

Затем сгусток направляется на выделение сыворотки (с использованием мешков при небольших ежедневных объемах производства или с помощью подачи под давлением на фильтрующие установки Бержа (Berge), продолжающееся около 12 ч и позволяющее достичь необходимого содержания сухого вещества.

В сгустках, формуемых с использованием форм, необходимое содержание сухого вещества составляет 25—30%, что обеспечивает возможность последующего выделения сыворотки и повышает однородность сырного теста. В сгустках, обработка которых проводится с помощью шнековых формовочных машин, содержание сухого вещества должно быть более высоким (42—47%).

После выделения сыворотки сырная масса готова к замораживанию. В некоторых случаях проводится гомогенизация сгустка с помощью смесителей, в процессе которой сгусток охлаждается снегом из двуокиси углерода.

Быстрое охлаждение сгустка до 8—10 °С позволяет ограничить последующее развитие загрязняющей флоры при одновременном снижении содержания кислорода, способствующего окислительным процессам.

2.2. Замораживание, хранение и использование сгустка после размораживания

Раньше сырную массу разделяли на блоки массой 25 кг, заворачивали в алюминиевую фольгу или помещали в мешки из полимерной пленки, а затем упаковывали в картонные коробки или деревянные ящики. В настоящее время от этого способа отказались в пользу плоских блоков массой от 5 до 15 кг (упаковываемых в герметично закрываемые непрозрачные полиэтиленовые мешки высотой около 10 см); эта форма обеспечивает максимально быстрое замораживание всей массы сгустка, являющееся необходимым условием длительного хранения, чего невозможно добиться с 25-килограммовыми блоками, для которых на достижение необходимой для хранения температуры в центре блока уходило до 12 сут.

Мешки с массой помещают на этажерные тележки, конструкция которых обеспечивает циркуляцию между мешками холодного воздуха. Затем тележки подаются в морозильный туннель, снабженный системой пульсирующей подачи воздуха, охлажденного до —30 или —40 °С. В этом случае температура в центре сырной массы за 24 ч снижается до —18 °С.

Затем сгусток может в течение нескольких месяцев храниться при температуре —18 или —20 °С до момента его использования. Размораживать следует постепенно и, если это возможно, в два этапа: вначале желательно поместить блоки сгустка на 24—48 ч в камеру с температурой 4 °С и лишь после этого перенести их в производственное помещение (22 °С) для формования (ручного или с помощью шнековой формовочной машины). Технологический процесс, прерванный на время резервирования сырной массы путем замораживания, продолжается во всех своих обычных фазах: посолка, внесение *Penicillium*, созревание.

Сырное тесто, подвергавшееся замораживанию, может обрабатываться отдельно или в смеси со свежим не замораживавшимся сгустком, количество которого зависит от количества молока, поступающего на сыродельный завод для переработки.

В заключение можно привести основные правила, позволяющие избежать возможного снижения качества готовых продуктов при использовании технологии резервирования сырного теста методом замораживания:

а) используемое молоко должно иметь высокое бактериологическое качество; оно не должно подвергаться физико-химическим изменениям и должно пройти пастеризацию;

б) перед замораживанием никогда не следует проводить посолку сгустка;

в) упаковка сырной массы должна проводиться с использованием герметичных и непрозрачных упаковочных материалов, исключающих любое попадание воздуха внутрь упаковки;

г) замораживание сырного теста следует проводить как можно быстрее после выделения сыворотки (в день его изготовления); вся масса должна охлаждаться до очень низких температур;

д) после замораживания сырное тесто может храниться при температурах —18 или —20 °С, но эти температуры должны оставаться строго постоянными;

е) размораживание должно проводиться медленно и желательно в два этапа;

ж) в процессе размораживания (проводимого в условиях затемнения) следует предупреждать возможность бактериального загрязнения сырной массы;

з) сгустки, подвергшиеся усиленному выделению сыворотки, следует достаточно интенсивно перемешивать во избежание получения сыров с песчанистой или зернистой консистенцией.

3. Влияние замораживания сырного теста на качество сыра

Подавляющая часть экспериментальных работ, посвященных последствиям замораживания сырной массы из козьего молока на качество сыра, принадлежит А. Портману (A. Portmann), который провел первые экспериментальные и промышленные испытания по замораживанию сырного теста, приготовленного из козьего молока, в период с 1965 по 1971 г. Если в технологическом отношении резервирование замороженного сырного теста привело к получению удовлетворительных результатов, то первые же испытания быстро показали, что в ряде случаев у сыров, производимых из замороженного теста, наблюдаются определенные органолептические дефекты и пороки консистенции, несовместимые с требованиями, установленными в отношении качества готовой продукции, если сравнивать их с сырами, изготавливаемыми согласно традиционной технологии из свежего молока.

Неприятные привкусы, наблюдавшиеся в сырах, полученных из некоторых партий сырной массы, объясняются, по-видимому, изменениями, происходящими в белковой фракции (сладковатый привкус), или изменениями, происходящими в жире (окисленный привкус, салистый привкус). При проведении органолептического анализа сыра наиболее серьезным оказывается порок окисленного привкуса.

Так, исследования [3], проведенные на трех сыродельных заводах, позволили установить, что окисленный привкус наблюдался соответственно в 58, 14 и 32% объемов выпущенных партий, тогда как салистый привкус, отсутствовавший на первом заводе, наблюдался в 4 и 43% общего объема экспериментальных партий продукции, произведенной на двух других заводах.

Крупные пороки вкуса и частота их появления создают необходимость тщательного изучения причин их возникновения в целях обеспечения оптимизации управления качеством готовой продукции.

3.1. Связь между пороками консистенции и содержанием воды в сырном тесте

Основным из встречающихся пороков консистенции является тот, при котором сырное тесто при разрезке оказывается ломким (крошливость), зернистым и иногда слегка клейким, тогда как обычные кисломолочные сыры имеют гладкое и мелкозернистое тесто.

Этот порок бывает вызван главным образом высоким содержанием сухого вещества в сгустке перед формованием и зависит от используемого способа формования. Влияние замораживания сырного теста на потерю воды невелико, что не превышает 1% общего количества влаги, содержащейся в свежем сгустке перед замораживанием. Напротив, использование шнековой формовочной машины для формования размороженного сгустка создает необходимость в том, чтобы этот сгусток имел достаточно высокое содержание сухого вещества (от 42 до 47% в зависимости от выпускаемых форм сыра), с тем чтобы сгусток, выходящий из формовочной машины, был достаточно плотным, без деформации выдерживал резку, а полученные сыры, помещаемые сразу после резки на решетчатые полки, не оседали. Таким образом, причина возникновения порока зернистого теста заключается не в замораживании сырной массы, а в технологии формования, использование которой требует наличия теста, подвергнутого усиленному выделению сыворотки. Этот порок может быть устранен путем обеспечения достаточно интенсивного перемешивания сырной массы перед окончательным формованием; обычно это перемешивание осуществляется с помощью двухразового пропускания массы через шнековые формовочные машины или одноразового перемешивания свежего сгустка с большим содержанием влаги, сопровождающегося его перемешиванием после размораживания.

3.2. Развитие микрофлоры

Хранение сырного теста при температурах от —20 до —40 °С в течение шести-семи месяцев (обычная продолжительность резервирования в пределах одного периода лактации) приводит к заметным изменениям отношений между различными группами бактерий в зависимости от их способности выдерживать длительное воздействие низких температур.

К основным происходящим явлениям относится, в частности, существенное сокращение молочнокислой флоры, являющейся в значительной степени доминирующей, в частности, при обсеменении пастеризованного молока мезофильными молочнокислыми заквасками. Из целого ряда неопубликованных наблюдений следует, что размеры популяции молочнокислых бактерий сокращаются приблизительно в десять раз по сравнению с исходным количеством, содержащимся в свежем сгустке (A. Portmann).

Параллельно с этим количество других видов бактерий, помимо молочнокислых, сохраняется на прежнем уровне, в то время как количество дрожжевых организмов и микрококков значительно сокращается (в 50—100 раз), а колиформы имеют тенденцию к полному исчезновению.

Таким образом, длительное замораживание сгустка приводит к снижению общей микрофлоры (в 50—100 раз), что сопровождается нарушением микробиологического равновесия и переходом главенствующей роли посторонней флоре. Это может повлиять на биохимические процессы созревания (изменение скорости созревания, нарушение равновесия между различными группами микроорганизмов) и (что самое главное) создаст необходимость в использовании молока, отличающегося высоким бактериологическим качеством, предпочтительно такого, которое ранее было подвергнуто пастеризации в целях максимального снижения уровня загрязнения посторонней микрофлорой.

3.3. Окисление и содержание свободных жирных кислот

Наиболее крупный и характерный порок (окисленный привкус) чаще всего встречается в сырах, изготовляемых из теста, подвергнутого замораживанию. Это означает, что, несмотря на меры предосторожности, принимаемые изготовителями (использование молока высокого бактериологического качества, соблюдение правил проведения замораживания и размораживания), некоторые партии теста, по всей видимости, отличаются потенциальной окислительной способностью, выражающейся в процессе хранения в условиях низких температур.

В качестве примера можно привести целый ряд различных экспериментальных исследований [4, 5], цель которых заключалась в установлении причин этого крайне обременительного для производства порока, который, как считают авторы, связан с изменениями, происходящими в сырном тесте во время его хранения в условиях низких температур, поскольку эти пороки вкуса редко наблюдаются в сырах, изготовленных из свежеприготовленного сгустка.

3.3.1. Роль pH

Получение хорошей консистенции у сыров кисломолочного типа требует, чтобы при формовании или в начале выделения сыворотки величина показателя pH составляла менее 5, то есть чтобы в сгустке уже произошло значительное нарастание кислотности. Низкое значение показателя pH способствует окислению, и, следовательно, кислотные сгустки, подлежащие замораживанию после выделения сыворотки, представляют собой благоприятную среду для развития окислительных процессов. Сравнительные испытания по замораживанию (с одной стороны, отдельно взятого обезжиренного сгустка и сливок и, с другой стороны, цельного сгустка) позволили установить, что хранение жира вместе с водной фазой и при низком значении показателя pH также создает благоприятные условия для прохождения окислительных процессов, в то время как оба эти условия присутствуют в тех технологиях резервирования теста с помощью замораживания, которые используются в настоящее время в условиях промышленного сыроделия.

3.3.2. Роль соли

Органолептические исследования сгустков, подвергнутых посолке и не прошедших этой технологической обработки, показывают, что посолка ускоряет окисление жира, поскольку в сырах, исходный сгусток которых не прошел посолку, окислительный привкус появляется лишь позднее или полностью отсутствует. Кроме того, причиной, вызывающей окисление, является именно сам хлористый натрий, а не примеси, присутствующие в соли, используемой для посолки. Сказанное выше сводится к тому, что следует полностью исключить операцию посолки для сырной массы, предназначенной для замораживания [5].

3.3.3. Содержание свободных жирных кислот

Одна из гипотез, выдвинутых для объяснения более высокой подверженности некоторых сгустков появлению пороков вкуса, основана на возможном разрыве оболочки жировых шариков под действием замораживания, способствующем выделению свободных жирных кислот и их липолитическому расщеплению естественными или имеющими бактериальное происхождение липазами, присутствующими в сгустке. Несмотря на то что порок ферментативного происхождения (прогорклый вкус) присутствует независимо от окисленного привкуса, он также может быть отнесен к отмечаемым порокам вкуса. Результаты проведенных экспериментов [4] показывают, что действительно после 24 ч хранения при —18 °С содержание свободных жирных кислот имеет тенденцию к повышению (по сравнению с контрольным образцом, не подвергавшимся охлаждению), но при длительности хранения свыше двух месяцев это содержание снижается.

Возможно также, что повсеместное распространение охлаждения молока на фермских молочных*, сопровождающееся увеличением перерывов между сбором молока (в некоторые периоды года длительность этих перерывов составляет двое суток и более), способствует липолизу молока в результате нарушения оболочек жировых шариков (перемешивание молока+охлаждение) и развитию психротрофных липолитических микроорганизмов, приводят, таким образом, к появлению неприятных привкусов в сгустках, резервируемых методом замораживания.

3.3.4. Антиокислители

Одним из средств предупреждения окисления является внесение в сгусток антиокислителей.

Французское законодательство разрешает внесение аскорбиновой кислоты в концентрированное или сухое молоко, и проведенные на основании этого разрешения испытания [5] показали, что в сырах, изготовленных из партий сгустка, в которые в процессе перемешивания была внесена аскорбиновая кислота (288 мг/кг сгустка), никакого окисленного привкуса не наблюдалось. Тем не менее действующее ныне законодательство запрещает использовать этот способ в сыроделии.

Среди естественных антиокислителей, присутствующих в коровьем молоке и способных тормозить или подавлять процесс окисления, можно назвать каротины и токоферолы. Одна из отличительных особенностей козьего

* См. часть II, главу 6; 4.3.

молока заключается в том, что в нем отсутствует β-каротин (что объясняет его белый цвет). Это позволяет предположить, что более высокая степень подверженности окислению сгустка, приготовленного из козьего молока, или некоторых партий сгустка из коровьего молока объясняется, по-видимому, более или менее высоким уровнем защиты от окисления, зависящим от содержания в молоке указанных выше веществ.

3.4. Протеолитическая активность ферментов сгустка и их состав

Исследования, проведенные А. Портманом [5], в отношении определения сравнительных изменений азотистых фракций свежеприготовленного сырного теста и теста, подвергнутого замораживанию и хранению в течение пяти месяцев при —20÷+40 °С, не позволили установить сколько-нибудь заметной протеолитической активности во время хранения. Напротив, в процессе созревания сыров, изготовленных из сырной массы, подвергнутой замораживанию, было обнаружено гораздо большее количество высвобождающегося небелкового азота (NCN), чем в эталонных образцах; это позволяет предположить, что вследствие превращений, происходящих во время хранения, казеин становится более подверженным расщеплению. Однако органолептическое исследование сыров в период между 21-ми и 63-ми сутками созревания не выявило никаких вкусовых различий.

3.5. Порок слабовыраженных вкуса и запаха в сырах, изготовленных из сырной массы, подвергавшейся замораживанию

Одним из пороков, отмечаемых в сырах, изготовленных из сырного теста, подвергшегося замораживанию, является отсутствие характерного букета (у козьих сыров). Известно, что специфический вкус этих сыров в значительной мере определяется свободными жирными кислотами, выделяющимися в процессе липолиза жира, и что формирование их аромата происходит с участием карбонильных соединений (альдегидов и кетонов).

Поскольку в сырах, изготовленных из замороженного теста, не отмечается никаких задержек в начале процесса липолитического расщепления, можно предположить, что в основе появления порока слабовыраженных вкуса и запаха лежит происходящая при хранении потеря карбонильных соединений, являющихся результатом деятельности молочнокислых ферментов во время сквашивания молока.

4. Технические характеристики и методы контроля сырных масс, приготовленных из козьего молока*

1. Качество.

Сырное тесто из козьего молока, предназначенное для хранения с помощью замораживания, изготавливается из свеженыдоенного козьего молока высокого бактериологического качества.

1.1. *Физико-химические характеристики теста*	
Общее количество сухих веществ, мин, %	24
Содержание соли, %	0
pH	От 4 до 4,5 (включительно)
Проба на фосфатазу	Отрицательная
1.2. *Бактериологические характеристики*	
Патогенные бактерии	Отсутствуют
Колиформы, ед/г	≤100
1.3. *Органолептическая оценка*	

* Выдержка из Технических условий Ветеринарной службы пищевой санитарии Франции (Service Veterinaire d'Hygiene Alimentaire Français).

Общая сумма баллов, получаемая при исследовании с использованием схемы оценки, должна составлять не менее 16 при 20-балльной системе (из них 10 баллов — за вкусовые качества).

1.4. *Размораживание после хранения.*

Размораживание должно проводиться в условиях соблюдения требований производственной гигиены; его продолжительность при температуре 4 °С должна составлять ≤24 ч.

2. Замораживание теста.

Замораживание сырного теста из козьего молока следует проводить в день его изготовления сразу после окончания выделения сыворотки. Температура —18 °С массы должна достигать не более чем за 24 ч.

3. Фасовка и упаковка сгустка.

Замороженный сгусток из козьего молока хранится блоками с одинаковой массой (от 5 до 25 кг).

Независимо от вида используемого упаковочного материала последний должен применяться только в новом виде (повторное использование материала не допускается) и отвечать установленным требованиям, в частности, в отношении защиты продукта от ударных воздействий. Упаковка должна иметь высокую механическую прочность и герметически закрываться.

4. Хранение замороженного теста.

Замороженная сырная масса из козьего молока хранится в холодильных складах при температурах —18 °С.

5. Органолептическая оценка сырного теста, изготовленного из козьего молока.

5.1. Схема оценки качества сгустка

а) Оценка внешнего вида (проводится по 5-балльной системе)	
Равномерный белый цвет	3
Легкий «мраморный» оттенок	1
Наличие загрязнений, плесени, желтоватый и зеленоватый оттенки	0
б) Оценка консистенции (проводится на основе вкусоощущения, получаемого на небе испытателя, по 5-балльной системе)	
Маслянистая, тающая во рту, напоминающая вкус высококачественного сыра, приятная на вкус консистенция	5
Слегка песчанистая, клейкая консистенция	3—4
Песчанистая консистенция	2
Крупчатая консистенция	0
в) Оценка вкуса (проводится по 12-балльной системе)	
Естественный, приятный вкус, характерный вкус свежеприготовленного козьего сыра	12
Те же качества, но выраженные в меньшей степени	11
Натуральный вкус, но с легким кислым привкусом; слабовыраженный вкус	10
Кислый вкус, водянистый вкус, привкус кипяченого молока, горьковатый вкус, очень легкий затхлый и пикантный привкусы	8—9
Сильновыраженный кислый вкус, вкус окиума, затхлый вкус, привкус картона	6—7
Окисленный привкус, привкус старости, сывороточный привкус, мыльный привкус	5
Аммиачный привкус, гнилостный привкус, прогорклый вкус	0—4

ЛИТЕРАТУРА

1. Le Jaouen J. C., 1982. La fabrication du fromage de chèvre fermier. Ed. SPEOC-ITOVIC.
2. Le Jaouen J. C., 1981. Rev. Lait. Fr., 402, 15—31.
3. Portmann A., 1969. Rev. Gén. Froid, 4, 583—588.
4. Portmann A., Pierre Alice et Vedrenne P., 1968. Technic. Lait, juin, 21—23.
5. Portmann A., 1971. Rev. Gén. Froid., 11, 1043—1047.

Часть III
СОЗРЕВАНИЕ СЫРА

Глава 11
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

К. Шуази, М. Геган, Ж. Ленуар, Ж. Л. Шмидт, К. Турнер*

1. Основные полезные для сыроделия микроорганизмы

1.1. Бактериальная флора

1.1.1. Количественное содержание микроорганизмов и разнообразие бактериальной флоры сыров

Микроорганизмы, принимающие участие в созревании сыра, очень разнообразны. Общие размеры их популяции составляют, как правило, не менее 10^9 клеток на грамм. В процессе созревания это количество изменяется в незначительных пределах, но равновесие между различными группами микроорганизмов и, следовательно, относительные размеры каждой популяции постоянно претерпевают изменения. Это равновесие зависит от условий развития характерных для каждой группы микроорганизмов; это означает, что на него оказывают влияние физико-химические особенности среды (pH, a_w, rH_2) и окружения (температура, состав атмосферы...). Кроме этого, между различными видами микрофлоры могут быть явления ассоциации, стимуляции или антагонизма.

1.1.2. Основные группы микроорганизмов, принимающие участие в созревании сыра [1]

1.1.2.1. Молочнокислые стрептококки

Молочнокислые стрептококки вносятся в молоко в составе заквасок и особенно на начальном этапе созревания представляют собой доминирующую микрофлору у большинства сыров ($>10^9$/г). *Streptococcus lactis*, *Str. cremoris* и *Str. lactis* subsp. *diacetylactis* в больших количествах присутствуют в мягких сырах и прессуемых сырах с низкой температурой второго нагревания. *Str. thermophilus* присутствует в прессуемых сырах с высокой температурой второго нагревания и в некоторых стабилизированных мягких сырах.

1.1.2.2. Лейконостоки

Количественное содержание этих бактерий может быть различным (от $<10^3$ до $>10^8$/г). Лейконостоки гетероферментативного типа образуют этанол, уксусную кислоту и диацетил, способствуя тем самым формированию аромата сыра. Выделение ими CO_2 способствует раннему формированию рисунка сыра рокфор (в течение первых 48 ч созревания) и облегчает равномерное внедрение *Penicillium roqueforti*.

* C. Choisy, M. Gueguen, J. Lenoir, J. L. Schmidt, Colette Tourneur.

1.1.2.3. Лактобациллы

Их количество исключительно велико в прессуемых сырах с высокой температурой второго нагревания, куда такие их термофильные виды, как *Lactobacterium lactis*, *Lbm. bulgaricus* *Lbm. helveticus*, вносятся в составе бактериальных заквасок. Мезофильные лактобациллы *Lbm. plantarum* и *Lbm. casei* присутствуют в значительных количествах и активно развиваются в процессе созревания во всех видах сыров; так, в конце созревания прессуемых сыров с высокой температурой второго нагревания их количество достигает 10^7—10^8.

1.1.2.4. Пропионовокислые бактерии

Эти бактерии в больших количествах присутствуют в сырах типа эмментальского и контэ (10^8—10^9 бактерий/г), выделяя летучие кислоты из лактатов (пропионовая и уксусная), являются компонентами типичного аромата этих сыров, а углекислый газ обеспечивает формирование рисунка.

1.1.2.5. Микрококки и коринебактерии

В большинстве сырных масс микрококки представляют основную часть популяции немолочнокислых бактерий. Они переходят в сыр из молока и рассолов. Аэробный (или в весьма незначительной степени анаэробный) характер этих микроорганизмов, солеустойчивость и способность размножаться при температурах 10—12 °С заставляют их развиваться главным образом на поверхности, делая их доминирующей микрофлорой сырной слизи.

По своим физиологическим и биохимическим свойствам коринебактерии близки к микрококкам (облигатный аэробиоз и солеустойчивость). Они переходят в сыр из молока и загрязненной тары. В руководстве Берги (Bergey) (1974 г.) различаются два рода: *Corynebacterium* и *Arthrobacter* — с двумя подгруппами: *Brevibacterium* и *Microbacterium*. Последние отличаются теплоустойчивостью и выдерживают нагревание до 72 °С с выдержкой в течение 15 мин. Исключительный интерес для сыроделия представляет вид *Brevibacterium linens*, который принимает участие в созревании сыров с мытой коркой (мюнстер, мароль, понлёвек) и присутствует в слизи на корке сыра контэ.

Поверхностная микрофлора отличается наличием различных биохимических потенциалов, которые касаются уровней протеолитической и липолитической активности, этерификации, а также способности к расщеплению аминокислот (она играет определяющую роль в формировании аромата различных видов сыра). Исследования, проведенные приблизительно на 200 штаммах микрококков и на 100 штаммах коринебактерий, выделенных из сырной массы, позволили установить действительное наличие большого разнообразия в рамках этой микрофлоры как с точки зрения природы, так и уровней биохимической активности (табл. 11.1) [1 bis, 1 ter].

11.1. Классификация штаммов микрококков и коринебактерий по уровням их активности [1 ter] (результаты приведены в % к популяции)

Показатель	Активность микрококков		Активность коринебактерий	
	низкая	высокая	низкая	высокая
Гидролиз казеина	81	12	87	5
Гидролиз трибутирина	18	65	41	58
Аминопептидазная активность	49	26	45	22
Дезаминирование серина	46	23	71	7
Декарбоксилирование аминокислот	15	9	9	28

1.1.3. Экология микрофлоры некоторых типов сыра

1.1.3.1. Мягкий сыр со слизью на корке: камамбер [2]

Молоко, предназначенное для переработки, должно содержать большое количество молочнокислых бактерий (от 1 до $2{,}10^7$/мл) главным образом гомоферментативных мезофильных стрептококков: *Str. lactis*, *Str. cremoris*, *Str. lactis* subsp. *diacetylactis*. В первые дни они почти полностью представляют микрофлору сгустка. Их абсолютное количество сохраняется относительно постоянным в процессе созревания (10^9/г), но относительное снижается вследствие размножения других видов микроорганизмов. Начиная со вторых-третьих суток созревания в сырной массе начинает развиваться ацидотрофная флора, состоящая главным образом из дрожжей и *Geotrichum* (рис. 11.1).

На пятые-шестые сутки появляется вегетативный покров *Penicillium camemberti*. Величина показателя pH на поверхности сыра быстро увеличивается в результате поглощения плесенью молочной кислоты. Молочнокислые бактерии, рост которых тормозился избыточной кислотностью, размножаются и расщепляют оставшуюся лактозу (рис. 11.2, 11.3, 11.4).

Начиная с двенадцатых-тринадцатых суток снижение кислотности среды (pH 6) приводит к тому, что у *Penicillium* появляется тенденция к регрессии и этот вид уступает место кислоточувствительной микрофлоре, микрококкам и коринебактериям, сливающиеся колонии которых часто имеют пигментацию. К концу созревания равновесие между поверхностными микрофлорами изменяется: стрептококки продолжают оставаться доминирующей микрофлорой, но с ними соперничают микрококки и коринебактерии, количественное содержание которых превышает 10^8/г (рис. 11.5).

Этой «нормальной» микрофлоре часто сопутствует загрязняющая микрофлора, состоящая главным образом из грамотрицательных бактерий (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Enterobacteriaceae*) [3]. Высокая численность этих микроорганизмов лежит в основе появления пороков запаха и вкуса.

1.1.3.2. Прессуемый сыр с низкой температурой второго нагревания: чеддер [4—7]

Главная роль в созревании чеддера принадлежит молочнокислым бактериям, действующим в массе сгустка. Эта микрофлора определяет формирование аромата сыра: поскольку количественное содержание бактерий и число их видов уменьшаются пропорционально температуре тепловой обработки, наблюдается ослабление аромата у сыров, изготовленных из молока, подвергнутого усиленному нагреванию.

Главными составляющими бактериальной закваски, используемой в традиционной технологии производства чеддера, являются мезофильные молочнокислые бактерии *Str. lactis* и *Str. cremoris*.

Количественное содержание чувствительных к соли *Str. cremoris* снижается после двух недель созревания, и они полностью исчезают по истечении двух месяцев. Количественное содержание *Str. lactis*, достигающее своего максимума в момент прессования, затем несколько снижается, оставаясь довольно высоким в течение первых восьми недель созревания.

Лактобациллы представлены главным образом *Lbm. casei*, *Lbm. plantarum* и *L. brevis*; они переходят в сыр непосредственно из молока, вносятся в него в составе закваски или появляются в результате бактериального загрязнения в процессе производства сыра.

Размеры популяции лактобацилл достигают приблизительно в 10^9 бактерий/г. Это количество остается неизменным в течение трех — шести месяцев созревания, но и после года созревания их количество может достигать 10^8/г [6].

Рис. 11.1. *Geotrichum candidum* VS 556 (из коллекции Лаборатории ботаники университета г. Кан, Франция). Культура после 48 ч выращивания в агаровой среде с солодовым экстрактом, ×1960. Конидии, называемые здесь артроспорами, образуются вследствие расчленения спорообразующих мицелярных гиф (типичный талломный способ размножения)

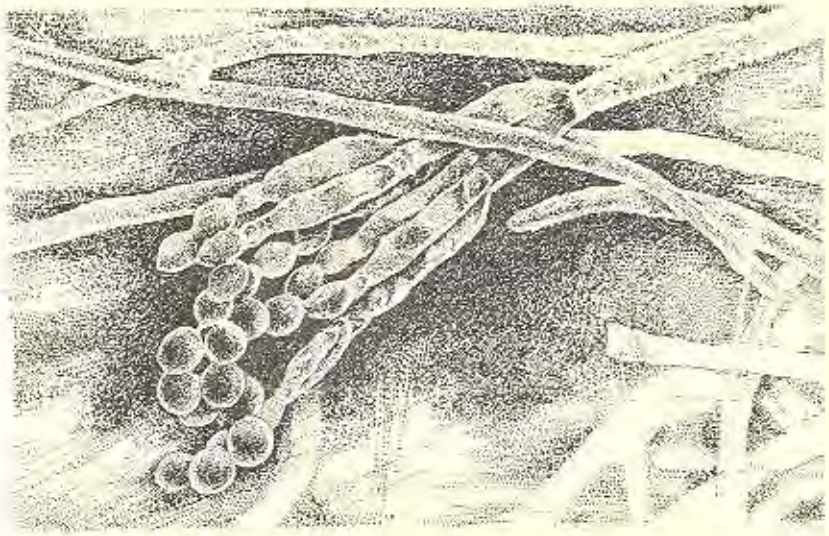


Рис. 11.2. *Penicillium camemberti* var caseicolum P_1 (из коллекции технологической лаборатории Национального агрономического института Париж — Гриньон). Культура после 9 сут выращивания в агаровой среде с солодовым экстрактом, ×2080

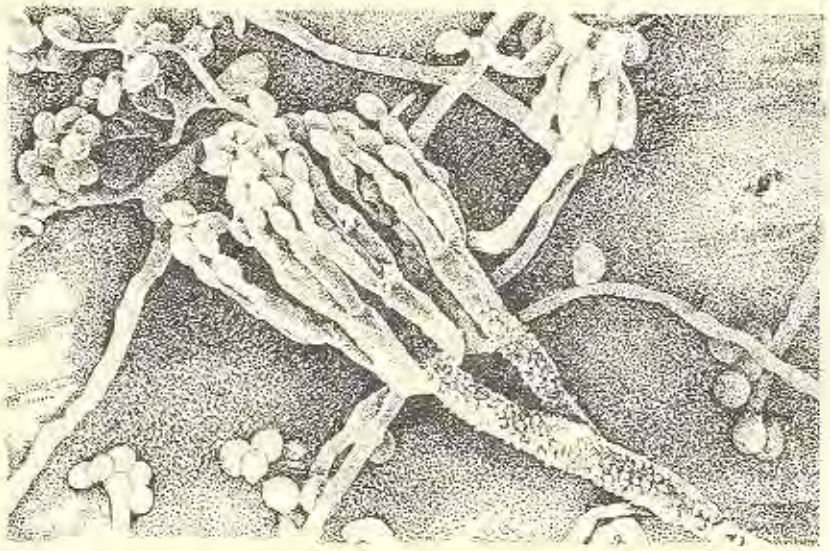
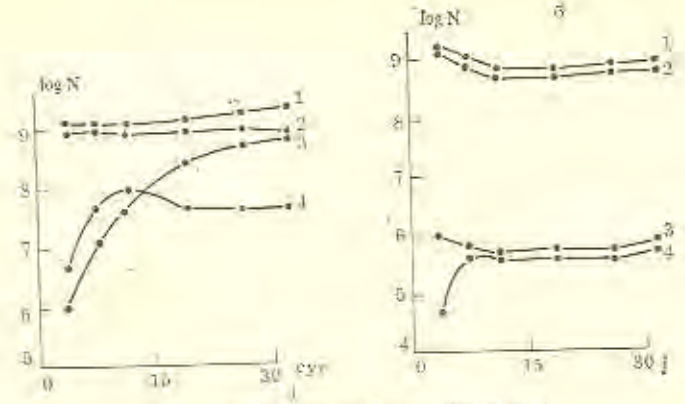


Рис. 11.3. *Penicillium roqueforti* (из коллекции лаборатории физической химии и микробиологии продуктов питания, Франция). Культура после 4 сут выращивания в агаровой среде с солодовым экстрактом, ×1600. Следует обратить внимание на аналогию в морфологии слабо расходящихся асимметричных нитей кисточек; при этом конидиеносцы *P. roqueforti* более шероховатые. Кроме этого, сильно отличающиеся макроскопические особенности (внешний вид кисточек) предупреждают возможную ошибку

Рис. 11.4. Внешний вид поверхностной грибной флоры козьего крестьянского сыра, ×1680.
(Фотографии выполнены с помощью сканирующего электронного микроскопа)



а – поверхность; б – внутренняя часть

Рис. 11.5. Развитие микрофлоры в процессе созревания сыра камамбер [2]:
1 — общее количество микроорганизмов; 2 — молочнокислые стрептококки; 3 — микрококки и другие солеустойчивые бактерии; 4 — дрожжи

Посторонняя микрофлора, составляющая около 20% общей флоры, особенно богата микрококками *M. caseolyticus*, *M. conglomeratus*, *M. freudenreichii*.

Ускорение технологии сыроделия создает необходимость в использовании таких видов микроорганизмов, которые обладают большей способностью к выдерживанию более высоких температур чеддеризации и более интенсивной посолки; так, *Str. faecalis* активно размножающийся в диапазоне температур между 10 и 45 °С и выдерживающий содержание NaCl в пределах 6%, может обеспечивать изменение pH до необходимого уровня на этапе прессования.

1.1.3.3. Голубой сыр: рокфор [8, 9]

Сыр рокфор изготовляется из сырого овечьего молока. С самого начала производства сгусток отличается огромным разнообразием микрофлоры, включающей в себя молочнокислые бактерии (10^8/г), дрожжевые микроорганизмы (10^3), микрококки и стафилококки (10^5), колиформы (10^5). Молочнокислые бактерии представлены главным образом такими родами, как *Streptococcus* (*Str. lactis* и *Str. cremoris*) и *Leuconostoc* (*Leuc. dextranicum* и *Leuc. lactis*).

На различных этапах созревания сыра развитие каждой группы или вида микроорганизмов происходит по-разному (рис. 11.6):

в первые дни созревания (*а—в*) молочнокислые бактерии превращают лактозу в молочную кислоту; изменений общей флоры и дрожжевых микроорганизмов практически не наблюдается. На поверхности сыра происходит быстрое снижение количественных содержаний микрококков и колиформ;

после помещения в холодное сырохранилище (*в, г*) процесс брожения замедляется; быстро возрастает количественное содержание дрожжевых микроорганизмов, питательной средой для которых служит образовавшаяся ранее молочная кислота;

посолка (*г, д*) ведет к глубоким изменениям в общем балансе микрофлоры. На поверхности сыра быстро снижается количество общей флоры и дрожжевых микроорганизмов. Внутри сыра роль соли меньше, поскольку концентрация хлористого натрия достигает максимального значения лишь на одиннадцатые сутки посолки (*е*). В течение этого времени дрожжевые

Рис. 11.6. Развитие микрофлоры сыра рокфор [8]:

а — через 21 ч после внесения сычужного препарата; *б* — в теплой камере (18 °С); *в* — в камере созревания (10 °С); *г* — перед посолкой; *д* — после посолки; *е* — на 11-е сутки созревания (8—9 °С); *ж* — на 21-е сутки созревания (8—9 °С)

микроорганизмы принимают непосредственное участие в формировании аромата; параллельно с этим они способствуют развитию микрококков. Эти микроорганизмы, попадающие в сыр вместе с солью, быстро размножаются; они вытесняют стафилококки, являвшиеся до этого момента доминирующей флорой, которые полностью исчезают;

после закрытия проколов (ж) количество поверхностных дрожжевых микроорганизмов и микрококков остается практически неизменным; напротив, внутри сырного теста происходит снижение количественного содержания микрококков; авторы считают, что это явление связано с развитием *Penicillium roqueforti*;

исследования, проведенные на других сырах типа голубого, помимо рокфора [1, 10—12], позволяют установить ряд значительных сходных черт в процессах эволюции различных бактериальных флор.

1.1.3.4. Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания: эмментальский и контэ [13, 14]

Эти виды относятся к группе сычужных сыров большого формата. Созревание происходит внутри сырного теста. Доминирующая микрофлора состоит из анаэробных или микроаэрофильных микроорганизмов. Термофильные молочнокислые бактерии (*Lactobacterium helveticum, Lbm.lactis, Lbm. bulgaricum, Streptococcus thermophilus*) вносятся в составе заквасок, получаемых кустарным способом, состав которых зачастую плохо известен и изменчив, а также в составе специально подобранных заквасок [15].

При втором нагревании сырного зерна (53—57 °С с выдержкой 45—60 мин) происходит прекращение роста мезофильных бактерий, а многие из них не выдерживают этой температуры. По мнению Аккола и др. (Accolas et al.) [13], во время прессования между центральной и поверхностной частями сыра устанавливается определенный температурный градиент (рис. 11.7), в результате чего происходит быстрое развитие *Str. thermophilus* (размер этой популяции достигает максимума после трех-четырех часов

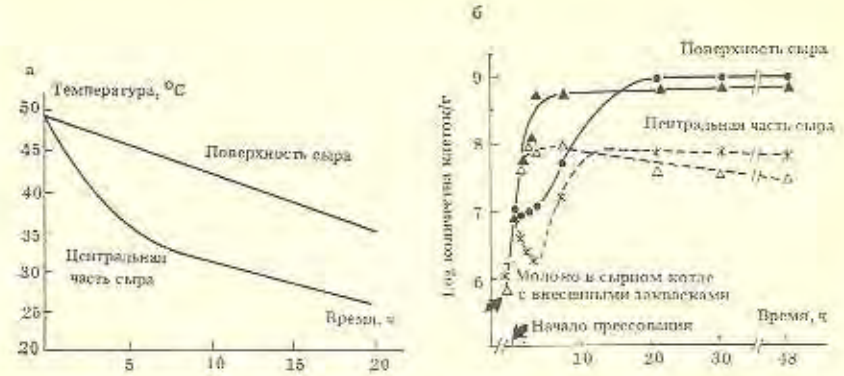


Рис. 11.7. Изменения, происходящие в прессуемых сырах с высокой температурой второго нагревания при прессовании [13]:

а — изменение температуры в центральной части и на поверхности сыра гройер. Температура окружающей среды 24 °С; *б* — развитие термофильной молочнокислой флоры в течение 48 ч после помещения сыра гройер под пресс. Количество клеток *Lmb. helveticus* в центральной части (✱— — — — — ✱) и на поверхности (●——●) сыра, соответствующее количество клеток (△ — — — — △) и (▲——▲) *Str. thermophilus*

прессования), тогда как развитие *Lbm. helveticum* происходит медленнее и достигает своего максимального уровня лишь спустя 15—20 ч. В этот момент количество микроорганизмов обеих популяций становится равным и составляет около 10^9/г на поверхности сыра и 10^8/г в его центральной части. Это равновесие между двумя популяциями сказывается на скорости и интенсивности нарастания кислотности при прессовании.

Затем сыры помещают в холодное сырохранилище (10—12 °С), после чего наблюдается быстрое (10 сут) сокращение термофильной молочнокислой флоры, клетки которой лизируются, выделяя свои внутриклеточные ферменты.

При содержании сыров в теплом сырохранилище (16—22 °С) пропионовокислые бактерии, количество которых в сырном тесте было до этого момента незначительным (10^2/г), начинают активно размножаться и после двух месяцев созревания достигают уровня 10^8—10^9/г. Степень их роста определяется температурой в сырохранилище (20—22 °С для эмментальского сыра, 16—18 °С для сыра контэ), что позволяет управлять образованием рисунка сыра.

В конце созревания доминирующая микрофлора главным образом состоит из мезофильных молочнокислых бактерий (*Lactobacterium casei, Lbm. plantarum, Lbm. brevis, Streptococcus lactis*), выдержавших второе нагревание и размножившихся в условиях благоприятной температуры в сырохранилищах [16, 17].

1.1.3.5. Состав слизи на корке сыров контэ и бофор [18]

Слизь представляет собой тонкий вязкий слой на поверхности сыра, состоящий в основном из различных микроорганизмов. На корке молодого сыра с повышенной кислотностью в большом количестве присутствуют дрожжи (10^5/г), которые снижают уровень поверхностной кислотности, создавая условия для развития бактерий. Среди этих дрожжей встречаются *Candida, Kluyveromyces, Debaryomyces, Rhodotorula*...

Бактериальная флора представлена солетолерантной популяцией (водная фаза сырной слизи содержит 12—13% соли), которая на 95% состоит из коринебактерий, микрококков и грамотрицательных бактерий. Эта флора появляется на корке в первые дни созревания, быстро достигает численности 10^{11} бактерий/г слизи и остается на этом уровне. Считается, что

11.2. Идентификация основных видов дрожжей, выделенных из различных видов сыра

Вид дрожжей*	Сыр				
	рокфор [24]	кибраль [51]	сеннекстэр [27]	кантал [28]	камамбер [30, 31]
Количество идентифицированных штаммов	81	99	156	38	482
Kluyveromyces marxianus var. *lactis*	30	3	10	47	34
Kluyveromyces marxianus var *marxianus*	6			5	15
Debaryomyces hansenii	22	31	86		13,5
Hansenula anomala	15				
Pichia membranaefaciens	7	22			
Pichia fermentans		16			
Geotrichum capitatum		15			
Pichia kluyveri		6			
Pichia sp.				} 47	
Rodotorula sp.					
Saccharomyces cerevisiae					22
Zygosaccharomyces rouxii					4
Candida versatilis					3
Kluyveromyces marxianus var *bulgaricus*					3

* Результаты в % к количеству идентифицированных штаммов.

на корке сыр контэ содержит столько же микроорганизмов, сколько весь круг этого сыра. Присутствующие в корковой слизи бактерии способствуют формированию характерных вкуса и аромата сыра.

1.2. Дрожжевая флора

Дрожжи очень широко распространены в природе. Они содержатся, в частности, в окружающем воздухе, воде, почве и растениях. Поэтому совершенно естественно, что они присутствуют в молоке и различных видах сыра.

Согласно распространенному мнению присутствие дрожжей в молоке впервые было установлено Блондо (Blondot) в 1872 г. В 1883 г. Эстен и Масон (Esten, Masson) сообщили об обнаружении дрожжей в камамбере, и в том же году Дюкло (Duclaux) [19] подчеркнул важную роль дрожжей (носящих название *Mycoderma*) в составе поверхностной микрофлоры сыров с плесневой коркой.

Затем последовал целый ряд работ, выполненных Мазе (Maze) [20], Уэсманом (Huesmann) [21], Хаммером (Hammer) [22], Гитоно с сотрудниками (Guittonneau et al.) [23], авторы которых редко упоминали названия различных видов дрожжей и мало говорили об их эволюции в ходе созревания сыра. Систематические исследования дрожжей, присутствующих в различных типах сырного теста, ведутся лишь в течение последних двадцати пяти лет.

1.2.1. Разнообразие дрожжевой флоры

В таблице 11.2 представлена уточненная идентификация основных видов дрожжей, выделенных из различных видов сыра.

Так, Девойо и Спонем (Devoyod, Sponem) [24] установили, что в рокфоре основными дрожжами в глубине сырного теста до посолки являются такие виды, которые обеспечивают сбраживание лактозы (*Kluyveromyces marxianus* var. *lactis*, *K. marxianus* var. *marxianus*, *Candida sphaerica*). Большая часть штаммов, идентифицированных ими после посолки, относится к родам *Pichia*, *Hansenula*, *Debaryomyces* и *Rodotorula*; подавляющее большинство дрожжей, присутствующих в центре сыра, относится к роду *Candida*.

Рис. 11.8. Эволюция дрожженой флоры сыра камамбер в процессе созревания [30]

В работе Дюкастеля и Ленуара (Ducastelle, Lenoir) [25], посвященной исследованию микрофлоры сыра сен-полэн, говорится, что доминирующими в ней видами микроорганизмов являются *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces marxianus* и *Candida utilis*.

Даль (Dalé) [26] установил присутствие в поверхностной микрофлоре сыра сен-нектэр пяти следующих основных видов дрожжей: *Debaryomyces hansenii*, *Yarrowia lipolytica*, *Candida sake*, *C. intermedia* и *Candida sphaerica*. Продолжая эти исследования, Вержад с сотрудниками (Vergeade et al.) [27] пришли к заключению, что вид *D. hansenii* доминирует в составе обычной для сыров этого типа микрофлоры (как на корке, так и внутри сырного теста).

Еще одно исследование, проведенное в отношении сыра кантал [28], позволило установить, что доминирующие в нем виды дрожжей аналогичны тем, которые были идентифицированы в других видах сыра. Речь идет о *Candida sphaerica*, *Kluyveromyces marxianus* var. *lactis*, *K. marxianus* var. *marxianus* и в меньшей степени о *Pichia* и *Rodotorula*.

Исследования дрожжевой флоры мягких сыров типа камамбера проводили Лепуар [29] и Шмидт и Ленуар [30, 31]. Изучение опытных образцов сыра, изготовленного из сырного молока, полученных с пяти сыродельных предприятий департамента Нормандия, выбранных среди других на основе их показателей качества продукции и равномерного ритма производства, позволило установить, что наиболее часто встречающимися видами дрожжей являются *Kluyveromyces marxianus* var. *lactis*, *K. marxianus* var. *marxianus* и их аспорогенные формы, а также *S. cerevisiae* и *D. hansenii*; при этом их относительное количественное содержание каждый раз может изменяться.

Вышесказанное позволяет заключить, что, по всей вероятности, дрожжевая флора большинства сыров состоит из «основной» флоры, образуемой видами рода *Kluyveromyces*. Наряду с этой флорой (не всегда доминирующей) существуют особые виды флоры группы *Saccharomyces* — *Debaryomyces*, определяемые относительным равновесием, а в некоторых случаях еще и присутствием одного или нескольких других видов [31].

1.2.2. Размеры и эволюция дрожжевой флоры

Эта тема явилась предметом целого ряда работ, позволивших проследить количественную эволюцию дрожжевой флоры в процессе созревания сыра.

Так, в камамбере (рис. 11.8) дрожжи быстро развиваются на его поверхности в течение первых дней созревания: на десятые сутки созревания их количество достигает уровня, близкого к $5 \cdot 10^8$/г; затем это количество заметно снижается. Внутри сырного теста эволюция дрожжевой флоры

Рис. 11.9. Эволюция дрожжевой флоры сыра рокфор в процессе созревания [24]

идет идентичным путем, но в количественном отношении она приблизительно в сто раз менее значительна, чем на поверхности [30].

В рокфоре дрожжи быстро развиваются в течение первых суток после изготовления [24]. Перед посолкой размеры их популяции составляют около 15^6 клеток/г внутри сыра и $5 \cdot 10^7$ на его поверхности. Посолка приводит к значительному снижению численности, в частности, на поверхности. Затем происходит быстрый рост поверхностной микрофлоры до 10^9 клеток/г (рис. 11.9).

У сыра сен-нектэр [27] общий характер эволюции популяций дрожжевой флоры на поверхности и внутри сыра близок к тому, который наблюдается у камамбера.

1.2.3. Роль дрожжей в созревании сыра

Содержание дрожжей в больших количествах позволяет им принимать участие в превращениях, происходящих в сыре при созревании. Действительно, эти микроорганизмы выделяют ферменты, способные расщепить составные части сырной массы, и таким образом могут влиять на изменение консистенции сырного теста и формирование вкуса и аромата продукта [32, 33].

Расщепление дрожжами лактозы может происходить как в процессе выделения сыворотки, так и в течение первых дней созревания. Образующийся углекислый газ приводит к образованию в сгустке мелких глазков. Эти глазки могут принести определенную пользу, поскольку, например, в рокфоре они способствуют внедрению *Penicillium roqueforti* [24]. Напротив, чрезмерное выделение углекислого газа приводит к образованию слишком крупных глазков, что является пороком консистенции.

Дрожжи могут также преобразовывать продукты расщепления лактозы. Так, основные виды дрожжей, идентифицированные в камамбере, могут путем окисления поглощать молочную кислоту и способствовать повышению pH, создающему условия для роста кислоточувствительных бактерий. Такая нейтрализация кислоты происходит и на поверхности сыра рокфор и ряда других мягких сыров с мытой коркой типа лимбургского [35], брика (brick) [36], поплёвека и мюнстера.

Дрожжевые микроорганизмы могут также участвовать и в расщеплении липидов. У некоторых из их видов, относящихся к родам *Candida*, *Torulopsis*, *Debaryomyces* и *Rodotorula*, идентифицированных в различных итальянских сырах, было установлено наличие внутриклеточной липолитической активности, максимальный уровень которой наблюдается при pH 8. Эта активность выражается в выделении жирных кислот, играющих важную роль

в формировании вкуса и запаха [37, 38]. Наличие липолитической активности (оптимум pH 4,5) было установлено у *Candida valida* и *D. hansenii*, идентифицированных в лимбургском сыре [39]; первые выделяют больше жирных кислот (12 : 0 и 14 : 0; меньше 18 : 0), чем вторые. Общепризнано, что наибольшей липолитической активностью среди дрожжей отличается вид *Yarrowia lipolytica* (прежнее название *Candida lipolytica*). Считается, что его использование в составе закваски при изготовлении сыра чеддер позволяет сократить продолжительность созревания и получить ряд составляющих аромата сыра, благоприятно сказывающихся на его качестве [40].

У большинства видов дрожжей, обнаруженных в камамбере, было установлено присутствие повышенного уровня активности карбоксилэстеразы [41]. Вне всякого сомнения, эта активность может сыграть важную роль в формировании вкуса и аромата сыра.

Дрожжи оказывают также определенное влияние и на белки [42]. У дрожжей, принадлежащих к родам *Trichosporon* и *Debaryomyces* и обнаруженных в сырах типа траппистского, были обнаружены внутриклеточные протеазы, оптимум pH которых для воздействия на казеин составляет 5,8. Присутствие этих ферментов было также установлено у двух штаммов *Kluyveromyces* и у одного штамма *Candida*, выделенных из сыра сен-полэн: соответствующие оптимальные значения показателя pH составили при этом 7,5 и 6,3 [43].

Шмидт [44] наблюдал у 162 штаммов дрожжей, выделенных из сыра камамбер и относящихся к основным видам этих микроорганизмов, значительный уровень внутриклеточной протеолитической активности при оптимуме pH 5,8, сохраняющийся на уровне 70—80% при pH 7; этот уровень активности поддается сравнению с тем, который был установлен у *P. camembert* [45]. Эти данные согласуются с данными, полученными другими авторами [46, 47].

Создается впечатление, что наибольшей протеолитической активностью отличается вид *Kluyveromyces marxianus*, выделяющий, по-видимому, три протеазы: две щелочные (оптимум pH 9) и одну кислотную (оптимум pH 3); все они сохраняют более 50% своей максимальной активности при pH 5,5 [47].

Дрожжи отличаются исключительно высокими уровнями экзопептидазной и, в частности, аминопептидазной активности [48], представляющими, видимо, одну из наиболее интересных потенциальных возможностей для их использования в сыроделии. У *Kluyveromyces marxianus* var. *lactis* было установлено наличие одного вида карбоксипептидазной активности (оптимум pH 7) и трех видов аминопептидазной активности (соответственно оптимумы pH 5, 7,1 и 8) [49].

Перечисленные виды активности позволяют дрожжам принимать участие в образовании компонентов аромата сыра и в силу этого в формировании его органолептических свойств. Это предположение уже было подтверждено результатами экспериментальных исследований. Так, присутствие *Kluyveromyces marxianus* var. *marxianus* в прессуемых сырах повышает объем выделения нейтральных летучих компонентов (этанола, изоамилового спирта, этилацетата), в отношении которых считается, что они способствуют формированию характерного букета этих сыров [50]. Кроме этого, известно, что дрожжи, сбраживающие лактозу, выделяют, помимо этанола, ацетальдегид и эфиры жирных кислот, способствующие формированию аромата сыра рокфор [24].

Таким же образом, при производстве камамбера дрожжи с самых первых дней созревания лежат в основе спиртового брожения, продукты которого (спирты, альдегиды, летучие кислоты, эфиры) придают свежему сгустку характерный запах [33].

Таким образом, становится ясно, что дрожжи могут играть сложную и важную роль в созревании некоторых видов сыра.

1.3. Микофлора

1.3.1. Плесени, используемые в сыроделии

1.3.1.1. *Penicillium camemberti*

Таксономия. Род *Penicillium* объединяет около ста пятидесяти видов. Согласно классификации Рапера и Тома (Raper, Thom) [52], основанной на строении органов размножения (называемых кисточками или пенициллами), он разделяется на четыре группы. Чаще всего встречаются группы *monoverticillata* и *asymetrica*, вторая, в свою очередь, разделяется на две подгруппы: *divaricata* (с мягкой пенициллой) и *non divaricata* (со сжатой пенициллой). Весьма большим разнообразием отличаются асимметричные *Penicillium* сжатого типа; это объясняет их классификацию по внешнему виду колоний (*velutina, lanata, funiculosa, fasciculata*).

Питт (Pitt) [55] выделяет четыре следующих рода:

Aspergilloides (*Monoverticillata*);

Furcatum — секция *Furcatum* (*Biverticillata-asymetrica*); секция *Divaricatum* (*Divaricata*);

Penicillium (*Terverticillata*);

Biverticillium (*Biverticillata-symetrica*).

Колонии *Penicillium* вида *P. camemberti* (асимметричных, сжатых) имеют хлопьевидный вид (*Lanata*) предпочтительно белого цвета. Прежде авторы выделяли в них два вида: *P. caseicolum* Bainier, постоянно имеющий белый цвет, и *P. camemberti* Thom, принимающий на 10—14-е сутки бледноватую серо-зеленую окраску.

Penicillium caseicolum (старое название *P. candidum*) встречается в мягких сырах типа камамбера, бри, карре де л'эст.

P. camemberti (старое название *P. album*) представляет собой изначальную плесень камамберов, бри и сыров типа бондон де Невшатель (Bondon de Neufchatel).

Существующая ныне тенденция сводится к тому, чтобы рассматривать *P. caseicolum* как белого мутанта *P. camemberti* [53, 54], поэтому в классификации рода *Penicillium* Питт [55] упоминает только один вид — *P. camemberti*.

Морфологические свойства. Культивируемые разновидности мутанта *P. caseicolum* имеют рыхлый мицелий белого цвета. Их отличает большое количество бесплодных гифов и небольшое количество спор. Конидии имеют белый, в некоторых случаях кремовый цвет.

Исходные разновидности могут быть различными. Они происходят из сыров типа бондона, производимых в районе Невшатель. Их отличает мицелий очень большой толщины. Бесплодные гифы и конидиеносцы имеют, как правило, меньшую длину и дают довольно короткие отростки [56]. Конидии, имеющие вначале кремовую окраску, приобретают охровый цвет. Штаммы, имеющие желтоватый цвет, придают сыру характерный вкус. Авторы считают, что *P. caseicolum* происходит от исходной разновидности, присутствующей в невшательском сыре. По мере пересевов исходные штаммы, отличающиеся весьма высокой спорообразующей способностью, в известной мере утратили ее. Параллельно возросло количество бесплодных стеблей, вследствие чего увеличилась высота колоний.

Типовой штамм *P. camemberti* NARL 877, не претерпевший изменений с 1906 г., и исходные штаммы имеют характерное хлопьевидное строение; напротив, выпускаемые в продажу закваски гладкие.

Моро (Moreau) [54] предложил классификацию различных штаммов *P. camemberti*, состоящую из четырех следующих форм:

невшательская форма, представляющая собой сильный, быстрорастущий штамм, создающий толстое желтовато-белое покрытие;

быстрорастущая форма с короткими волосками, со сжатыми и низкими талломами;

форма, растущая медленнее, с длинными волосками, рыхлыми и высокими талломами;

форма с хлопьевидными талломами, имеющими вначале белый, а затем серо-зеленый цвет (собственно *P. camemberti*).

Физиологические свойства. *Скорость роста.* По сравнению с другими видами *Penicillium* этот вид имеет довольно ограниченную скорость роста: 25—35 мм в среде из солодового экстракта за две недели при 25 °С [55]. Сам *P. camemberti* имеет в целом более высокую скорость роста (особенно вначале), чем его белые разновидности.

Время, необходимое для появления светло-зеленой окраски, может быть самым разным (от 4 до 14 сут при 22 °С). Таким образом, оно может быть гораздо короче того, которое сообщают Рапер и Том.

Толщина мицелия. Судя по данным различных авторов, она составляет от 2 до 3 или от 5 до 7 мм.

Время спороношения. В зависимости от штаммов время, необходимое для прорастания 50% спор на солодовом экстракте (20 г/л, pH 6,5, 22 °С) с встряхиванием, может составлять от 15 ч до 25 ч 30 мин.

Сыроделы должны располагать точными данными об этапе, предшествующем прорастанию. Слишком большая его продолжительность может привести к чрезмерному развитию конидиеносцев и, следовательно, к их большой непрочности.

Действие соли. По мнению Сансонетти (Sansonetti) [57], порог торможения роста солью находится на уровне концентрации соли 20%. Результаты испытаний, проведенных на 22 штаммах, культивировавшихся на молочной сыворотке (pH 4,7), позволили Гегану и Вуазену (Gueguen, Voisin) [58] установить, что, начиная с концентрации соли в размере 10%, рост штамма замедляется на неделю, при концентрации 15% у пятнадцати штаммов замедление роста составляет от семи до девяти суток, при 20%-ной концентрации продолжают развиваться только девять штаммов, но продолжительность их роста составляет от 21 до 63 сут. При концентрации 25% никакого роста не наблюдается. Помимо этого, было отмечено, что оптимальное развитие в жидкой среде происходит в отсутствие соли, тогда как в твердой среде содержания соли в пределах 1—2% оказывают благотворное влияние на рост.

Способность к размножению. У большинства штаммов в среде, не содержащей соли, спороношение полностью отсутствует. Соль способствует распространению спор. При концентрациях соли, используемых обычно в сыроделии, половина штаммов способна к спорообразованию.

Влияние pH. Виды, наносящие вред *Penicillium*, гораздо более толерантны к изменениям pH, чем *P. camemberti*.

В 1955 г. Жаке с сотрудниками (Jacquet et al.) [59] установили, что большинство штаммов очень хорошо развивается при pH от 3,5 до 6,5, но лишь незначительное их число способно выдерживать щелочные pH. С тех пор в области селекции грибковых заквасок произошла определенная эволюция. Раньше селекционируемые штаммы не развивались при pH выше 7, освобождая место для роста бактерий, вырабатывающих красную слизь. Впоследствии для получения сыров с достаточным плесневым покровом сыроделы отказались от проведения созревания с использованием коринебактерий и перешли к использованию штаммов плесенеобразующих грибов, способных развиваться в щелочной среде.

Углеродное питание. Максимальный рост достигается при использовании фруктозы и мальтозы. Наиболее высок уровень споруляции при концентрациях от 40 до 60 г/л при использовании сахарозы, глюкозы и фруктозы. Галактоза обеспечивает одновременно наиболее высокий уровень споруляции и минимальный прирост массы [60].

1.3.1.2. *Penicillium roqueforti*

Таксономия. Плесенеобразующие грибы, используемые для производства голубых сыров, относятся к видам *Asymetrica* и *Velutina*. Они отличаются тем, что их конидиеносцы имеют сильно шероховатые бородавчатые стенки, а споры — тонкий паутинолодобный вид. В отличие от плесени

P. camemberti, характеризующейся тем, что местом ее обитания служит поверхность некоторых сыров или помещения сыродельных заводов, *P. roqueforti* широко распространена.

Этот вид не имеет ничего общего с *P. glaucum*, и это название, ранее широко распространенное среди сыроделов, должно быть отброшено.

Морфологические признаки. Уплощенные талломы насыщенного сине-зеленого цвета с широкой белой каймой характерного бархатистого вида, не разделенной на отдельные участки, быстро растут, в частности, в среде солодового экстракта (40—70 мм за 7 сут при 25 °С).

В противоположность весьма близкому виду *Penicillium verrucosum* var. *cyclopium*, который иногда загрязняет грибковые закваски, культуры *P. roqueforti* не имеют запаха.

Физиологические свойства. Несмотря на то что оптимальная температура для его роста составляет от 35 до 40 °С, этот вид играет определенную роль в порче продуктов, хранящихся в охлажденном состоянии, поскольку он продолжает сохранять довольно высокую способность к росту в условиях низких температур.

Этот вид лучше и быстрее развивается при pH, близких к 4, и хуже при pH 6, но допускает и более значительные изменения pH (от 3 до 10,5), чем *P. camemberti* [61]; рост не прекращается даже в присутствии 5%-ной молочной кислоты.

Низкое содержание соли оказывает стимулирующее воздействие на прорастание конидий. В сгустке в зависимости от штаммов содержание 6—8% NaCl может (или нет) тормозить развитие [62]. Создается впечатление, что такое содержание даже благоприятно, а порог толерантности располагается, по всей видимости, на уровне, превышающем 20% [63].

Эта микроаэрофильная плесень очень хорошо растет при довольно низком содержании кислорода (5%); она практически не образует спор при 0 и 100% кислорода, и на нее оказывает стимулирующее воздействие присутствие CO_2 [64].

1.3.1.3. *Geotrichum candidum*

Этот вид присутствует в ряде мягких сыров (камамбер, понлёвек), а на поверхности сыров типа сен-нектэр он образует характерную корку белого цвета.

Таксономия. Таксономическое положение этого гриба (прежние названия *Oidium lactis* и *Oospora lactis*) остается неясным. Способ его полового размножения с помощью асков позволяет отнести его к аскомицетам, но тот факт, что его телеморфическая стадия (способ полового размножения) в значительной мере остается случайной, позволил Ониону и сотрудникам (Onions et al.) [65] отнести его к гифомицетам, одному из трех классов *Fungi — Imperfecti*.

Морфологические признаки. Этот дрожжеподобный гриб достаточно быстро растет на обычных средах. Некоторые штаммы образуют маслянистые колонии кремового цвета, другие — покров ярко выраженного белого цвета, напоминающие формы *P. camemberti* с короткими волосками [66].

Этот вид отличается следующими характерными морфологическими признаками: наличием дихотомических ветвлений мицелия на краевых участках талломов и размерами артроспор [в среднем (3...6)×(6...12) мкм], образующих цепи при нарушении боковых гиф на уровне перегородок.

Физиологические свойства. Минимальная температура для роста близка к 5 °С, оптимальная температура составляет 25 °С, а максимальная температура лежит в пределах между 33 и 38 °С. Порог теплоустойчивости находится на уровне 51—57 °С (53 °С для >70% штаммов) при выдержке 30 мин и в суспензии с общим содержанием спор приблизительно в $3 \cdot 10^6$/мл физиологического раствора. При выдержке 25 с порог теплоустойчивости поднимается с 55 до 58, с 56 до 60 и с 58 до 62 °С при соответствующих содержаниях спор, равных $3 \cdot 10^2$, $3 \cdot 10^4$ и $3 \cdot 10^6$/мл физиологического раствора. Влияние размеров популяции выражается в том, что при изменении температуры на один градус Цельсия она изменяется в среднем в десять раз. Аналогичная теплоустойчивость наблюдается в суспензиях, приготовленных из цельного или обезжиренного молока [143].

Оптимум pH для развития лежит в пределах между 5 и 5,5, но этот вид способен выдерживать весьма значительные колебания pH; выказывая явное предпочтение к кислым средам.

Вид *G. candidum* хорошо известен благодаря исключительной чувствительности к воздействию соли. Небольшое снижение роста наблюдается уже при концентрации соли 1%, порог полного прекращения роста лежит на уровне концентрации соли 5—6%.

Благоприятное воздействие на рост оказывают темнота, аэрация и встряхивание, а также присутствие небольших количеств углекислого газа [67].

Geotrichum candidum не сбраживает никаких сахаров. С помощью окислительного пути он использует глицерин, D-ксилозу, галактозу, глюкозу, фруктозу, маннозу, сорбозу, эскулин, маннит, сорбит и в зависимости от штаммов мальтозу, сахарозу, ядонит, амигдалин... [68, 69, 143]. Молочная кислота является хорошим источником углерода, лактоза, напротив, усваивается гораздо хуже. *G. candidum* использует предпочтительно органический азот и сульфаты, активно дезаминирует триптофан, лейцин, метионин, фенилаланин. Стимулирующее воздействие на его развитие оказывают экстракт и автолизат дрожжей [70].

Другой вид, *Cylindrocarpon*, выделенный из сыров типа сен-нектэра домашнего изготовления, может способствовать образованию на них достаточно хорошей корки, поскольку сочетание *Geotrichum — Cylindrocarpon* отличается своей исключительно высокой способностью к созданию необходимого серовато-белого покрова [67].

1.3.2. Биохимическая активность *Penicillium* и *G. candidum*; их роль в процессе созревания сыра

Эти виды плесени играют двойную роль, нейтрализуя сырное тесто и с помощью выделения ферментов активно участвуя в процессах расщепления, которым принадлежит доминирующее место в созревании.

1.3.2.1. Нейтрализация сырного теста

Потребляя лактозу, а затем молочную кислоту и лактаты, *P. camemberti* и некоторые штаммы *G. candidum* играют определяющую роль в процессе нейтрализации сгустков. При этом происходит изменение pH в направлении достижения значений, совместимых с теми видами ферментативной активности, которые обеспечивают физико-химические изменения сырного теста и формирование вкуса и запаха. В конце созревания эта нейтрализация приобретает усиленный характер на поверхности сыра, создавая, таким образом, возможность для развития кислоточувствительной микрофлоры, состоящей из микрококков и коринебактерий.

1.3.2.2. Образование ферментов

Основной агент расщепления белков в сырах типа камамбера, бри и карра де л'эст — *P. camemberti*. Способность этого вида к выделению протеолитических ферментов (в целом довольно низкая) изменяется в зависимости от используемых штаммов, причем наиболее активны из них те, которые происходят из невшательского сыра [71, 72]. Исследование внеклеточной протеолитической системы позволило установить существование двух эндопептидаз: одной кислой протеазы, устойчивой в диапазоне pH от 3,5 до 5,5 (оптимум pH для воздействия на казеины ≈5), и одной металло-

протеазы, оптимум pH которой для воздействия на казеин равен 6, а вторичный оптимум pH находится в диапазоне между 8,5 и 9,5 [73, 74]. Было установлено также наличие карбоксипептидазных (с оптимумом pH от 4 до 7 в зависимости от субстрата) и аминопептидазных (оптимум pH 7,5—8,5) активностей.

P. camemberti присущ высокий уровень липазной активности, изменяющийся в зависимости от штаммов в пределах от 1 до 10 [75]. Основная внеклеточная липаза сохраняет активность в диапазоне pH от 3,5 до 11,5 (оптимум pH 8,5—9,5), оптимальная температура для ее деятельности близка к 35 °С, но при 0 °С она продолжает сохранять более 50% своей максимальной активности. Активность внеклеточной липазы в отношении трибутиразы и безводного молочного жира (butter oil) в четыре-пять раз выше, чем в отношении триолеина [76].

Кроме этого, эта плесень обладает способностью к окислительному расщеплению жирных кислот, исключительно заметному в отношении каприловой кислоты и в меньшей степени в отношении лауриновой кислоты. Было установлено существование корреляции между протеолитической, липолитической и β-окислительной активностями [77].

G. candidum также принимает участие в расщеплении белков и жира. Несмотря на различия в способности к протеолизу у разных штаммов, в целом она достаточно близка к той, которая наблюдается у *P. camemberti* [78].

Внеклеточная система (оптимум pH 5,5—6) состоит, видимо, из двух эндопептидаз, действующих в сырной массе [79]. У *G. candidum* было установлено наличие одной внутриклеточной эндопептидазной активности, наведенной пептонами, оптимальная активность которой проявляется во время стационарной фазы роста плесневообразующего гриба [144]. Этот вид отличается также присутствием одной вне- и внутриклеточной аминопептидазной активности [145]. *G. candidum* производит также одну внеклеточную липазу, активность которой (максимальная при pH 5,6—7) отличается весьма сильно выраженной специфичностью по отношению к олеиновой кислоте и другим ненасыщенным жирным кислотам (пальмитоолениновой, линолевой и линоленовой) [80]. Некоторые штаммы *G. candidum* способны снижать горький вкус продукта и тем самым приводить к значительному улучшению запаха и вкуса сыров типа камамбера [146].

В голубых сырах явления протеолиза имеют исключительно большое значение, а главная роль в них принадлежит *P. roqueforti*. Исследователям удалось достаточно хорошо идентифицировать его внеклеточную протеолитическую систему. Она состоит из двух эндопептидаз, одной кислой протеазы (pH_0 3,5—4) [81] и одной металлопротеазы (pH_0 5,5—6) [82], а также из нескольких экзопептидаз, среди которых имеется одна карбоксипептидаза (pH_0 3,5—4) [83] и одна аминопептидаза (pH 7,5—8) [84].

Способность *P. roqueforti* к протеолизу изменяется в широком диапазоне в зависимости от используемых штаммов. В противоположность тому, что было установлено в отношении *P. camemberti*, корреляция между протеолитической и липолитической активностями отрицательная [85]. Этот вид выделяет две внеклеточные липазы, одну щелочную липазу (pH_0 7,5—8) [86], отличающуюся высоким уровнем активности по отношению к трибутирину, и одну кислую липазу (pH_0 6,5), гидролизующую главным образом трикапрон [87]. Под ее действием высвобождающиеся жирные кислоты превращаются в β-кетокислоты, а затем в метилкетоны, способствующие формированию специфического аромата голубых сыров.

Таким образом, плесневообразующие грибы* играют главную роль в процессе созревания мягких и голубых сыров. Аналогичный вопрос может возникнуть и в отношении прессуемых сыров. По этому поводу можно заметить следующее: несмотря на близость свойств сырного теста сыров сен-

* Наряду с предпочтительным термином «плесневообразующие грибы» в тексте из стилистических соображений используются также и другие варианты: «плесени», «плесневая микрофлора», «грибы». — *Прим. ред.*

нектэр и сен-полэн, а также несмотря на сходство популяций присутствующих в них микроорганизмов, у сыра сен-нектэр наблюдается более богатое послевкусие, которое, по-видимому, может быть в определенной мере отнесено на счет присутствия плесени на его корке.

1.3.4. Закваски из плесневообразующих грибов

Выпускаемые в настоящее время в продажу и используемые в сыроделии грибковые закваски можно разделить на три группы в зависимости от используемого вида плесени: *Penicillium camemberti*, *Penicillium roqueforti*; *Geotrichum candidum*.

Две первые группы распространены гораздо шире, чем третья.

1.3.4.1. Происхождение и селекция штаммов

Закваска может состоять из одного штамма чистой культуры или группы специально подобранных штаммов. Эти штаммы получают на сыродельных предприятиях, использующих традиционную технологию изготовления сыра из сырого молока (бондон, бри, сен-нектэр...) или из коллекций штаммов культур, выращиваемых в лабораторных условиях. Как правило, их селекция осуществляется с помощью серии испытаний, проводимых на отдельных клонах культур, подвергнутых (или не подвергнутых) предварительной обработке мутагенными агентами. Селекционные испытания могут касаться таких аспектов, как культуральные особенности (цвет, запах, скорость прорастания и развития, способность к спорулляции), физиологические свойства (способность к росту в зависимости от факторов температуры, pH, влажности, содержания соли...) и биохимические характеристики (способность к протеолизу и липолизу, выделение ароматообразующих компонентов...).

1.3.4.2. Производство заквасок

Грибковые закваски производят с использованием поверхностной культуры (в сосуде Ру) или методом культуры в жидкой среде с использованием ферментера. После выращивания производят отделение спор от мицелия с помощью перемалывания, пропускания через сита и центрифугирования. Получаемые пастообразные препараты могут фасоваться в виде суспензии в жидкой среде или в виде лиофилизированного порошка. Мероприятия по количественному (определение степени выживаемости спор) и качественному контролю (определение причин возможных загрязнений посторонними организмами) гарантируют высокое качество заквасок.

1.3.4.3. Использование грибковых заквасок

Формы использования грибковых заквасок могут быть различными:

1. Внесение в молоко, предназначенное для переработки, вместе с молочнокислыми заквасками или в момент внесения сычужного препарата.
2. Внесение в солильный рассол (*P. camemberti*).
3. Распыление по поверхности сырной массы при ее подаче в сыроподвал (*P. camemberti*, *G. candidum*).
4. Внесение в сырное зерно перед формованием (*P. roqueforti*).

Приемы использования грибковых заквасок (условия хранения, предварительное разведение, дозы инокуляции...) зависят от природы заквасок, фасовки, форм использования, типа сыра... Они сообщаются в инструкциях фирм — изготовителей заквасок.

2. Явление ассоциации микроорганизмов

2.1. Сложность микрофлоры сыров

Выше уже говорилось о сложности микрофлоры сыров. Она объясняется ее высоким количественным содержанием (в среднем в одном грамме сырного теста содержится 10^9 клеток), ее количественным разнообразием и особенно постоянно происходящими в ней изменениями [88—90]. Действительно, в процессе созревания происходит более или менее быстрое исчезновение некоторых видов микроорганизмов (колиформ в чеддере [91] или стафилококков в рокфоре [92]), количество других сохраняется на постоянном уровне или же, напротив, быстро возрастает (микрококки на поверхности камамбера) [89, 90]. Эти изменения могут являться результатом как изменений условий среды (pH, содержание соли), так и явлений метаболизма, связанных с развитием микроорганизмов и сопровождающихся появлением в среде определенных компонентов, оказывающих тормозящее или стимулирующее воздействие на их рост.

2.2. Размножение микроорганизмов и факторы роста

Размножение микроорганизмов обусловлено целым рядом факторов, к которым относятся наличие воды, источника энергии, источника углерода и азота, наличие минеральных веществ. Присутствие всех этих элементов обеспечивает возможность синтеза микроорганизмами основных метаболитов, необходимых для их роста. Для огромного количества бактерий синтез этих метаболитов невозможен. В этом случае речь идет о факторах роста, которые организм должен обязательно изыскать в среде, чтобы иметь возможность развиваться (ауксотрофные организмы).

Для того чтобы охарактеризовать процесс размножения микробов, можно использовать понятие скорости роста (T), представляющее собой количество клеточных делений в единицу времени. Эта скорость зависит от таких условий среды, как температура или pH, и от концентрации питательных веществ.

Исследуя случай низких концентраций какого-то из питательных веществ (ограничивающего рост), Моно (Monod) [93] установил, что скорость роста увеличивается пропорционально этой концентрации согласно выражению

$$T = T_{\text{макс}} \frac{[S]}{K + [S]},$$

где $[S]$ — концентрация ограничивающего питательного вещества; K — константа.

Эти особенности роста в значительной мере объясняют явления метаболического взаимодействия (синтрофии), происходящие между микроорганизмами. Например, потребность в факторах роста одного вида могут удовлетворяться другим видом, синтезирующим эти факторы. Это создает возможность для роста первого вида. Таким же образом метаболическая активность одной бактерии может привести к повышению концентрации определенных метаболитов, вследствие чего усилится развитие или активность другого микроорганизма. Эти явления характерны для эволюции микрофлоры сыров.

2.3. Примеры ассоциаций микроорганизмов

2.3.1. Явления антагонизма

В литературе встречаются многочисленные примеры тормозящего воздействия, оказываемого одними микроорганизмами на другие. Их механизмы не всегда изучены полностью. В качестве примера можно привести тот

факт, что пока не удалось установить точную природу тормозящего воздействия на рост *Clostridium tyrobutyricum* некоторых штаммов лактобацилл и стрептококков (*Lbm. casei*, *Lbm. plantarum*, *Lbm. helveticus* и *Str. diacetylactic*) [94].

Известные случаи торможения связаны, как правило, с:

производством бактериоцинов (например, низина) некоторыми штаммами *Str. lactis*, отличающимися своей активностью в отношении многих грамположительных бактерий и спор *Clostridia*, на прорастание которых низин оказывает тормозящее воздействие, а также других бактериоцинов (например, диплококцина, образуемого *Str. cremoris*, или других диализующихся соединений, идентификация которых до настоящего времени не представилась возможной) [95];

образованием в среде небольшого количества перекиси водорода [96], тормозящее влияние которой может усиливаться системой лактоперексидаза — тиоцианат, или с образованием пептидов с высоким содержанием циклических аминокислот, тирозина и триптофана [97];

изменением условий среды (повышение кислотности подавляет развитие таких кислоточувствительных микроорганизмов, как колиформы) или потреблением одной группой микроорганизмов веществ, необходимых для роста другой группы.

2.3.2. Явления стимуляции

Важная роль аминокислот и пептидов как факторов роста молочнокислых бактерий в настоящее время установлена с полной очевидностью [98, 99].

Так, Демазо и Девуайо (Desmazeaud, Devoyod) [100] удалось установить стимулирующее воздействие на термофильные стрептококки пептидов (молекулярная масса которых составляет от 1000 до 1500), вырабатываемых обнаруженными в различных сырах казеолитическими микрококками.

Стимулирующее воздействие *Streptococcus faecalis* var. *liquefaciens* на активность *Leuconostoc* (в частности, производство CO_2), лактобацилл и молочнокислых стрептококков в сыре рокфор также объясняется частичным гидролитическим расщеплением казеина энтерококком [101].

И наконец, присутствие аминопептидаз в растворимых экстрактах культур лактобацилл (*Lbm. helveticus*, *Lbm. lactis* и *Lbm. bulgaricum*), видимо, благотворно воздействует на деятельность *Str. thermophilus* и, вероятно, может служить основанием для внесения этих экстрактов в молоко, предназначенное для переработки в сыр [102].

Авторы полагают, что синергическое воздействие пептидов и аминокислот носит достаточно распространенный характер и относится также к другим микроорганизмам, помимо молочнокислых бактерий, например к бактериям пропионовокислого брожения [103].

В явлениях ассоциации микроорганизмов задействован целый ряд других соединений. Так, *Str. thermophilus* оказывает стимулирующее воздействие на *Lbm. bulgaricum* и *Lbm. lactis*, связанное с выделением муравьиной кислоты [104] и углекислого газа [105].

Фолиевая кислота (кофермент, принимающий участие в синтезе нуклеиновых кислот) способствует производству кислоты стрептококками, росту лактобацилл, в частности, *Lbm. casei*, и производству газа видом *Leuconostoc*. Например, в сырах типа голубого эта кислота выделяется дрожжами, обильно размножающимися на начальной стадии производственного процесса. Ее воздействие на *Leuconostoc* способствует формированию рисунка сыра и, таким образом, создает благоприятные условия для внедрения и развития *Penicillium* [106].

Пантотеновая кислота — еще один витамин, стимулирующий рост *Brevibacterium linens* [107]. Нат (Nath) [108] сообщает также о влиянии капсулярного вещества микрококков на развитие лактобацилл в чеддере.

Особенности поведения микроорганизмов объясняются, вероятно, присутствием в сырных массах различных соединений, способных играть роль факторов роста. Так, солеустойчивость молочнокислых стрептококков странным

образом оказывается более высокой в сыре типа рокфора, чем в средах in vitro [88].

Определенную роль в явлениях стимуляции может также сыграть изменение условий среды. Доказательством тому служит хорошо известный пример; а именно: нейтрализация сырного теста с помощью развития плесеней или (и) дрожжей создает условия для внедрения кислоточувствительной бактериальной флоры, состоящей, в частности, из микрококков и коринебактерий.

Приведенные примеры не являются исчерпывающими, и совершенно очевидно, что процессы взаимодействия, протекающие в сырных массах, являются еще более многочисленными и разнообразными. Их существование может в значительной мере служить объяснением не только сложности микрофлоры сыра, но также и появления новых видов метаболической активности, невозможных в случае отдельно взятых видов.

3. Пороки сыра микробиологического происхождения

3.1. Пороки бактериального происхождения

Многие пороки бактериального происхождения характерны для каких-то конкретных случаев или определенных видов сыра (например, пороки корки прессуемых сыров). Их можно разделить на две основные категории:

а) пороки консистенции — вспучивания;

б) пороки вкуса — горький вкус, прогорклый вкус.

3.1.1. Пороки вспучивания сыра

3.1.1.1. Раннее вспучивание

Этот порок возникает вскоре после начала изготовления и может поражать почти все виды сыра. Он проявляется в образовании в сырном тесте большого количества глазков (обычно мелких). Этот процесс может протекать как незаметно, так и приводить к значительному вспучиванию (губковидная консистенция мягких сыров).

Появление этого порока объясняется развитием в сырном тесте газообразующих микроорганизмов (дрожжей, гетероферментативных молочнокислых бактерий и в большинстве случаев колиформ) [109].

Среди колиформ имеется целый ряд родов (*Citobacterium*, *Enterobacter*, *Escherchia*), относящихся к семейству Enterobacteriaceae, общим свойством которых является способность к сбраживанию молочного сахара с образованием кислоты и газа.

Эти микроорганизмы широко распространены в природе, поскольку присущая им невысокая требовательность в плане необходимых для их роста питательных веществ позволяет им развиваться в простых биологических средах. Колиформы — типичные загрязняющие микроорганизмы.

Колиформы относятся к мезофильным микроорганизмам, но сохраняют способность к развитию в интервале температур между 10 и 40 °С. Некоторые из их видов (*Enterobacter hafniae*) психротрофны. Колиформы отличаются высокой чувствительностью к повышению кислотности, и их активность подавляется при pH 4,1—3,85. В сырном тесте эта чувствительность еще более возрастает под действием других ограничивающих факторов (соль или a_w) [110]. Колиформы сбраживают многие сахара (смешанное кислотное брожение и бутандиоловое брожение), приводят к появлению многочисленных соединений [111] (табл. 11.3), в частности, углекислого газа и водорода, лежащих в основе вспучивания сыров.

Развитие колиформ в сыре зависит от уровня первичного загрязнения и условий среды, в частности, степени подкисления молочной кислотой. Так, присутствие в молоке антибиотиков может привести к появлению порока раннего вспучивания [112]. В сыре чеддер количественное содержание коли-

11.3. Сбраживание глюкозы видом *Escherichia coli* [111]

Продукты, образующиеся при pH 6,2	Граммов на 100 г сахара	Киломолей на 100 ммоль сахара
Муравьиная кислота	0,6	2,4
Уксусная кислота	12,1	36,5
Молочная кислота	39,6	79,5
Янтарная кислота	8,8	10,7
CO_2	21,5	88,0
H_2	0,8	75,0
Этанол	12,7	49,8
Глицерин	0,7	1,4
Бутандиол	0,15	0,3
Ацетоин	0,03	0,06
Группа сыра	pH	a_w
Сыры, потребляемые без созревания	4,3—4,5	0,980—0,995
Мягкие сыры	4,5—4,8	0,970—0,990
Прессуемые сыры с низкой температурой второго нагревания	4,8—5,1	0,940—0,970
Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания	5,0—5,2	0,885—0,905

форм в процессе созревания постепенно снижается; это снижение происходит тем быстрее, чем ниже уровень начального загрязнения [113]. Что касается мягких сыров, то здесь удаление колиформ происходит с большей или меньшей скоростями в зависимости от используемой технологии [114, 115]. По мнению Мурга с сотрудниками (Mourgues et al.) [116], может иметь место даже размножение микробов. Первое развитие колиформ происходит в молодом сыре до чрезмерного нарастания кислотности. Затем кислотность ведет к уничтожению значительной части колиформ. По мере повышения pH в процессе созревания размножение колиформ возобновляется. В конце созревания размер популяции колиформ в зависимости от начального уровня их количественного содержания может достигать 10^6—10^8.

В целях ограничения возможности появления порока раннего вспучивания некоторые авторы ратуют за снижение степени загрязнения заводского молока до уровня ниже трех колиформ на литр — уровня, при котором риск возможного развития этих микроорганизмов в значительной степени ослабевает. Помимо пастеризации молока, рекомендуется использовать следующие средства: проведение мероприятий по обеспечению гигиены технологического оборудования, сокращение продолжительности или полный отказ от созревания молока перед переработкой, сокращение периода созревания и хранение зрелых сыров в условиях низких температур (4 °С)*.

3.1.1.2. Позднее вспучивание

Позднее, или маслянокислое, вспучивание выражается в образовании ненормального рисунка у некоторых видов сыра (грюйер, эмментальский, гауда, эдамский ...), что происходит вследствие газообразования (водород и углекислый газ), начинающегося в сыре через несколько недель или несколько месяцев после его изготовления.

* В СССР Научно-производственным объединением «Углич» разработан и впервые в мировой практике применен в промышленных масштабах бактериальный препарат БП-5, который обладает антагонистическим действием по отношению к колиформам и предотвращает таким образом раннее вспучивание сыров. — *Прим. ред.*

Появление этого порока связано с присутствием спорообразующего маслянокислого микроорганизма *Clostridium tyrobutyricum* [117]. Этот мезофильный микроорганизм, споры которого обладают относительно невысокой теплоустойчивостью, в противоположность другим видам (например, *Cl. butyricum*) кислотолерантен. Оптимум pH, необходимый для его роста, равен 5,8, но он хорошо развивается и в диапазоне pH 4,5—7,5. *Clostridium tyrobutyricum* сбраживает лишь незначительное количество сахаров. Лактоза метаболизму не подвергается, но это не относится к лактатам (при pH выше 5,3 и в присутствии ацетата или дрожжевого экстракта). В этих условиях образуются масляная и уксусная кислоты, углекислый газ и водород (последние и вызывают вспучивание).

Появление порока позднего вспучивания связано с количественным содержанием спор *Cl. tyrobutyricum* в молоке. Критический порог находится на уровне 200 спор/л [118]. Как правило, уровень загрязнения молока лежит ниже этого порога, за исключением случаев кормления коров некоторыми видами силоса. Это объясняется способностью *Clostridium* земляного происхождения размножаться в силосе, и при плохом качестве силоса степень загрязнения молока может достигать уровня, превышающего 100 000 спор/л [119].

Для снижения риска появления порока позднего вспучивания в сырах рекомендуется использовать целый ряд средств.

Наиболее рациональный способ заключается в ограничении уровня первичного загрязнения молока с помощью особо тщательного приготовления силосных кормов (предупреждение попадания большого количества земли в момент силосования, контроль за нормальным ходом процесса сквашивания при хранении и за гигиеной доения — подмывание вымени, отделение первых струек молока).

Можно также искать пути к уничтожению большей части спор, содержащихся в молоке*. Для этого предпринимают следующее:

а) нагреванием (типа УВТ-нагрева) уничтожают споры [120]. В настоящее время этот вид обработки не разрешен применительно к сырам, подверженным пороку позднего вспучивания;

б) проводят бактофугирование [121]. Эта технология создает необходимость в нагревании молока (при 80 °С 99,5—99,9% спор уничтожается). При нагревании до температур, принятых в сыроделии (60—65 °С), сепарирование ослабляет последствия загрязнения, не устраняя их полностью;

в) проводят естественное отстаивание сливок (это позволяет удалить 90% спор) [122].

Тормозить рост микроорганизмов или прорастание спор можно также путем внесения ингибиторов. При этом чувствительность термофильных лактобацилл не позволяет использовать низин, антибиотик, выделяемый *Str. lactis*, в производстве сыров с высокой температурой второго нагревания. Его применяют только при производстве плавленых сыров. Использование перекиси водорода и нитратов, представляющих собой относительно эффективные ингибиторы, во Франции запрещено. Наконец, складывается впечатление, что удовлетворительные результаты без каких-либо побочных эффектов дает лизоцим [123] (при дозах, не превышающих 20—35 мг/кг)**.

---

* См. часть II, главу 6; 4.5 и 4.6.

** Помимо приемов предотвращения позднего вспучивания сыров, вызванного маслянокислым брожением, перечисленных в тексте, существует биотехнологический метод ингибирования маслянокислых бактерий.

Такой метод разработан в СССР специалистами Научно-производственного объединения «Углич» (Гудков А. В., Перфильев Г. Д.). Сыродельным заводам поставляется в промышленных масштабах специальный бактериальный препарат «Биоатибут», который ингибирует развитие маслянокислых бактерий и защищает таким образом сыры от порока «позднее вспучивание». — *Прим. ред.*

3.1.2. Пороки вкуса

Пороки вкуса сыров, имеющие микробиологическое происхождение, чаще всего связаны с метаболизмом микроорганизмов. Например, порок сыра «горький» отчасти объясняется протеолитической активностью молочнокислых бактерий*, а прогорклый вкус является следствием липолитической активности психротрофных бактерий. Эти бактерии способны развиваться в течение 10 сут на агаре при 7 °С, они представлены в молоке в основном родом *Pseudomonas*. Эти микроорганизмы выделяют теплоустойчивые липолитические ферменты, вызывающие в сыре (даже после тепловой обработки молока) развитие прогорклого и мыльного привкусов [124].

Ввиду того что продуцирование этих ферментов приходится на поздние стадии изготовления сыра, своевременная (за 48 ч) термизация молока (63—65 °С, выдержка 20 с) снижает степень риска появления порока вкуса.

3.2. Пороки плесневого происхождения

Плесневообразующие грибы, описание которых было приведено выше**, и другие микроорганизмы, относящиеся к грибам, также могут стать причиной появления пороков. Как правило, это обыкновенные плесневые грибы, широко распространенные в почве.

Независимо от вида плесени, о котором идет речь, в основе появления порока лежат две постоянно и одновременно присутствующие причины:

1) массовое попадание в продукт постороннего плесневообразующего гриба;

2) нарушение технологического процесса, создающее условия для внедрения и развития гриба на субстрате (сыре).

Действительно, сыры (в частности, с плесневой коркой) могут иметь совершенно удовлетворительный покров даже в априорно неблагоприятных условиях окружающей среды: главное, чтобы *Penicillium camemberti* получил необходимые для своего развития условия.

Средства борьбы с поражением посторонними плесневообразующими грибами неоднозначны. Они, естественно, зависят от причин появления порока и тесно связаны с природой вызвавшего его вида гриба. Поэтому следует обращать внимание сыроделов на важность определения плесневого гриба, особенно когда речь идет о пороках, вызванных *Penicillium* известными под названием «голубой плесени». Авторы считают важным напомнить читателю, что в зависимости от природы спор способ их распространения может быть различным. Для плесневообразующих грибов с влажными спорами (миксоспорами) определяющую роль играют мокрые поверхности и атмосфера, насыщенная водяными парами. Основной переносчик грибов с сухими спорами (ксероспорами), например *Penicillium*, — воздушная среда [125].

3.2.1. Голубая плесень

Жаке и Дефлёр (Jacquet, Desfleurs) [126] вносят уточнение о том, что пороки сыра могут вызываться большим количеством видов *Penicillium*, что может служить объяснением различий во времени появления пороков, продолжительности их развития, степени их серьезности и внешнем проявлении. *P. expansum* Link. (*P. glaucum*), относящийся к *Asymetrica fasciculata* и лежащий в основе гниения яблок, приводит к появлению порока раннего вспучивания. Келлинг с сотрудниками (Keilling et al.) [127] сообщают о развитии *P. glaucum* в мягких сырах при чрезмерно продолжительных интервалах между переворачиванием. По-видимому, размножающиеся в больших количествах дрожжи преобразуют лактозу в этиловый спирт, тормозящий рост *P. camemberti* и не оказывающий влияния на *P. glaucum*. Вследствие впечат-

---

* См. часть II, главу 6; 2.1.2.3.

** См. 1.3.

ляющей по своему размаху порчи, имевшей место на многих сыродельных заводах, производящих камамбер, Жаке с сотрудниками (Jacquet et al.) [128] удалось установить несовместимость pH между условиями, обеспечивающими возможность развития *P. camemberti* ацидофильного направления, и используемой в производстве сыров солью, приобретшей щелочной характер в результате добавления в нее гидрокарбоната магния в целях обеспечения ее негигроскопичности. *P. expansum* мало чувствителен к изменениям pH, внедряется на место *P. camemberti*. Ряд недавно проведенных наблюдений показывает, что появление подобного порока может объясняться недостаточным сквашиванием молока с низким содержанием молочнокислых бактерий и использованием штаммов *Penicillium* с чрезмерно выраженной ацидофильной тенденцией. Следует обратить внимание на важность контроля поведения грибковых заквасок по отношению к pH.

P. roqueforti Thom может лежать в основе появления пороков в камамбере, изготовленном из сырого молока, и в сырах типа паве д'Ож (Pavés d'Auge) домашнего приготовления [129].

При разрезке сыров, имеющих нормальный внешний вид, обнаруживается консистенция, похожая на некоторые голубые сыры типа рокфора. Причина порока заключалась в загрязнении молока кукурузным силосом, представляющим великолепные условия для развития указанного плесневого гриба.

Тот же порок наблюдался и в ряде сыров типа камамбера, изготовленных из пастеризованного молока. Причина заключалась в загрязнении атмосферы производственных помещений сыродельного завода. Соблюдение гигиены атмосферы производственных помещений, предупреждение появления в сыре отверстий в процессе его формования и предупреждение слоистости позволяют уменьшить опасность развития этого вида *Penicillium*, который, как известно, может развиваться в анаэробных условиях.

Вид *P. janthinellum* Biurge (Asymetrica-divaricata), часто встречающийся в грунте, через несколько суток после попадания в продукт может приводить к появлению на сырах типа невшателя, изготовленных из сырого молока, пятен (цвет от зеленоватого до ярко-зеленого) [147].

P. brevi-compactum Dierckx — обычный обитатель земель и лесов, лежит в основе позднего вспучивания мягких сыров. Этот плесневой гриб, отличающийся медленным ростом, но высокой способностью к спорулляции, постоянно появляется в сыроподвале приблизительно на двенадцатые сутки, а иногда даже после упаковки (приблизительно на двадцатые сутки) в виде мелких пятен. На двух французских сыродельных заводах причиной, вызвавшей появление порока, явилось проведение земляных работ и просушки поддонов на открытом воздухе.

Следует обратить внимание на необходимость постоянного наблюдения за окружающей атмосферой и технологическим оборудованием, особенно за матами, используемыми для стекания сыворотки, а также на необходимость обсеменения новых помещений полезными микроорганизмами. Действительно, *P. camemberti* лишь в исключительных случаях присутствует в состоянии диких штаммов, тогда как нежелательные микроорганизмы обычно составляют микрофлору окружающей среды.

P. viridicatum Westling (Asymetrica-fasciculata) также может образовывать пятна на камамбере и на поплёвеке. Причина появления этого порока [130] заключалась в использовании гнилых ящиков, на которых содержалось огромное количество этого гриба.

Другие виды *Penicillium*, лежащие в основе появления пороков, следует классифицировать отдельно из-за особой окраски, придаваемой ими сырам.

P. funiculosum Thom образует фиолетовые пятна под коркой, его легко обнаружить благодаря симметричному двухмутовчатому строению отростков. Этот плесневой гриб, почти бесцветный в обезжиренном молоке, принимает характерную окраску только в присутствии жира. Он прорастает за 24 ч до *P. camemberti*; это означает, что порок является ранним. В процессе производства одновременно с мероприятиями по ограничению очагов заражения (матов или другого оборудования) следует быстро закрывать сыры [131].

P. brunneo-violaceum Biourge (Asymetrica-fasciculata) лежит в основе появления коричневатых пятен на камамбере [132]. Этот вид синтезирует пуберуловую кислоту, создающую коричнево-пурпурную окраску в присутствии солей железа, поэтому контакт молока или сгустка с черными металлами приводит к усилению окраски пятен.

3.2.2. Порок «кошачья шерсть»

Плесневые грибы, ответственные за появление порока, называемого «кошачьей шерстью» в мягких сырах, относятся к нескольким видам родов *Mucor* и *Rhizopus*, часто встречающихся в природе: *M. plumbens* Bonorden (*M. spinosus*), *M. racemosus* Fresenius и его мутант альбинос *M. racemosus f. sphaerosporus*, *M. globosus* Fischer, *M. hiemalis* Wehmer, *M. fuscus* Bainier, *R. stolonifer* Linder; к этому перечню следует добавить *M. mucedo* Linné, ныне почти не встречающийся. Эти плесневые грибы могут появляться в сгустке на самых ранних стадиях и удерживаются в сыре до момента его упаковки. В отличие от *Penicillium* они не располагают значительным ферментативным потенциалом, но компенсируют этот недостаток исключительно быстрым и обильным ростом. Что касается *M. globosus*, то вызываемый им порок проявляется с момента формования, и этот плесневой гриб развивается главным образом на первой поверхности сыра, соприкасающейся с матом для стекания сыворотки, в тех зонах, где рост *Penicillium* затруднен [133].

Будучи более чувствительными к изменениям pH, воздействию соли и активности воды, чем *P. camemberti*, плесневые грибы рода *Mucor* требуют высокой относительной влажности для прорастания, роста и особенно для спорулляции [134].

Судя по результатам обследования, проведенного в 1979 г., среди производителей мягких сыров [135] чаще всего встречаются именно серьезные пороки. Была установлена положительная корреляция между частотой появления порока и повышенным pH в момент извлечения сыров из форм (>4,8), избыточной относительной влажностью в сыроподвале (>84,8%) и в помещении, предназначенном для созревания сыров (>91%), и слишком низким содержанием соли.

Средства борьбы с появлением указанного порока заключаются, с одной стороны, в осуществлении контроля над влажностью воздуха и содержанием воды в субстрате (влажные споры отличаются очень высокой смачиваемостью) и, с другой стороны, в контроле над возможными переносчиками, в частности, над персоналом. Так, следует повышать степень нарастания кислотности, снижать активность воды чуть более усиленными посолкой и обсушкой [136], создавать благоприятные условия для быстрого внедрения и развития *Penicillium*. Следует также предупреждать пересечения путей перемещения зараженных и «чистых» сыров и обратить особое внимание на тщательность проведения операций по дезинфекции окружающей среды и оборудования (при необходимости обрабатывать воду методом фильтрации) [137]. Следует отметить, что развитие *M. racemosus* и *M. hiemalis* подавляется двухпроцентным раствором жавелевой воды (47,5 хлорометрического английского градуса) или имеющимся в продаже 2%-ным раствором формалина [138]. Особую бдительность следует проявлять в период с сентября по апрель, отличающийся высокой влажностью и максимальным риском появления порока «кошачьей шерсти».

3.2.3. Слизь

Агентом появления слизи, или «жабьей шкуры», принимающей иногда впечатляющие размеры и на камамбере, приготовленном из сырого молока, является вид *Geotrichum candidum*. Этот микроорганизм, который можно легко идентифицировать благодаря характерной форме его артроспор, занимает особое место среди других микроорганизмов, лежащих в основе появления пороков сыра. Если для одних сыров типа мюнстера его присутствие должно быть исключено, то для других видов сыра (например, поплёвек с немытой коркой) его присутствие необходимо; внедрение его в камамбер в разум-

ных количествах способствует улучшению органолептических свойств сыра и может снизить риск появления порока «кошачья шерсть», поскольку некоторые штаммы *G. candidum* оказывают тормозящее воздействие на рост и/или споруляцию *Mucor* [139]. *Geotrichum* становится причиной появления настоящего порока лишь в том случае, когда его рост приобретает чрезмерные размеры.

На его развитии благоприятным образом сказываются следующие факторы: недостаточная гигиена технологического оборудования, неправильное проведение выделения сыворотки или посолки, недостаточное количество имплантированного *Penicillium*. Представляется даже, что определенную роль играет само происхождение предназначенного для переработки молока, например, создается впечатление, что молоко, поступающее из района Ож (департамент Нормандия, Франция), в большей степени подвержено появлению слизи, чем молоко из района Изиньи (департамент Нормандия, Франция). Ростом этого микроорганизма можно управлять с помощью двух следующих факторов:

соль (содержание соли и выбор момента проведения посолки);

температура (низкие температуры, оказывающие временное тормозящее воздействие на развитие *G. candidum*, могут создать условия для того, чтобы *Penicillium* мог образовать хороший покров на корке сыра).

3.2.4. Другие виды пороков сыра

Среди других плеснеобразующих грибов особое внимание следует обратить на два вида, приводящих к появлению пороков на заключительных стадиях производства. Речь идет о *Cladosporium herbarum* и *Scopulariopsis fusca*.

Cladosporium herbarum Link образует мелкие пятна (цветом от темно-зеленого до черного) на поверхности мягких [140] и прессуемых сыров (например, на саваране) (savaron) и на сырах с высокой температурой второго нагревания. Заражение этим микроорганизмом приходится главным образом на весну и осень, в конце созревания, и имеет незначительные масштабы.

Этот гриб, широко распространенный на разлагающихся растениях, может расти на бумаге, краске и коже. Отличается большой устойчивостью к низким температурам и является одним из основных микроорганизмов, загрязняющих холодильные камеры. Он располагается также на потолках сырных подвалов, в воздуховодах, на лопастях вентиляторов установок кондиционирования. Поэтому для предупреждения порчи следует проводить локализацию очага (очагов) загрязнения и обеспечивать достаточный уровень молочнокислого брожения, поскольку большинство штаммов *Cl. herbarum* с трудом переносят кислые pH. *Scopulariopsis fusca* Zach (*S. brevicaulis* Bainier) вызывает появление коричневатых сухих мучнистых пятен, цвет которых изменяется иногда до сиренево-фиолетового. Отличительной чертой этого рода является то, что он имеет кольчатые споры с гладкой и ровной стенкой. Этот исключительно активный агент разложения внедряется в растения и продукты животного происхождения, богатые белками. Подобно предыдущему виду этот несовершенный гриб предпочитает нейтральные среды. Поэтому он появляется на уже зрелых сырах. *Scopulariopsis* часто заносится с бумагой и упаковочными материалами, хранить которые следует в очень сухом месте отдельно от производственных помещений; кроме этого, необходимо проводить периодическую дезинфекцию помещения участка упаковки [141].

Trichosporon penicillium do Carmo Sousa (*Geotrichum penicillatum* Von Arx, *G. fragrans* Morenz) может образовывать пятна кремового цвета во внутренних полостях рокфора и развиваться в ущерб *P. roqueforti* [142]. Вероятность появления этого порока, достигающая своего максимального уровня в июне — июле, возрастает с наступлением летнего тепла и приближением завершения периода лактации. Содержание сухого вещества и соли в пораженных сырах гораздо ниже, чем в нормальных. По мнению авторов, основная причина появления порока заключается в недостаточной диффузии соли.

Поражения видами рода *Aspergillus* происходят довольно редко. Исключение — сыры с добавками перца. Этот вид пряности отличается богатством бактериальной и грибковой флоры, в частности, *Aspergillus flavus*. Борьба с появлением этого порока заключается в использовании стерильного перца.

В своей практике сыроделы могут встречаться с огромным количеством других плесневых грибов, но происходит это гораздо реже. На поверхности мягких и прессуемых сыров, в атмосфере сыродельных заводов, промывочной воде и рассолах удалось установить присутствие *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *C. macrocarpon*, *Stemphylium botryosum*, *Pithomyces chartarum*, *Fusarium* sp., *Epicoccum purpurascens*, *Trichothecium roseum*, *Trichoderma viride*, *Monilia sitophila*, *Gliocladium* sp., *Byssochlamys* sp., *Paecilomyces* sp., *Phoma* sp., *Papulaspora* sp., *Didymella* sp. [139].

ЛИТЕРАТУРА

1. Robinson R. K., 1981. Dairy Microbiology. Ed. ASP, 2 vol.
1 bis. Tourneur C. et Daudin J., 1983. Microbiol. Alim. Nutr., 1, 337—342
1 ter. Lenoir J., 1984, Bull. FIL N° 171, 3—19.
2. Lenoir J., 1962. C.R. Acad. Agric., 48, 392—399.
3. Tolle A., Otte I., Suhren G. et Heeschen W., 1980. Milchwissenschaft, 35, 21—25.
4. Feagan J. T. et Dawson D. J., 1959. Austr. J. Dairy Techn., 14, 59—66.
5. Fryer T. F., 1969. Dairy Sci. Absir., 31, 471—490.
6. Marth E. H., 1963. J. Dairy Sci., 46, 869—890.
7. Reiter B. et Sharpe M. E., 1971. J. Appl. Bact., 34, 63—80.
8. Devoyod J. J., Bret G. et Auclair J., 1968. Le Lait, 48, 613—630.
9. Devoyod J. J. et Muller M., 1969. Le Lait, 49, 369—399.
10. Numez N., 1978. J. Dairy Res., 45, 501—508.
11. Numez N., 1980. Le Lait, 60, 171—183.
12. Coghill D., 1979. Aust. J. Dairy Techn., 34, 72—75.
13. Accolas J. P., Veaux M., Vassal L. et Mocquot G., 1978. Le Lait, 58, 118—132.
14. Mocquot G., 1979. J. Dairy Res., 46, 133—160.
15. Accolas J. P., Hemme D., Desmazeaud M. J., Vassal L. et Veaux M., 1980. Le Lait, 60, 487—524.
16. Demeter Von K., 1953. Milchwissenschaft, 12, 420—426.
17. Tourneur C., 1972. Le Lait, 52, 148—174.
18. Accolas J. P., Melcion D. et Vassal L., 1978. C.R. XXème Cong. Int. Lait., Paris, 773—774.
19. Duclaux E., 1883. Principes de Laiterie, Paris.
20. Maze P., 1910. Ann. Inst. Pasteur, 24, 395.
21. Huesmann A., 1926. Milch. Forschungen, 3, 313.
22. Hammer B. W., 1926. J. Dairy Sci., 9, 507—511.
23. Guittonneau G., Keilling J. et Delaval H., 1939. Le Lait, 19, 338—353.
24. Devoyod J. J. et Sponem M., 1970. Le Lait, 50, 524—543.
25. Ducastelle A. et Lenoir J., 1965. Le Lait, 35, 509—518.
26. Dale G., 1972. Rev. Lait. Fr., 296, 199—203.
27. Vergeade J., Guiraud J., Larpent J. P. et Galzy P., 1976. Le Lait, 56, 275—285.
28. Millet L., Melcion D. et Devoyod J. J., 1974. Le Lait, 54, 616—626.
29. Lenoir J., 1962. C.R. Acad. Agric., 48, 392—399.
30. Schmidt J. L. et Lenoir J., 1978. Le Lait, 58, 355—370.
31. Schmidt J. L. et Lenoir J., 1980. Le Lait, 60, 272—282.
32. Kosikowski F. V. et Mocquot G., 1958. Progrès de la technologie du fromage. FAO, Rome.
33. Jacquet J. et Lenoir J., 1969. Economie et Médecine Anim., 10, 38—71.
34. Galesloot Th. E., 1947. Med. Melken Zuivellijdschr., 1, 238.
35. Kelly C. D., 1937. J. Dairy Sci., 20, 239.
36. Langhus W. L., Price W. V., Sommer H. H. et Frazier W. C., 1945. J. Dairy Sci., 28, 827.

37. Carini S. et Volonterio G., 1969. Scienza tech. Latt. casear., 20, 339—354.
38. Carini S. et Lodi R., 1975. L'Industria del Latte, 11, 3—13.
39. Hosono A. et Tokita F., 1970. Jap. J. Zootechn. Sci., 41, 519—527.
40. Forss D. A., 1969. J. Dairy Sci., 52, 832—840.
41. Schmidt J. L. et Lamberet G., 1981. Adv. Biotechnol., 2, 485—490.
42. Szumski S. A. et Cone J. F., 1962. J. Dairy Sci., 45, 349—353.
43. Ducastelle A. et Lenoir J., 1969. Le Lait, 49, 615—363.
44. Schmidt J. L., 1982. C. R. XXIème Cong. Int. Lait., Moscou, 365.
45. Lenoir J. et Choisy C., 1971. Le Lait, 51, 138—157.
46. Carini S. et Cabrini A., 1975. Latte, 3, 153—160.
47. Tsugo T. et Chang J. E., 1970. Jap. J. Zootech. Sci., 41, 445—452.
48. Schmidt J. L., Graffard Ch. et Lenoir J., 1979. Le Lait, 59, 142—163.
49. Desmazeaud M. et Devoyod J. J., 1974. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 14, 327—341.
50. Chang J. E. et Tsugo T., 1972. Jap. J. Zootech. Sci., 43, 193—197.
51. Nunez M., Medina M., Gaya P. et Dias-Amadon C., 1981. Le Lait, 61, 62—79.
52. Raper K. B. et Thom C., 1949. A manual of the Penicillia. Baillère, Tindal & Cox, Ed., London.
53. Samson R. A., Eckardt C. et Orth R., 1977. Antonie van Leeuwenhoek, 3—4, 341—350.
54. Moreau C., 1979. Le Lait, 59, 219—232.
55. Pitt J. I., 1979. The genus Penicillium and its teleomorphic states. Eupenicillium and Talaromyces. Academic Press.
56. Desfleurs M., 1966. Thèse 3ème Cycle. Université de Caen.
57. Sansonetti F., 1930. Le Lait, 10, 627—640, 782—793, 858—874, 989—1011, 1109—1123.
58. Gueguen M. et Voisin C. Données non publiées.
59. Jacquet J., Villette O., Delacroix J., Gondouin H. et Desfleurs M., 1955. Bull. Soc. Linn. Norm., 9ème série, VIII, 115—132.
60. Moreau C. et Moreau M., 1963. Ann. Sci. Nat. Botan., Paris, 12ème série, Fasc. IV, 241—250.
61. Moreau C., 1980. Le Lait, 60, 254—271.
62. Godinho M. et Fox P. F., 1981. Milchwissenschaft, 36, 205—208.
63. Forge M., Guiraud J. P. et Galzy P., 1977. Le Lait, 57, 24—36.
64. Veau P., Samson R. A. et Breton A., 1981. Le Lait, 61, 370—380.
65. Onions A. H. S., Allsopp D. et Eggins H. O. W., 1981. Smith's introduction to industrial mycology. 7ème éd., Ed. Arnold, London.
66. Gueguen M. et Jacquet J., 1982. Le Lait, 62, 625—644.
67. Delespaul G., Gueguen M. et Lenoir J., 1973. Rev. Lait. Fr., 313, 715—729.
68. Morenz J., 1963. Mikol. Schwift., 1, 1—73.
69. Morenz J., 1964. Mikol. Schwift., 2, 33—64.
70. Gueguen M., Delespaul G. et Lenoir J., 1974. Rev. Lait. Fr., 325, 795—816.
71. Lenoir J. et Choisy C., 1971. Le Lait, 51, 138—157.
72. Lenoir J., Glenza A., Bergere J. L., Cerf O., Choisy C., Desmazeaud M. et Hermier J., 1973. Le Lait, 53, 246—279.
73. Lenoir J. et Auberger B., 1977. Le Lait, 57, 471—491.
74. Lenoir J., Auberger B. et Gripon J. C., 1979. Le lait, 59, 244—268.
74 bis. Auberger B., Covo M., Lamberet G. et Lenoir J., Données non publiées.
75. Lamberet C. et Lenoir J., 1972. Le Lait, 52, 175—192.
76. Lamberet G. et Lenoir J., 1976. Le Lait, 56, 119—134, 622—644.
77. Lamberet G., Auberger B., Canteri C. et Lenoir J., 1982. Rev. Lait. Fr., 406, 13—19.
78. Gueguen M. et Lenoir J., 1975. Le Lait, 55, 145—162, 621—629.
79. Gueguen M. et Lenoir J., 1976. Le Lait, 56, 439—448.
80. Tsujisaka Y., Iwai M. et Tominaga Y., 1973. Agr. Biol. Chem., 37, 1457—1464.
81. Zevaco C., Hermier J. et Gripon J. C., 1973. Biochimie, 56, 1353—1360.

82. Gripon J. C. et Hermier J., 1974. Biochimie, 56, 1323—1332.
83. Gripon J. C., 1977. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 17, 283—298.
84. Gripon J. C., 1977. Biochimie, 59, 679—686.
85. Niki T., Yoshioka Y., Ahiko K., 1966. XVIIème Int. Dairy Cong., D, 531—537.
86. Eitenmiller R. R., Vakil J. R., Shahani K. M., 1970. J. Food Sci., 35, 130.
87. Menassa A. et Lamberet G., 1982. Le Lait, 62, 32—43.
88. Devoyod J. J., Bret G. et Auclair J. E., 1968. Le Lait, 48, 613—629.
89. Lenoir J., 1962. C.R. Acad. Agric., 48, 392—399.
90. Tolle A., Otte I., Suhren G. et Heeschen W., 1980. Milchwissenschaft, 35, 21—25.
91. Dommet T. W., 1970. Aust. J. Dairy Technol., 25, 54—61.
92. Devoyod J. J., 1969. Le Lait, 49, 20—39.
93. Monod D. J., 1942. Recherches sur la croissance des cellules bactériennes. Herman Ed., Paris.
94. Bergere J. L., Sys J. et Vassal L., 1978. Le Lait, 58, 215—233.
95. Kozak W., Bardowski J. et Dobrzanski W. J., 1978. Brèves communications. 20ème Congrès International de Laiterie, 541—542.
96. Price R. J., Lee J. S., 1970. J. Milk Food Technol., 33, 13—17.
97. Devoyod J. J., Desmazeaud M., Assenat L. et Auclair J., 1972. Le Lait, 52, 297—310.
98. Law B. A., Sezgin E. et Sharpe E., 1976. J. Dairy Res., 43, 291—300.
99. Desmazeaud M. J. et Hermier J., 1972. Eur. J. Biochem., 28, 190—198.
100. Desmazeaud M. J. et Devoyod J. J., 1970. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 10, 413—430.
101. Devoyod J. J. et Desmazeaud M. J., 1970. Le Lait, 50, 374—390.
102. Hemme D., Schmal V. et Auclair J., 1981. J. Dairy Res., 48, 139—148.
103. Desmazeaud M. J., Vassal L. et Devoyod J. J., 1974. C.R. Cong. Int. Lait, I F, 462—463.
104. Accolas J. P., Veaux M. et Auclair J., 1971. Le Lait, 51, 249—272.
105. Driessen F. M., Kingma F. et Stadhouders J., 1982. Neth. Milk Dairy J., 36, 135—144.
106. Devoyod J. J. et Sponem D., 1970. Le Lait, 50, 524—543.
107. Purko M., Nelson W. O. et Wood N. A., 1951. J. Dairy Sci., 34, 699—705.
108. Nath K. R. et Ledford R. A., 1971. J. Dairy Sci., 54, 1784—1789.
109. Didienne R. et Devoyod J. J., 1978. C.R. 20ème Cong. Int. Lait., (F), 771—772.
110. Fryer T. F., 1974. C.R. 19ème Cong. Int. Lait., IF, 602—603.
111. Senez J. C., 1968. Microbiologie générale. Ed. Douin, Paris.
112. Jacquet J., Delacroix J. et Gondouin H., 1951. C.R. Acad. Agric., 37, 189—195.
113. Dommett I. W., 1970. Aust. J. Dairy Technol., 25, 54—61.
114. Lenoir J., 1962. C.R. Acad. Agric., 48, 392—399.
115. Tolle A., Otte I., Suhren G. et Heeschen W., 1980. Milchwissenschaft, 35, 21—25.
116. Mourgues R., Vassal L., Auclair J., Mocquot G. et Vandeweghe J., 1977. Le Lait, 57, 131—149.
117. Bergere J. L., Gouet P., Hermier J. et Mocquot G., 1968. Ann. Institut Pasteur, 19, 41—54.
118. Gouet P., Bergere J. L., 1973. Fourrages, 56, 89—107.
119. Bergere J. L., Bienassis G., Hermier J., Mocquot G., Gouet P., Corrot G. et Zelter S. Z., 1972. Bull. Techn. Inform. Minis. Agric., 266, 29—58.
120. Cerf O., Bergere J. L. et Hermier J., 1967. J. Dairy Res., 34, 221—229.
121. Bergere J. L., 1969. Le Lait, 49, 507—519.
122. Ducruet P., Fleury J. P., Gouvernon B. et Mauron M., 1980. Technq. Lait., 940, 30.
123. Wasserfall R. et Teuber M., 1979. Appl. Environ. Microbiol., 38, 197—199.

124. Dumont J. P., Delespaul G., Miguot B. et Adda J., 1977. Le Lait, 57, 619—630.
125. Moreau M., 1976. Ind. Alim. Agric., 93, 1315—1329.
126. Jacquet J. et Desfleurs M., 1966. Le Lait, 46, 599—610.
127. Keilling J., Casalis J., Duthen J., Sigonney L. et Glaser L., 1947. Le Lait, 27, 461—466.
128. Jacquet J., Villette O., Delacroix J., Gondouin H. et Desfleurs M., 1955. Bull. Soc. Linn. Norm., 9ème série, t. VIII, 115—132.
129. Gueguen M., Desfleurs M. et Lemarinier S., 1978. Le Lait, 58, 327—335.
130. Desfleurs M., 1975. Le Lait, 55, 396—400.
131. Keilling J., Casalis J., Savignac G. et Dubreuil G., 1956. Le Lait, 36, 241—250.
132. Jacquet J., 1962. Rev. Path. Gén. Physiol. Clin., 742, 1007—1044.
133. Brenet M., Centeleghe J. L., Milliere J. B., Ramet J. P. et Weber F., 1972. La Lait, 52, 141—148.
134. Moreau C., 1974. Moisissures toxiques dans l'alimentation. 2ème ed. Masson & Cie Éd., Paris.
135. Recordon J., Hardy J. et Weber F., 1980. Bull. Ecole Nat. Sup. Agr. Ind. Alim., 22, 9—21.
136. Hardy J., 1979. Rev. Lait. Fr., 377, 19—25.
137. Le Mens P., 1979. Chèvre, 114, 33—36; 115, 31—36.
138. Cadre B., 1978. Le Technicien du Lait, juin, 5—20; août, 5—24.
139. Gueguen M. Données non publiées.
140. Jacquet J. et Desfleurs M., 1966. Le Lait, 46, 485—497.
141. Jacquet J. et Desfleurs M., 1966. Le Lait, 46, 241—253.
142. Forge M., Guiraud J. P. et Galzy P., 1977. La Lait, 57, 24—36.
143. Gueguen M. 1984. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Caen.
144. Hannan Y. et Gueguen M., 1984. Sciences des Alim., n° hors série, CR 4èm journées Sciences des Alim.
145. Hannan Y. et Gueguen M., Données non publiées.
146. Mourgues R., Bergere J. L. et Vassal L., 1983. La Techn. Lait. 978, 11—15.
147. Gueguen M., Données non publiées.

Глава 12

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЗРЕВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СЫРА

Ф. Вебэр, Ж.-П. Рамэ*

1. Введение

Задача сыроделов заключается в том, чтобы обеспечить сохранение казеина и определенной части других составных частей молока для распределения их потребления во времени, продолжительность которого может составлять от нескольких суток до нескольких месяцев, а иногда и дольше.

Два первых этапа изготовления сыра (свертывание молока и выделение сыворотки) обеспечивают выборочное отделение и концентрацию казеина, приводящие к образованию сгустка. Сгусток фиксирует в себе и другие нерастворимые составные части молока (главным образом жир), а часть воды и растворимых составных частей молока, то есть молочная сыворотка, выделяется из него.

Стабилизация субстрата, получаемого в конце выделения сыворотки, никогда не завершается полностью, что позволяет управлять изменениями, про-

* F. Weber et J. P. Ramet.

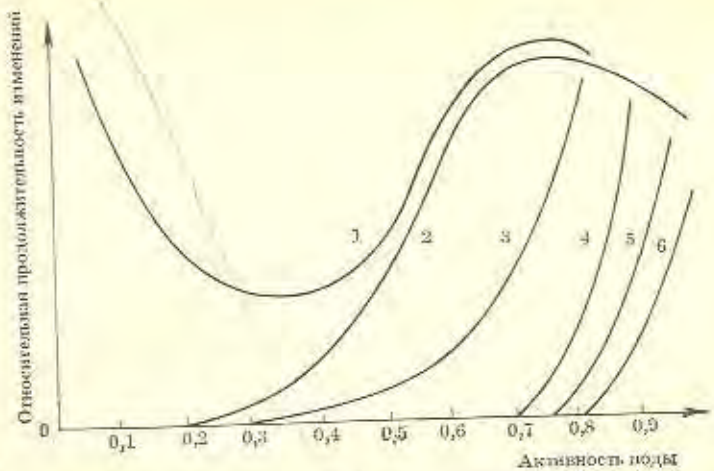


Рис. 12.1. Влияние a_w на изменения, происходящие в сырах при созревании [11]:

1 — окисление липидов; 2 — неферментативное потемнение; 3 — ферментативная активность; 4 — рост плесеней; 5 — рост дрожжей; 6 — рост бактерий

исходящими в нем в процессе завершающей фазы изготовления сыра, называемой созреванием

Главная цель этой фазы заключается в формировании у субстрата (в частности, с помощью трансформации казеина, называемой протеолизом) новых физических и химических свойств, выражающихся в глубоких изменениях его состава, и вследствие этого его органолептических характеристик, перевариваемости и пищевой ценности. Примеры этой эволюции приведены на рисунках 12.1—12.5 настоящей главы.

2. Сравнение процессов изготовления различных видов сыра

Ход этих процессов обусловлен действием двух групп факторов (внутренних и внешних).

2.1. Внутренние факторы

К таким факторам относятся следующие:

сам субстрат, то есть его физико-химический состав, сложившийся вследствие определенных условий свертывания молока и выделения сыворотки;

обязательные или специально вносимые в сырное тесто агенты, способствующие созреванию (ферменты, микроорганизмы).

Основные данные, касающиеся этих факторов, изложены выше*.

Следует подчеркнуть, что в технологическом отношении роль этих факторов может быть различной. Так, с физико-химической точки зрения различия между сырами и изменениями, происходящими в них в результате действия ферментов и микроорганизмов, главным образом обусловлены такими факторами, как pH и показатель активности воды. Приведенные ниже данные позволяют пронаблюдать состояние этих параметров на завершающем этапе

* См. часть III, главу 11.

Рис. 12.2. Кинетика протеолитической активности в сыре типа камамбера в процессе созревания [12]

выделения сыворотки из сырных масс, предназначенных для изготовления основных видов сыра.

Уместно заметить, что по сравнению с другими пищевыми продуктами значения указанных параметров у всех групп сыра слишком высоки для того, чтобы гарантировать полную сохраняемость продукта. Эта сохраняемость потребовала бы гораздо более низких значений этих параметров и была бы несовместима с теми органолептическими свойствами, которые обычно стремятся получить в сыре, но могла бы найти себе применение в отношении каких-то новых видов продуктов.

Оригинальность сыра как продукта питания заключается в том, что его сохраняемость является, с одной стороны, неполной и, с другой стороны, осуществляется в результате совместного действия двух указанных выше факторов. В силу этого сыр относится к классу продуктов, стоящему между классом стабилизированных продуктов с промежуточной влажностью и классом сохраняемых продуктов. Следствием этой особенности является наличие возможности проведения в субстрате определенных изменений, которые должны быть сориентированы в благоприятном для качества сыра направлении. Именно в этом заключается цель созревания.

Эти изменения происходят под действием агентов, способствующих созреванию, в частности, ферментов и микроорганизмов, на активность которых значительное влияние оказывают pH и присутствие воды.

2.1.1. Показатель pH

Роль показателя pH определяющая для развития микроорганизмов, входящих в состав внутренней и поверхностной микрофлоры сыров; производства ферментов этими микроорганизмами; активности различных ферментов, содержащихся в субстрате, независимо от того, имеют они микробное происхождение или вносятся экзогенным путем.

Микроорганизмы, участвующие в созревании и присутствующие в сыре вследствие естественного или специально проведенного обсеменения, отличаются особой чувствительностью к фактору pH. Бактерии развиваются предпочтительно в субстратах, характер которых близок к нейтральному, а плесени и дрожжи имеют большее сродство с кислыми средами. Следует, однако, отметить, что ацидофильные микроорганизмы способны усиленно размножаться в условиях, близких к нейтральным. Особая чувствительность микроорганизмов к показателю pH — основной избирательный фактор заселения сыра необходимыми штаммами и штаммами случайного происхождения, которые могут оказаться нежелательными.

Кроме этого, от pH зависят производство ферментов микрофлорой и активность этих ферментов. Как правило, максимальная активность протеаз приходится на диапазон pH между 5,5 и 6,5. Однако у большинства протеаз, лежащих вне пределов этого диапазона, активность продолжает оставаться высокой. У других, реже встречающихся протеаз оптимальные уровни активности находятся вне указанных пределов.

Липазы имеют более выраженный основофильный характер, чем протеазы. Оптимумы их активности находятся обычно в пределах между 6,5 и 7,5, но и в этом случае также бывают многочисленные исключения.

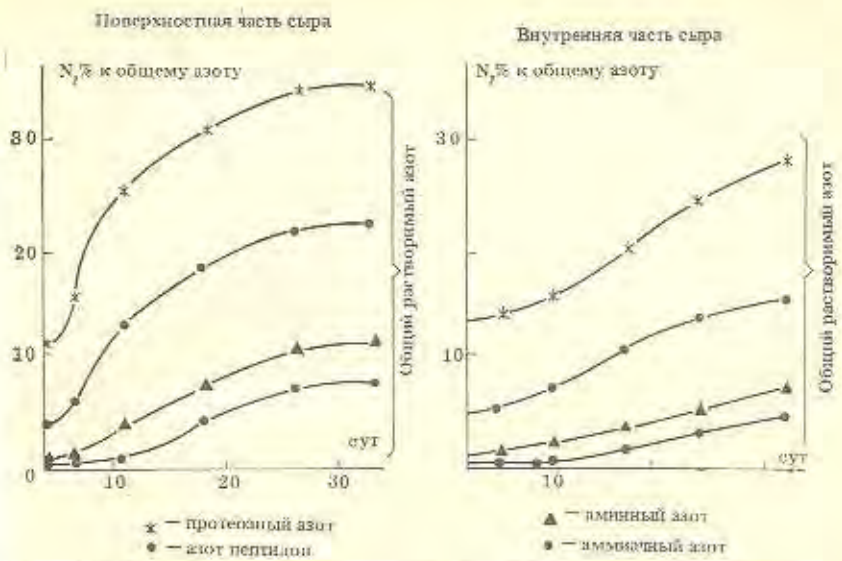


Рис. 12.3. Изменение растворимых азотистых соединений при созревании сыра камамбер [12]

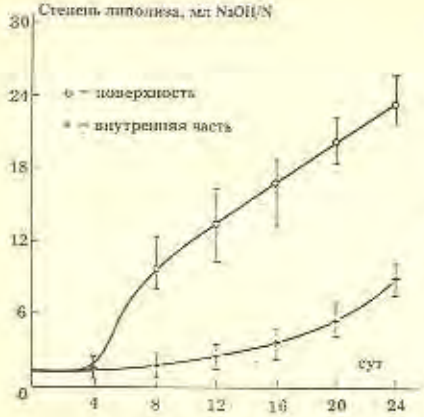
Микроорганизмы и их ферменты, способные проявлять активность в молоке и в процессе его переработки в сыр, отличаются огромным разнообразием. Здесь следует провести различие между технологиями сыроделия, использующими сырое молоко, и технологиями, использующими молоко, подвергнутое тепловой обработке. В первом случае, как правило, наблюдается присутствие многочисленных молочнокислых и иных бактерий. Первые обычно доминируют над загрязняющими нежелательными видами микроорганизмов. Однако современные методы сбора и хранения молока на ферме (дойка без доступа воздуха, охлаждение) в сочетании с недостаточным соблюдением гигиены могут привести к двойным последствиям: недостаточному содержанию в молоке молочнокислых бактерий и чрезмерно высокому содержанию психротрофных бактерий, продуцирующих нежелательные ферменты. При термизации или пастеризации молока происходит термическая селекция, приводящая к уничтожению большинства присутствующих в молоке ферментов и микроорганизмов, за исключением теплоустойчивых, воздействие которых в процессе созревания сыра может иметь отрицательный или, напротив, положительный характер.

Независимо от причины снижения количественного содержания молочнокислых бактерий (тепловая обработка и т. д.), как правило, для обеспечения нормального созревания возникает необходимость в обсеменении среды специально подобранными видами микроорганизмов.

Дело в том, что роль молочнокислых бактерий не ограничивается сквашивающей способностью. Их протеолитическая активность, долгое время недооцениваемая, позволяет им принимать заметное участие в формировании органолептических свойств сыров и, в частности, тех из них, созревание которых происходит без участия поверхностной микрофлоры.

Определяющую роль в созревании (особенно это относится к сырам с сильно выраженными характерными особенностями) играют также немолочнокислые бактерии, выдерживающие тепловую обработку или специально инокулируемые в сырную массу.

Протеазы, используемые для свертывания молока, также принимают эффективное участие в созревании сыра. Они не полностью уходят из сырной массы в процессе выделения сыворотки. Степень их фиксации в сыре может



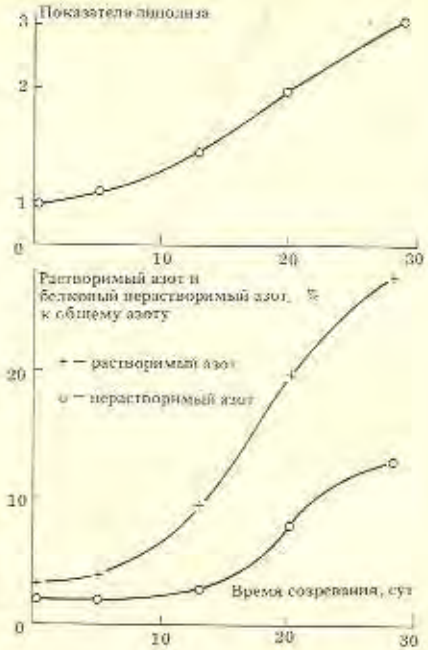


Рис. 12.4. Процесс липолиза в сыре типа камамбера при созревании [1]

Рис. 12.5. Химические изменения в сыре сен-полэн при созревании [16]

быть различной в зависимости от природы используемого фермента. При использовании сычужного препарата их количество в сырной массе возрастает с уменьшением pH, тогда как в случае ферментов грибного происхождения, выделяемых видами *Mucor mihei* или *Mucor pusillus*, это количество не зависит от pH и находится на более низком уровне. В любом случае остаточное количество ферментов в сгустке зависит также от собственной теплочувствительности каждой протеазы. Поэтому тепловая обработка в процессе выделения сыворотки может привести к значительным изменениям хода процесса протеолиза, происходящего под влиянием остаточных молокосвертывающих ферментов. Эти аспекты рассматриваются в главе «Молокосвертывающие ферменты».

На начальной стадии созревания нарастание кислотности, развивавшееся в процессе свертывания молока и выделения сыворотки в целях регулирования уровня влажности и степени минерализации сгустка, зачастую оказывается чрезмерным и вследствие этого подавляет развитие необходимых микрофлоры и ферментативной активности. Это объясняет необходимость в проведении процесса нейтрализации, имеющего определенные особенности для каждой группы сыров.

В мягких голубых сырах нейтрализация сырного теста осуществляется биологическим путем с помощью заквасок и ацидофильных плесневых грибов, развивающихся на поверхности. В прошлом внедрение этой флоры происходило спонтанно и зависело от экологических характеристик окружающей среды и особенностей субстрата. В наши дни в условиях промышленного производства развитие поверхностной микрофлоры определяется внесением специально селекционированных микроорганизмов с известной биохимической активностью. Все эти виды микрофлоры отличаются выраженным аэробным характером, который следует принимать во внимание, думая о создании условий для их развития.

Вторая группа так называемых мягких сыров с мытой коркой характеризуется тем, что процесс созревания связан с развитием поверхностной бактериальной флоры, известной обычно под названием «красная слизь».

Эта микрофлора состоит из различных видов бактерий, имеющих, как правило, пигментную окраску цвета охры; доминирующим видом является обычно *Brevibacterium linens*. Нейтрофильный характер этой микрофлоры позволяет ей развиваться только после предварительной нейтрализации поверхности сыра микроорганизмами типа дрожжей и *Oidium*, спонтанно появляющимися или специально внедряемыми в сырную массу во время выделения сыворотки из сгустка. Дополнительная нейтрализация сырного теста происходит химическим путем с участием кальция, фиксируемого казеиновыми мицеллами, и благодаря центростремительному попаданию в сырное тесто аммиака, содержащегося в атмосфере производственных помещений, и прямому контакту сыров с поддонами, служащими для их транспортировки. Аммиак выделяется среди прочих конечных продуктов протеолиза, происходящего под действием ферментов, производимых красной слизью.

У кисломолочных (свежих) сыров, подвергаемых созреванию [невшатель, шаурс (chaource), лангр (langres), эпуас (époisses)], и различных козьих сыров особенности эволюции субстрата близки к тем, которые наблюдаются у мягких голубых сыров или сыров с мытой коркой.

Имеется также небольшая группа сыров, чаще всего фермского или домашнего приготовления — оливе (olivet), вандом (vendôme), морбье (morbier). Нейтрализация у них до начала протеолитического процесса осуществляется химическим путем с помощью богатой калием древесной золы.

В большинстве случаев прессуемых сыров с низкой и высокой температурами второго нагревания нейтрализация проводится с помощью кальция, содержание которого в сгустке сохраняется довольно высоким вследствие ограниченного молочнокислого брожения во время свертывания молока и выделения сыворотки из сгустка. Образовавшийся лактат кальция, в свою очередь, может использоваться (примером этого может служить пропионовокислое брожение в сырах типа грюйера). У прессуемых сыров созревание дополняется развитием грибковых или бактериальных микрофлор, которые также принимают участие в нейтрализации сырного теста.

2.1.2. Коэффициент a_w

Активность воды — один из параметров, определяющих количество воды, необходимое для микробиологических, ферментативных и химических превращений. Различные виды реакций, протекающих в сыре при созревании, в различной степени зависят от отношения

$$\frac{\text{Свободная вода}}{\text{Общая вода}}.$$

Степень чувствительности каждой из этих реакций к величине коэффициента a_w была представлена на рисунке 12.1.

Особенности влияния a_w на различные группы микроорганизмов, принимающих участие в созревании сыра, представлены в таблице 4.1 (см. главу 4, часть 1).

Ниже представлена ситуация, складывающаяся в отношении основных групп сыров, в зависимости от двух главных факторов, определяющих изменяемость субстрата: pH и a_w. Указанные значения представляют собой характерные усредненные показатели, установленные на целых сырах в начале созревания. Следует подчеркнуть, что обычной характеристикой сыров (или случайным явлением, рассматриваемым как порок) могут стать значительные различия между разными частями сыра, в частности, между его поверхностью и центральной частью. Это означает, что поведение сыра в процессе созревания тесно связано как с общими, так и с локальными изменениями этих двух параметров. На начальной стадии созревания a_w и pH являются следствием условий, сложившихся во время свертывания молока и выделения сыворотки из сгустка. Определенную роль играет также и посолка (см. часть I, главу 3).

В ходе созревания коэффициент a_w не остается постоянным, а претерпевает определенные изменения. В наиболее распространенном случае, когда соль наносится на поверхность сыра, в первые сутки созревания наблюдается процесс установления равновесия между содержанием воды и соли. Период установления соответствующих однородных концентраций отличается большой продолжительностью: от двух до трех суток для мягких сыров, около восьми суток для прессуемых сыров с низкой температурой второго нагревания (типа сен-полэн); у прессуемых сыров с высокой температурой второго нагревания это установление равновесия наблюдается редко.

Если посолке подвергается вся сырная масса, что осуществляется путем внесения поваренной соли в молоко или посолкой в зерне после выделения сыворотки и перед формованием, авторам представляется весьма правдоподобным предположить, что с самого начала созревания активность воды имеет более однородный характер.

На следующих стадиях созревания основным фактором, определяющим a_w, является относительная влажность воздуха в производственных помещениях; оба эти параметра находятся в прямой зависимости от парциальных давлений водяного пара в продукте и окружающем воздухе. На практике созревание всегда проводится при относительной влажности ниже порога насыщения. Вследствие этого сыр всегда постепенно теряет содержащуюся в нем влагу до момента установления равновесия между a_w на его поверхности и относительной влажностью окружающей среды. Кроме этого, в сыре имеет место градиент содержания воды более влажной центральной зоной и менее влажными слоями, расположенными ближе к поверхности.

Большинство реакций биохимического порядка, протекающих в субстрате при созревании, заключается в реакциях гидролиза, при которых происходит фиксация воды. Вследствие этого происходит снижение содержания свободной воды и соответственно уменьшается коэффициент a_w.

При общем рассмотрении активность воды в целом сыре может считаться результатом целой группы сложных явлений физического (выделение сыворотки, испарение воды, диффузия соли), химического (взаимодействие между субстратом и хлористым натрием) и биохимического (протеолиз, липолиз, гликолиз) порядков, недостаточность познаний о которых в настоящий момент затрудняет полное овладение ими (табл. 12.1).

2.2. Внешние факторы

Речь идет об условиях окружающей среды, действующих на сыры в процессе созревания на двух уровнях. Это влияет как на размножение и активность различных видов микрофлоры, так и на производство и активность ферментов.

Условия окружающей среды являются необходимыми вспомогательными факторами, поскольку именно они позволяют управлять деятельностью агентов, способствующих созреванию, и вызывать особые виды превращений, необходимых для каждого типа сыра.

Эти условия создаются как естественным (например, сырохранилища для сыра рокфор), так и искусственными путями в помещениях, снабженных системами контроля и регулирования условий окружающей среды: температуры, относительной влажности, воздухообмена и состава атмосферы. В свою очередь, действие этих факторов дополняется специальными видами обработки каждого типа сыра.

2.2.1. Температура

Почти все микроорганизмы, участвующие в созревании, относятся к разряду мезофильных. Оптимум температуры, необходимый для развития дрожжей и плесеней, лежит в интервале между 20 и 25 °С. Оптимальные

12.1. Влияние a_w на основные микроорганизмы, принимающие участие в созревании сыра [20]

Группы микроорганизмов	Содержание NaCl (в г/100 мл) и соответствующие значения коэффициента a_w*				
	0**	5	10	15	20
	0,992	0,975	0,947	0,916	0,880
Плесени:					
Geotrichum	100	46,9	—	—	—
Mucor mucedo	100	47,4	11,6	—	—
Penicillium candidum	100	80,9	36,4	4,1	1,1
	100	83,3	56,1	28,0	2,8
Микрококки:					
M. lactis	100	45,9	—	—	—
M. saprophyticus	100	96,3	67,2	19,1	—
Дрожжи:					
Torulopsis	100	12,5	—	—	—
Candida	100	17,3	—	—	—
Rhodotorula	100	69,5	21,8	1,0	—
B. coliformes	100	23,4	—	—	—
	100	19,9	—	—	—
Pseudomonas	100	75,2	1,5	—	—
B. linens	100	67,0	30,0	15,6	3,2

Примечание. Результаты выражены в процентах от максимального развития; прочерк означает отсутствие роста (культивирование в питательном бульоне).

* $a_w = \frac{\text{Свободная вода}}{\text{Общая вода}}$.

** По мере приближения значения активности воды к единице жизнедеятельность микробной клетки резко сокращается. Это можно объяснить тем, что осмотическое давление в окружающей клетку среде $П^0$ приближается к нулю, градиент давлений $\Delta П = П^к - П^0$ резко возрастает, затрудняя индуцированный перенос метаболитов внутри микробной клетки, где осмотическое давление $П^к$ не может снижаться беспредельно. По мере приближения a_w к единице $П^0$ стремится к нулю, а $\Delta П \to \infty$ и обменные процессы прекращаются. — *Прим. ред.*

температуры для развития молочнокислых бактерий находятся в пределах между 30 и 35 °С, за исключением некоторых термофильных видов, для которых оптимальная температура составляет около 45 °С.

Как правило, максимальный уровень производства ферментов этими микроорганизмами наблюдается при температуре, близкой температуре роста, или при чуть более низкой температуре. Напротив, оптимум активности этих ферментов чаще всего приходится на интервал температур между 45 и 50 °С.

В технологии сыроделия температура помещений, предназначенных для созревания сыров, всегда регулируется таким образом, чтобы быть гораздо ниже уровня оптимальных температур роста микроорганизмов и активности ферментов. Это позволяет тормозить превращение субстрата и, таким образом, облегчает управление этими превращениями, в частности, с учетом требований, выдвигаемых реализацией готовой продукции.

В таблице 12.2 приведены наиболее распространенные температурные режимы для обычных условий созревания сыров.

Следует, однако, отметить существование многочисленных исключений из указанных выше правил, которые, в частности, относятся к отдельным видам фирменных сыров, производимых в определенных районах Франции. Это относится, например, к сыру бофор, созревание которого проводится при

12.2. Температуры созревания

Группы сыров	°С
Мягкие сыры с плесневой коркой	11—13
Мягкие сыры с мытой коркой	10—15
Голубые сыры	5—10
Прессуемые сыры с низкой температурой второго нагревания	10—14
Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания:	
первая фаза созревания (в холодном сырохранилище)	10—12
вторая фаза созревания (в теплом сырохранилище)	20—22

12—14 °С без помещения в теплое сырохранилище, а также к сыру контэ, созревание которого в теплом сырохранилище происходит при температуре 16—18 °С. В современных технологиях промышленного сыроделия наблюдается тенденция к повышению температур созревания в целях сокращения его продолжительности. Тем не менее, несмотря на теоретическую возможность повышения скорости созревания с помощью повышения температуры, эта практика продолжает оставаться ограниченной, поскольку она ведет к значительным изменениям органолептических свойств продукта, которые перестают отвечать требованиям тех норм, к которым привык потребитель.

И напротив, охлаждение позволяет затормозить все ферментативные и биохимические реакции, приводящие к изменению субстрата. Незначительные снижения температуры (на 1—2 °С) часто используются для продления периода созревания. Более глубокое охлаждение (до температур порядка 0—4 °С) обеспечивает более заметное замедление эволюции, происходящей в субстрате, не приводя, однако, к полному ее подавлению. В этих условиях в значительной мере затормаживается процесс протеолиза; что же касается липолиза, то на нем влияние низких температур сказывается в меньшей степени.

При необходимости продолжительного резервирования зрелого сыра (порядка нескольких месяцев) можно использовать такие усиленные способы тепловой обработки, как замораживание и стерилизация. Эти способы до настоящего времени продолжают носить исключительный характер и оказывают различное воздействие на различные виды и сорта сыра. Так, с помощью тепловой обработки можно обеспечить сохраняемость зрелых мягких сыров, замораживание перед созреванием подходит для прессуемых сыров или для сыров, изготовляемых из козьего молока.

Авторы считают важным отметить, что любое неуправляемое изменение температуры на сыродельном заводе и во время отгрузки сыров в торговую сеть повышает риск изменения кинетики созревания и органолептических свойств продукта.

Следует также принять во внимание тот факт, что многие сыры, претерпевающие быстрые и значительные ферментативные превращения, становятся источником выделения тепла. При проведении созревания этих сыров в изотермических камерах повышение температуры способно повлечь за собой весьма быстрое их разложение.

2.2.2. Относительная влажность

Относительная влажность — важный фактор созревания, оказывающий одновременное воздействие как на общее содержание влаги в сыре, так и на активность воды на его поверхности.

Во всех случаях созревание проводится в условиях относительной влажности ниже уровня насыщения (100% относительной влажности). Это объясняется двумя причинами. С одной стороны, на практике бывает трудно достичь уровня насыщения воздуха в условиях пониженных температур, поскольку охлаждающие поверхности конденсируют содержащуюся в атмосфере воду. С другой стороны, появление насыщенной атмосферы привело бы к тому, что активность воды (a_w) на поверхности сыра приблизилась бы к единице, что могло бы способствовать развитию большого количества нежелательных микроорганизмов; показатель перестал бы играть свою селективную роль.

Итак, при выборе уровня относительной влажности следует принимать во внимание чувствительность к a_w тех категорий микроорганизмов, для развития которых на поверхности сыра необходимо создавать благоприятные условия, или, напротив, тех, деятельность которых следует подавлять. Это объясняет тот факт, что уровень относительной влажности бывает, как правило, высоким (90—95%) у сыров с поверхностной микрофлорой и несколько ниже (85—90%) у сыров с грибной флорой. Для сыров с сухой коркой относительная влажность устанавливается на низком уровне (80—85%); это делается для того, чтобы максимально ограничить развитие загрязняющей поверхности микрофлоры.

В условиях гигрометрии, составляющей менее 100% относительной влажности, всегда происходит испарение влаги, содержащейся в сыре, в окружающую атмосферу. Эта потеря влаги может различаться у разных типов сыров и зависит от следующих характеристик:

общее содержание влаги — обычно, чем выше содержание воды в сыре, тем большей оказывается потеря общей влаги при прочих равных условиях;

удельная поверхность сыра, то есть отношение площади поверхности к объему определяет размеры поверхности, с которой происходит испарение влаги. Так, всякий сыр, не имеющий сферической формы (при которой удельная поверхность минимальна), теряет повышенное количество воды. Это объясняет тот факт, что сыр, выпускаемый в виде кругов (например, бри), теряет гораздо больше влаги, чем сыр типа эдамского;

уровень связанности воды. Испаряться может только свободная вода. Связанная вода остается в продукте. Таким образом, потенциальный уровень испарения воды из сыра в окружающую атмосферу определяется a_w;

состояние поверхности сыра. Этот показатель оказывает сильное воздействие на испарение влаги. Действительно, у сыра с сухой коркой барьер против испарения влаги более эффективен, чем у сыра с влажной коркой.

Размер потерь влаги зависит также от продолжительности пребывания сыра в помещении, отведенном для созревания. Он возрастает с увеличением продолжительности созревания. В этом заключается одна из причин того, что в настоящее время наблюдается существенное сокращение продолжительности созревания выпускаемых сыров по сравнению с сырами, изготовлявшимися традиционным способом. Это изменение объясняется также стремлением к экономии затрат электроэнергии и улучшению использования оборудования и капиталовложений. Это сокращение продолжительности созревания ведет к ослаблению процессов протеолиза и липолиза и соответственно к снижению вкусовых качеств и маслянистости сырного теста. Стремление к компенсации снижения вышеуказанных свойств выражается в появлении тенденции к изменению технологии с помощью повышения содержания жира и использования метода отделения молочного сахара на этапе выделения сыворотки из сгустка. Усилению характерных свойств того или иного сорта сыра способствует также внесение ферментов, действующих в процессе созревания. Эта практика, находящаяся пока еще на начальной стадии своего развития, не используется во Франции по причинам административного характера.

2.2.3. Роль атмосферы производственных помещений

Состав атмосферы в помещении, отведенном для созревания сыра, должен быть постоянным; это необходимо для того, чтобы все сыры одной партии находились в одинаковых условиях независимо от их местонахождения в сырохранилище. Следует, в частности, избегать появления каких-то экранов,

нарушающих свободную циркуляцию воздуха. Зачастую обеспечение одинаковых условий, в частности, одинаковой относительной влажности во всех точках помещения, представляется затруднительным; поэтому во многих случаях перед лицом необходимости обеспечения одинакового качества продукции и, в частности, в целях унификации потерь влаги работникам этого цеха приходится перемещать сыры в помещении, предназначенном для созревания. На уровень испарения влаги влияет также скорость циркуляции воздуха вокруг сыра. Поэтому обычно рекомендуется снижать эту скорость, повышая приток воздуха в тех случаях, когда это необходимо.

Одновременно с регулированием температурно-влажностного режима, особенно для сыров, микрофлора которых играет важную роль в созревании, следует иметь возможность управлять химическим составом атмосферы в помещениях, отведенных для созревания, и в частности, управлять содержанием кислорода. В процессе созревания мягких голубых сыров необходимость в равномерном росте мицелия вызывает потребность в больших количествах кислорода. Это создает необходимость в обеспечении притока свежего воздуха. Для предотвращения риска бактериального загрязнения помещений и сыров представляется рациональным проводить очистку этого воздуха методом фильтрации.

Отказ от притока свежего воздуха во всех случаях созревания с использованием облигатных аэробных микроорганизмов крайне нежелательно. Спертая атмосфера затрудняет рост необходимой микрофлоры и создает благоприятные условия для развития нежелательных микроорганизмов.

В производстве мягких сыров с мытой коркой и некоторых прессуемых сыров важное значение приобретает регулирование содержания аммиака в воздухе, поскольку этот газ способствует нейтрализации молодых сыров и создает благоприятные условия для развития красной слизи. В помещениях, где содержатся зрелые сыры, выделяющийся аммиак, представляющий собой один из конечных продуктов протеолиза, присутствует, как правило, в достаточном количестве.

Вполне вероятно, что в процессе созревания определенная роль принадлежит другим газам, например углекислому, и различным летучим соединениям, но до настоящего времени не удалось установить никакой прямой связи между воздействием этих компонентов и качеством сыров.

В большинстве случаев сыродел управляет факторами, связанными с составом окружающей атмосферы, используя свой практический опыт; он изменяет их в зависимости от требований к качеству, выдвигаемых к каждой партии продукции, с учетом изменений, происходящих в составе этой атмосферы, а также в зависимости от степени загруженности сырохранилищ (выражающейся в количестве сыра в весовом выражении на 1 м³ помещения).

2.2.4. Обработка сыров в процессе созревания

Использование системы кондиционирования воздуха в сырохранилище позволяет управлять температурно-влажностным режимом, составом и перемещением окружающей атмосферы. Несмотря на необходимость этой системы, она не обеспечивает удовлетворительных условий для созревания и, в частности, не дает возможности для полного и повсеместного контроля над образованием корки и развитием поверхностной микрофлоры. Так, поверхность сыра, обращенная к стеллажу, находится в иных условиях, чем поверхности, обращенные наружу; в этом случае влага окружающей атмосферы, необходимая для ограничения испарения воды из сыра, способствует развитию нежелательной микрофлоры. Это создает необходимость в разработке конструкций стеллажей и видов обработки специально для каждого вида сыра. В течение последних десятилетий стеллажи для размещения сыра при созревании и проводимые виды обработки стали предметом многочисленных нововведений, цель которых заключалась не только в повышении и унификации качества сыров, но также и в сокращении трудовых затрат и в облегчении выполняемых операций.

Цель всех традиционных технологий проведения созревания заключается в создании условий для формирования защитной внешней зоны, имеющей

характерный внешний вид и представляющей собой среду, создающую благоприятные условия для агентов, способствующих созреванию данного вида сыра, и, напротив, способствующую подавлению других микроорганизмов. В зависимости от природы этой зоны различают сыры с плесневой коркой, сыры с мытой коркой (с поверхностной микрофлорой или без нее) и сыры с сухой коркой.

Основные виды обработки поверхности сыров заключаются в переворачивании, мойке, зачистке и нанесении покрытия. В приведенных далее примерах указаны методы, применяемые в отношении различных видов сыра.

Для сыров, созревающих с участием поверхностной микрофлоры (камамбер, бри...), стеллажи должны обеспечивать максимальный приток воздуха. За исключением некоторых видов производств, решетки, изготовлявшиеся из тростника, бамбука или соломы, уступили место стеллажам из нержавеющей стали с тонкими и редкими прутьями. Эти сыры требуют небольшого ухода, ограничивающегося переворачиванием на третьи или четвертые сутки после поступления в помещение для созревания, цель которого заключается в обеспечении одинакового развития плесени с обеих сторон сыра и равномерного распределения влаги в сырном тесте. Второе переворачивание производится, как правило, 3—4 дня спустя. На десятые сутки, когда на сыре образуется плотный покров плесени, он, как правило, подается на упаковку. На этой стадии протеолиз еще находится на низком уровне, а pH составляет менее 7, но изготовитель должен принимать во внимание время, необходимое для перевозки и реализации, превышающее порой 30 сут, в течение которых, даже в условиях низких температур созревание сыра не прекращается. Если на сыродельном заводе необходимо интенсифицировать процесс протеолиза в целях усиления характерных вкусовых качеств и маслянистости сырного теста, продолжительность созревания на стеллажах увеличивают на 3—4 дня; это создает условия для появления колоний протеолитических бактерий красной слизи. Для подавления и раздавливания плесени и создания условий развития красной слизи и, таким образом, для придания поверхностям сыров плоской формы их помещают на сплошные деревянные стеллажи и ежедневно переворачивают до тех пор, пока их созревание не достигнет необходимого уровня.

Голубые сыры представляют особый случай, поскольку агент, способствующий их созреванию, в роли которого выступает голубая плесень (*Penicillium glaucum**, *P. roqueforti*), должен развиваться внутри массы сырного теста. Перед созреванием сыры прокалывают; цель этой операции заключается в создании внутри сырного теста вентиляционных каналов, в которых может развиваться плесень. Для поддержания достаточной циркуляции воздуха через эти каналы и возможные трещины, образующиеся в случае внесения в молоко гетероферментативных молочнокислых бактерий (*Leuconostoc*), сыры размещают на дощатых (в этом случае их ставят на ребро) или металлических стеллажах. Созревание продолжается от одного до двух месяцев. Во время созревания сыры переворачивают, а поверхность их оскабливают для того, чтобы удалить колонии микроорганизмов, которые могут закрыть проколы; в случае необходимости прокалывание проводят еще раз.

Касательно сыров типа мюнстера, на которых должна развиваться аэробная протеолитическая микрофлора, доминирующим видом которой является обычно *Brevibacterium linens*, сыры укладывают на сплошные дощатые стеллажи и каждые два дня переворачивают и моют водой (если необходимо, солевым раствором). Приблизительно десять дней спустя, когда на сыры прочно внедряются бактерии красной слизи, их прекращают мыть и переворачивают только через каждые три-четыре дня. В зависимости от требуемого уровня протеолиза и формата сыров созревание продолжается от пятнадцати суток до одного месяца. На сыродельных заводах, где внедрение бактерий красной слизи осуществляется с использованием культур, вносимых в молоко и (или) воду, используемую для мойки, контакт с дощатыми стеллажами,

* По современным представлениям вид *Penicillium glaucum* не должен включаться в состав закваски для сыров типа рокфор. — *Прим. ред.*

на которых ранее хранились зрелые сыры, становится необязательным. В этом случае предпочтительней использовать передвижные стеллажи из нержавеющей стали. Однако при высоком уровне протеолиза возникает необходимость в помещении сыров на дощатые стеллажи или маты, с тем чтобы избежать появления на их поверхности отпечатков стальных стеллажей и выровнять ее.

Цель ухода за прессуемыми сырами с низкой или высокой температурами второго нагревания заключается в управлении развитием или подавлении различных видов микрофлоры, спонтанно появляющейся на их поверхности. Продолжительность их созревания, часто бывающая довольно большой (от двух до девяти месяцев и более), прямо пропорциональна содержанию в них сухого вещества.

Для сыров типа сен-полэн, у которых стремятся получить влажноватую корку без развития на ней микрофлоры, традиционные технологии производства предусматривают частые переворачивания, сопровождающиеся умеренной зачисткой мокрой щеткой, позволяющей предупредить развитие протеолитических бактерий, способных вызвать появление слизистой корки. Сыры могут помещаться на дощатые полки или стеллажи.

При производстве сыров типа эдамского, когда необходимо получить сухую корку, часто ограничиваются переворачиваниями, цель которых заключается в предупреждении порчи продукта из-за избыточной влажности той из его сторон, которая соприкасается с полкой. Для ограничения испарения воды иногда используется смазывание маслом. Отсутствие зачистки создает условия для развития различных видов серой плесени. Как правило, его ограничивают с помощью клещей (сырных), которые, пожирая плесень, проделывают в корке мелкие углубления, повреждая сыр. Это рассматривается любителями как признак высокого качества и полной зрелости. В момент отгрузки в торговую сеть плесень удаляется путем зачистки и мойки.

Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания можно разделить на две группы. Это группа, к которой относятся сыры типа эмментальского, сухая и гладкая корки которых получатся путем зачистки щеткой и мойки, предупреждающих развитие микроорганизмов, в частности, плесеней. Ко второй группе относятся сыры типа грюйера де контэ, корка которых лишь натирается сухой солью, что создает условия для развития «слизи», в состав которой входит сложная протеолитическая микрофлора. Все эти сыры, помещаемые на дощатые полки, периодически переворачиваются.

Периодичность проведения этих работ по уходу за сырами в процессе созревания может быть различной. Так, для снижения объема этих работ некоторые изготовители (в случае непродолжительного созревания) снижают уровень относительной влажности в помещениях и довольствуются одной заключительной мойкой с использованием щеток.

В последние годы появился целый ряд новых технологий проведения созревания сыра с использованием различных покрытий. Они предназначены для прессуемых сыров с низкой и высокой температурами второго нагревания. Эти технологии преследуют двойную цель: во-первых, снижение потерь выхода сыра через испарение воды благодаря использованию различных покрытий с низкой проницаемостью (полимерных пленок, различных видов воска, парафинов...), во-вторых, сокращение объема работ в сырохранилище (переворачивание, зачистка...), особенно в случае их сочетания с фунгицидной обработкой поверхности. Тем же целям отвечает и проведение созревания в полимерной пленке.

Одновременно с разработкой этих технологий предпринимались попытки, направленные на облегчение труда человека, связанного с выполнением подъемно-транспортных операций во время созревания сыра. Примером этого служит использование механизированных установок для транспортировки и переворачивания сыров, устанавливаемых в помещениях, снабженных системами кондиционирования воздуха, а также использование вентилируемых или герметичных стеллажей и контейнеров, приспособленных для штабелирования с использованием поддонов.

На практике различные указанные выше виды обработки могут в значительной мере изменяться и адаптироваться в целях сохранения характерных черт, свойственных каждому виду выпускаемой продукции.

К ряду факторов, способных изменить их, относятся такие, как состав оборудования, используемого в помещениях, отведенных для созревания сыров, и, в частности, степень эффективности работы систем кондиционирования воздуха.

В момент отгрузки сыра с сыродельного завода его нельзя назвать стабилизированным продуктом: он будет эволюционировать вплоть до поступления к потребителю. Степень этой эволюции будет зависеть от активности содержащейся в нем влаги, от используемой упаковки и часто меняющихся условий окружающей среды, в которых он будет оказываться во время транспортировки и доставки потребителю и которые могут в значительной степени изменить его органолептические свойства.

Поэтому перед отгрузкой сыра с сыродельного завода рекомендуется охладить его, а также установить систему для контроля, если не сказать, для управления условиями его транспортировки и распределения в рамках торговой сети, систему надзора и управления качеством продуктов на местах их реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Akgon S., 1978. Contribution à l'étude des propriétés rhéologiques des fromages à pâte molle de type camembert pendant leur maturation. Thèse Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy.
2. Alais C., 1965. Science du lait: Principe des techniques laitières. 2ème éd., S.E.P., Paris.
3. Cheftel J. C., Cheftel H. et Besancon P., 1977. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Technique et Documentation, Paris.
4. Downey W. K. et Cogan J. M., 1975. Compte-rendu du Symposium sur la lipolyse. F.I.L., Doc. n° 86.
5. Ernstrom C. A. et Tittsler R. P., 1965. Rennin action and cheese chemistry. Fundamentals of dairy chemistry. AVI Publ. Co., Westport, Connecticut.
6. Forss D. A., 1969. J. Dairy Sci., 52, 832—840.
7. Harper W. J., 1959. J. Dairy Sci., 42, (1), 207—213.
8. Harper W. J. et Hall C. W., 1976. Dairy technology and engineering. AVI Publishing Co, Westport, Connecticut.
9. Jacquet J. et Thevenot R., 1961. Le lait et le froid. Baillière éd., Paris.
10. Jensen R. G., 1964. J. Dairy Sci., 47 (2), 210—215.
11. Labuza T., Tannenbaum S. et Karel M., 1970. Food Technol., 24 (5), 35—42.
12. Lenoir J., 1970. Rev. Lait. Fr., 275, 231—243.
13. Mair-Walburg H., 1974. Handbuch der Käse. Volkswirtschaft licher Verlag, Kempten, R.F.A.
14. Ramet J. P. et Hardy J., 1972. Technologie des fromages frais, 1ère partie. Le Technicien du Lait, 7—15.
15. Ramet J. P. et Hardy J., 1972. Technologie des fromages frais. 2ème partie. Le Techniciem du Lait, 7—19.
16. Ramet J. P., 1978. Comparaisen de l'affinage de fromages à pâte pressée non cuite de type saintpaulin fabriqué à partir de lait à lactose hydrolysé. Rapport d'étude. L.S.T.A., Nancy.
17. Ramet J. P., El Mayada E. et Weber F., 1981. Amélioration de l'affinage de fromage obtenue à partir de lait recombiné. Comm. XXIème Cong. Int. Laiterie, Moscou.
18. Ramet J. P. et Weber F., 1981. Etude de l'aptitude fromagère d'une préparation enzymatique coagulante extraite de Mucor miehei.
    1ère partie: Le Lait, 61, 281—282.
    2ème partie: Le Lait, 61, 458—464.
19. Shahani K. M., Harper W. J., Jensen R. G., Parry R. M. et Zittle C. A., 1973. Enzymes in bovine milk: a review. J. Dairy Sci., 56 (5), 531—543.
20. Stadhouders J. et Langeveld L. P., 1966. The microflora of the surface of cheese. Factors affecting its composition. 17ème Congr. Int. de Laiterie, D2, 577—584.

21. Veisseyre R., 1966. Techniques laitières, 2ème éd. La Maison Rustique éd., Paris.
22. Webb B. H., Johnson A. R. et Lford J. A. Alford J. A., 1974. Fundamentals of dairy chemistry. AVI Publ. Co, Westport, Connecticut.

Глава 13

СОЗРЕВАНИЕ СЫРА В ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНКАХ

М. Фрадэн*

1. Введение

1.1. История создания и причины, приведшие к появлению технологии созревания сыра в полимерных пленках

Создание технологии созревания сыра с использованием покрытия, называемой также технологией производства бескорковых сыров, было обусловлено рядом различных требований.

1.1.1. Технические требования

Внедрение этой технологии взамен использовавшихся прежде методов нанесения покрытий, с одной стороны, объясняется стремлением выпускать сыры в форме параллелепипедов, поскольку эта форма лучше всего отвечает требованиям высокого уровня механизации производства, а с другой — позволяет снижать себестоимость продукта вследствие сокращения количества подъемно-транспортных операций и уменьшения объема потерь, связанных с усушкой.

Первые технологии такого рода появились приблизительно в 1930 г.; они были использованы в производстве сыра чеддер, занимающего первое место среди сыров в мире по объему производства. Их суть заключалась в смазывании блоков чеддера минеральным маслом. До этого в США и Англии для предотвращения потерь массы чеддера и гауды использовалось сливочное масло. В Италии на сыры типа романо (пекорино — pecorino, каприно — caprino, вачино — vacchino) наносился защитный слой глины.

В 1950 г. Дж.-Б. Стин (J. B. Stine), работавший в Крафт фуд Компани** [6], запатентовал два изобретения, известных под номерами 2.494.636 и 2.494.637, по использованию нового упаковочного материала для блоков швейцарского сыра. С тех пор эти патенты успели стать всеобщим достоянием [1].

1.1.2. Требования коммерческого характера

Появление этих требований объясняется началом реализации сыров через магазины самообслуживания. Иначе говоря, можно считать, что порционные упаковки, продаваемые в магазинах самообслуживания, явились своего рода новым продуктом; это относится, в частности, и к собственно сыроделию, где изготовителям пришлось заниматься созданием новых технологий производства, отвечающих требованиям, выдвинутым этим новым продуктом.

К этому следует также добавить изменение потребительского вкуса.

---

* M. Fradin.
** KRAFT Foods Company.

Применение этой технологии очень быстро позволило обнаружить, что для большинства сыров, вынужденных подвергаться фасовке и упаковке, появление этой дополнительной стадии переработки приводит к недопустимому повышению себестоимости. Применение новых требований к тем сырам, которые прежде реализовали традиционным способом взразвес, создало необходимость в проведении соответствующих реформ.

Наибольшая доля себестоимости была вызвана потерями на операции фасовки (трудовые и материальные затраты, связанные с очисткой или удалением корки), что навело на мысль о производстве бескорковых сыров.

1.2. Определение

В качестве определения бескорковых сыров, которое будет использовано в настоящей главе, авторы считают необходимым принять следующее: бескорковый сыр — это продукт, созревание которого было проведено в условиях, исключающих (или допускающих в незначительной степени) испарение содержащейся в нем влаги в окружающую атмосферу, являющееся основной причиной образования твердой наружной части, называемой коркой.

Созревание сыра проводится с использованием полимерных материалов, каждый из видов которых обладает определенными физическими и механическими свойствами; выбор этих материалов зависит от преследуемой цели и должен обеспечивать подобие биохимических процессов, управляющих созреванием сыров с коркой и бескорковых сыров.

В силу этого содержание сухого вещества в бескорковом сыре и степень распада азотистых соединений должны быть идентичными в пределах всей массы сырного теста.

2. Сыры, пригодные для созревания без корки

2.1. Типы сыров

Выбор сыров, пригодных для технологии созревания без корки, основан на той роли, которую она играет в процессе созревания.

Имеющиеся в настоящее время сведения позволяют считать, что эта технология применима лишь в отношении тех сыров, корка которых не играет определяющей роли в их созревании.

2.1.1. Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания

Это сыры типа эмментальского или подобные ему. К ним относятся:

твердый сыр в виде блоков (viereckhartkäse) (блоки массой от 70 до 80 кг) — ФРГ;

свенбо (svenbo) (круги или блоки массой 12 кг) — Дания;

херрегардский (herregardsost) и грев (greve) (круги массой 12,5 кг) — Швеция;

ярлсберг (jarlsberg) (круги массой 12 кг) — Норвегия.

2.1.2. Прессуемые сыры с низкой температурой второго нагревания

Это главным образом эдамский, гауда, сен-полэн и подобные им сыры. Особенность этих сыров заключается в отсутствии на их поверхности плесеней, бактерий (типа *Bacterium linens*) или дрожжей (типа *Rhodotorula*), производящих ферменты, способствующие созреванию, и образующих такие соединения, которые являлись бы основными компонентами формирования их аромата [2, 3].

2.2. Общие принципы производства бескорковых сыров

В данном разделе речь пойдет лишь об общих принципах производства, пригодных почти для всех возможных случаев. При этом совершенно очевидно, что определение необходимых условий созревания возможно лишь на основе конкретных сравнительных испытаний, необходимость в проведении которых вызвана возможными различиями между условиями, существующими на разных сыродельных заводах.

Самое общее рассмотрение проблемы позволяет констатировать следующее:

степень обсушивания сырного зерна бывает, как правило, более высокой. Например, в конкретном случае эмментальского сыра необходимый уровень содержания сухих веществ после посолки в рассоле составляет от 61,5 до 62%;

важную роль играет бактериологическая чистота молока (следует отметить огромную опасность, которую представляет кормление животных силосом). Видимо, предпочтительнее использовать термизованное сборное молоко с внесением в него специально подобранных молочнокислых заквасок. Следует точно определять все критерии или параметры технологического процесса, что делает возможным достижение высокого уровня стандартизации готовой продукции;

время нахождения сыров в рассоле остается прежним. Следует следить за бактериологической чистотой рассола, который иногда становится причиной появления пороков поверхности (появление гнилостного запаха, слизистого налета, обесцвечивание). По мнению авторов, большой интерес представляет появление новых способов физико-химической и бактериологической очистки рассолов. Результаты первых сравнительных исследований говорят о весьма значительном сокращении обычной и, в частности, грибной микрофлоры [4];

перед упаковкой поверхность сыров должна тщательно обсушиваться. При полной бактериологической чистоте рассола упаковку можно проводить после нескольких минут выдержки, необходимых для стекания жидкости; в противном случае сыры следует подвергать обсушке, продолжительность которой может составлять от нескольких часов до двух суток; во время обсушки крупные сыры типа эмментальского один раз переворачивают;

после упаковки в пленку на крупные сыры (эмментальский) надевают обручи из пластического материала, служащие для их фиксации во время созревания в теплом сырохранилище; сыры типа эдамского, чеддера и гауды упаковывают в картонные коробки или деревянные ящики;

температура созревания бескоркового эмментальского сыра должна быть на 2 °С ниже, чем в условиях традиционной технологии. Температура созревания всех остальных бескорковых сыров остается такой же, как в обычных условиях;

продолжительность созревания бескорковых сыров идентична той, которая имеет место при использовании классической технологии*;

переворачивание при созревании. При условии достаточного овладения персоналом технологией созревания бескоркового сыра (эмментальского) рекомендуется резко сократить количество переворачиваний и даже полностью отказаться от них.

В заключение перечисленных выше рекомендаций следует сказать, что регулирование технологии созревания бескорковых сыров может осуществляться с помощью следующих трех переменных [10]:

---

* Созревание бескорковых сыров, как правило, протекает интенсивнее, чем сыров, изготовленных по традиционной технологии. Вызывается это более равномерным распределением влаги между центральными и периферийными слоями сырной массы, более высоким уровнем активности воды сырного теста и рядом других причин. — *Прим. ред.*

а) проницаемость полимерного материала, используемого для созревания сыра;

б) температурный режим созревания;

в) продолжительность созревания.

3. Подбор полимерных материалов с учетом требований технологии созревания бескорковых сыров

Необходимость соблюдения биохимических условий созревания вынуждает точно определять их.

В целом речь идет об управлении процессами газоводяного обмена между продуктом и окружающей средой с помощью пленочных материалов с известными характеристиками проницаемости по отношению к кислороду, углекислому газу и водяным парам [5].

Помимо вышеуказанного, в процессе их использования эти материалы должны обеспечивать выполнение других задач практического характера.

Ниже перечислены общие свойства каждого из этих материалов, играющих важную роль в процессе созревания [6—10].

Герметичность. В полимерной пленке не допускается наличие микроотверстий (в стенках и сварных соединениях, выполняемых при изготовлении упаковочных мешков).

Водостойкость. Сыр — это продукт, содержащий воду (от 38 до 56%). Полимерная пленка должна выдерживать химическое воздействие воды или сыворотки, образующихся в ходе изготовления, а также обладать достаточной механической прочностью к воздействию воды.

Несмотря на кажущуюся очевидность двух предшествующих положений, не следует забывать о том, что некоторые из выпускаемых видов сыров имеют высокую рыночную стоимость при продаже их поштучно.

Пароводопроницаемость определяет потерю в массе при хранении в сыроподвале. Эта потеря, помимо определенных экономических последствий в плане себестоимости готовой продукции, может приводить к последствиям в ходе ее реализации, связанным с нарушениями органолептических свойств.

Видимо, наиболее целесообразно использование такой полимерной пленки, которая почти совсем не пропускает водяных паров.

Газопроницаемость. Если говорить о проницаемости пленки по отношению к кислороду, то этот порог должен находиться на достаточно низком уровне, чтобы предупреждать развитие плесеней. Известно, что при проницаемости пленки порядка 2000 см³/см²/24 ч/атм при 20 °С после 1—2 мес пребывания в ней продуктов типа прессуемых сыров с высокой и низкой температурами второго нагревания (эдамский, гауда, эмментальский...) происходит появление плесени на их поверхности [11].

Степень проницаемости по отношению к углекислому газу должна быть такой, чтобы не происходило его удерживания (вызывающего вздутие пленки). Пленка должна пропускать такое количество углекислого газа, при котором может происходить нормальное формирование рисунка сыра [5].

Жиропроницаемость. Пленка не должна абсорбировать жир, в частности, жир, выделяющийся из сыра во время созревания в теплом сырохранилище, поскольку он может привести к нарушению физических свойств пленки и снижению качества сыра.

Технологичность. Большая масса головок некоторых видов сортов создает необходимость в облегчении операций, связанных с их помещением в мешки из полимерной пленки, накуумированием и герметичным закрытием мешков...

Уровень автоматизации работ на этом участке должен быть не ниже предшествующих стадий технологического процесса.

Механическая прочность. Как уже было сказано выше, многие сыры выпускаются в виде головок большого веса (эмментальский сыр: круги весом 75—80 кг, чеддер: блоки весом 18,5 кг...), вследствие чего пленка может разорваться при самых незначительных воздействиях на все массы сыра. Кроме этого, продолжительность созревания и хранения может быть значительной (до 1 года для сыра чеддер). Все это создает необходимость в

13.1. Химический состав полимерных пленок, предлагаемых в настоящее время промышленностью для созревания прессуемых сыров с высокой и низкой температурами второго нагревания

Материал	Слои пленки		
	наружный (первый)	второй	внутренний (третий)
1	Сополимер этилена и винилацетата. Толщина 30 мкм	Сополимер винилиденхлорида и винилхлорида. Толщина 8 мкм	Сополимер этилена и винилацетата, обработанный радиационным способом. Толщина 12 мкм
2	Сополимер этилена и винилацетата. Толщина 15 мкм	Сополимер винилиденхлорида и винилхлорида. Толщина 25 мкм	Сополимер этилена и винилацетата, обработанный радиационным способом. Толщина 12 мкм
3	Полиамид-6 (точка плавления 208 °С). Толщина 30 мкм	Смола иономерная (металл — натрий), относящаяся к группе сирлин. Толщина 30 мкм	
4	Смесь из 30% полиамида-6 и 70% иономерной смолы (металл — цинк), группа сирлин. Толщина 49 мкм	Сополимер этилена и винилацетата (4,5%). Толщина 89 мкм	
5	Смола иономерная (натрий), группа сирлин. Толщина 29 мкм	Сополимер этилена и винилацетата (3,5%; окрашен в светло-желтый цвет с помощью органического пигмента). Толщина 106 мкм	
6	Сополимер этилена и винилацетата (3,5%) (окрашен в светло-желтый цвет с помощью органического пигмента). Толщина 26,5 мкм	Смола иономерная (натрий), группа сирлин. Толщина 108 мкм	

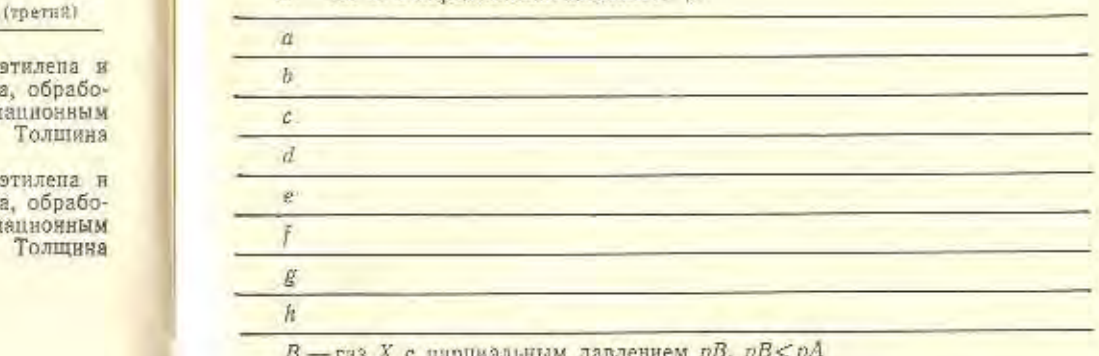
снижении риска повреждения пленки с помощью обеспечения ее плотного прилегания ко всей поверхности сыра. Это достигается вакуумированием и усадкой пленки до плотного облегания сыра. При случайных повреждениях пленка не может отойти от поверхности продукта, что позволяет максимально ограничить риск появления плесени и усушки.

Это облегание также позволяет сыроделу зондировать сыр через пленку без сколько-нибудь значительного снижения ее роли как регулятора процессов газового обмена.

В заключение можно сказать, что независимо от каждого конкретного случая речь идет об управлении процессами газопароводяного обмена, происходящими обычно между сыром и окружающей средой, что ставит сыроделов перед необходимостью использования полимерных пленок с контролируемой проницаемостью. Классификация этих материалов основана именно на этом свойстве (табл. 13.1 и 13.2) [10].

Следует напомнить, что паропроницаемость не имеет никакого отношения к водопроницаемости. Действительно, вода в жидком состоянии не проникает через пластмассовые мембраны, тогда как ее поведение в газообразном состоянии весьма идентично поведению таких газов, как кислород или углекислый газ. Таким образом, речь идет об особом случае явления газопроницаемости, напоминание основных принципов которого приводится ниже.

Явление газопроницаемости включает три последовательных этапа, которые схематически представлены ниже.



На схеме изображено воображаемое поперечное сечение полимерной пленки, состоящей из участков минимальной толщины. С одной из сторон пленки находится какой-то газ X, парциальное давление которого равно pA, с другой стороны находится тот же газ X, но его парциальное давление равно $pB \cdot pB < pA$.

На первом этапе слой a захватывает определенное количество газа методом абсорбции. Вследствие диффузии и с небольшой задержкой часть газа проходит из a в b и приближается к h. В этот момент происходит установление определенного градиента концентрации $a \longrightarrow h$, при котором в a будет содержаться большее количество молекул газа, чем в h.

В слое h наблюдается явление десорбции, то есть на стороне пленки B появляются новые молекулы газа. Устанавливается устойчивый режим, в ходе которого газ будет проходить от стороны B к стороне A вследствие адсорбции и диффузии через последовательные слои пленки. Однако характер течения этого явления быстро изменится, поскольку одним из факторов, оказывающих на него прямо пропорциональное воздействие, служит разница парциальных давлений газа X с каждой из сторон пленки ($pA—pB$). Это сводится к тому, что характер изменения этого явления постоянно направлен в сторону его замедления, поскольку с момента начала десорбции происходит снижение $pA—pB$ (pB возрастает). Процесс полностью прекратится в момент выравнивания парциальных давлений с обеих сторон пленки и установления постоянной концентрации в ее последовательно расположенных слоях.

Авторами только что было обращено внимание на роль парциальных давлений по обеим сторонам пленки. Вследствие этого можно легко понять роль, которую играют такие параметры, как толщина пленки, поверхность контакта и время.

И наконец, определенное значение для проницаемости имеет температура: дело в том, что в основе описанного выше явления лежит движение молекул, обеспечивающее диффузию газа. А как известно, с повышением температуры интенсивность движения молекул возрастает. Можно считать, что при повышении температуры на 10 °С проницаемость пленки удваивается.

Кроме того, газопроницаемость в известной степени зависит от определенных взаимодействий между каждой полимерной пленкой и газом. Так, если говорить о пароводопроводимости, высокая влажность оказывает сильное отрицательное воздействие на нейлон или целлюлозу, что приводит к повышению проницаемости.

В заключение следует подчеркнуть, что, поскольку, как уже говорилось выше, способность к проницаемости исчезает при уравновешивании парциаль-

13.2. Характеристика полимерных пленок

Материал	Проницаемость*								Усадка (в %/с при 85 °С)**		Натяжение при усадке	
	кислорода, см³/м²/24 ч/атм при 20 °С				газа (CO_2), см³/м²/24 ч/атм при 20 °С				пара, г/м²/24 ч, при 38 °С			
	Относительная влажность, %											
	0		80		0		80		90	вдоль	поперек	вдоль	поперек
1	155 145—160		155 145—160		765 760—775		765 760—775		17,0 16,7—17,6	25	30	0,036	0,046
2	250 210—300		250 210—300		1500 1120—1460		1500 1120—1460		29,5 28,8—29,9	45	40	0,030	0,024
3	25 20—30		125 100—145		85 55—110		455 255—660		6,2 6,0—29,9	—1	0	0	0
4	600 580—620		595 545—650		2120 const.		2325 2125—2525		4,18 3,87—4,65	0	—1	0,001	0,001
5	955 885—1035		865 695—1050		3685 3260—4325		3295 2630—4260		2,32 2,17—2,48	0	—1	0,001	0,001
6	440 420—460		640 625—660		1470 1440—1495		1565 1485—1640		4,40 2,32—6,35	0	—1	0,0007	0

* Стандарт DIN 53380.
** Норма изготовителя (даны средние, максимальные и минимальные значения).

ных давлений, следует помнить о том, что упакованный продукт или окружающая атмосфера могут играть роль своеобразного насоса, в результате чего парциальное давление всегда различно; в этом случае проницаемость всегда носит позитивный характер.

4. Технология созревания сыров в полимерных пленках

В целях усиления защиты от возникновения явлений липолиза и предотвращения развития плесневых микроорганизмов в большинстве существующих в настоящее время технологий созревания сыров в полимерных пленках используется способ вакуумирования.

Следует различать два основных принципа вакуумирования.

Атмосферное вакуумирование в упаковке. Сыр, уложенный в пакеты, остается в среде окружающего воздуха в течение всего времени удаления этого воздуха из упаковки с помощью вакуумного насоса.

Собственно, вакуумирование осуществляется в этом случае с помощью одной или нескольких штуцеров (игл), соединенных с вакуумным насосом.

Вакуумирование в специальной вакуумной камере (в вакуумном колпаке). Способ заключается в вакуумировании предварительно помещенного в упаковку сыра в вакуумной камере.

Критериями, определяющими выбор той или иной технологии упаковки, служат размеры, масса, консистенция и количество сыров, а также требования к обеспечению оптимальной себестоимости производства.

Следует уточнить, что некоторые виды сыра (типа эдамского и гауды) не могут подвергаться вакуумированию с помощью любого из существующих способов. Это объясняется тем, что в сырном тесте могут скапливаться воздух или газы, образующиеся в результате процессов брожения. В случае вакуумирования под вакуумным колпаком внутреннее давление в нем будет ниже давления газов, находящихся внутри сырного теста, что может привести к его вспучиванию и даже к разрыву, то есть к появлению пороков в сыре при порционировании.

4.1. Вакуумирование в атмосферных условиях

В рамках этой технологии используется ручное, полуавтоматическое или автоматическое оборудование, в составе которого имеется несколько игл для удаления воздуха; мешки закрываются скобками или сваривaются.

Величина давления после вакуумирования составляет от 7 до 13 кПа и зависит от используемого оборудования, размеров, формы и состояния поверхности сыров (сухая, влажная, жирная).

Масса сыров, вакуумирование которых проводят на данном оборудовании, может составлять от нескольких сотен граммов до ста килограммов, и в зависимости от массы сыра и типа используемого оборудования производительность может составлять от одной до двадцати пяти головок сыра в минуту.

4.2. Вакуумирование в вакуумной камере или «вакуумном колпаке»

Основным параметром, отличающим эту технологию от предыдущей, является глубина достигаемого вакуума.

В условиях промышленного производства сыра давление при вакуумировании может опускаться до 0,7—1,3 кПа.

Установка состоит из одного или нескольких вакуумных колпаков (до 5) и снабжена системой закрытия упаковок с помощью металлических скоб или сварки.

Масса сыров, которые можно упаковывать на данной машине, идентична массе, что и в первом случае, а ее производительность составляет от одной до сорока единиц продукции в минуту.

5. Заключение

Использование технологий созревания бескорковых сыров отличается целым рядом преимуществ технологического и экономического характера, которые, видимо, уместно подчеркнуть, заканчивая данную главу. Преимущества эти следующие:

а) отсутствие потери массы продукта при созревании;

б) исключение операций, связанных с обработкой поверхности сыров;

в) исключение расходов, связанных с уходом за сырами в сырохранилище;

г) отсутствие необходимости в контроле относительной влажности в помещениях, предназначенных для созревания сыров;

д) значительное снижение расходов, связанных с мойкой полов и стеллажей в помещениях, предназначенных для созревания сыров;

е) оптимизация использования объемов помещений, предназначенных для созревания и хранения сыров;

ж) снижение потерь продукции, связанных с зачисткой поверхности сыров перед их разрезкой для фасовки.

К этим важным аспектам следует добавить, что используемая технология обеспечивает возможность для более высокого уровня механизации в области, которая до настоящего времени требовала огромных трудовых затрат. В частности, использование возможностей, предоставляемых применением системы штабелируемых поддонов для сыров в помещениях для созревания, уже ведет к значительному упрощению выполняемых работ и снижению их стоимости.

Все эти факторы играют определяющую роль на этапе общей разработки технологии производства и не должны выпадать из поля зрения в момент принятия окончательного решения.

Авторы считают необходимым закончить настоящую главу замечанием, что бескорковый сыр появился на свет вследствие необходимости приспособления новых методов реализации, а также и целого ряда причин технологического характера.

Примечание координатора. Место технологии созревания бескорковых сыров в полимерной пленке в рамках существующей во Франции системы государство — потребители — промышленность не имеет четкого определения. Сама концепция французского законодательства, акцент которой переместился с принципа обнаружения злоупотребления на принцип запрета, вносит неуверенность в отношении судьбы технологических нововведений. Надо ли их разрешать? Достаточно ли не запрещать их? В любом случае использование технологии созревания сыра (в прямом смысле этого слова) без корки продолжает оставаться под запретом (1986 г.) касательно определенных сыров и тем более сыров с зарегистрированными фирменными названиями*. Напротив, разрешается (или не запрещается) хранить в полимерной пленке незрелые сыры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kosikowski F. V., 1978. Cheese and fermented milk foods, 2ème éd., 251—256, 269—281.
2. Beuchat L. R., 1979. Food and beverage mycology. AVI Publ. Co., Westport, Connecticut, 145—172.
3. Alais Ch., 1974. Science du Lait, 3ème éd., Paris, 672—690, 708—710.
4. Anonyme, 1982. Compagnie des Salins du Midi. Brevet CSME n° 8110436, 1—11.
5. Hettinga D. H., 1972. Iowa State University, Ames, Iowa, 22—24, 105—110.

* См. главу 27.

6. Reinbold G. W., 1972. Swiss cheese varietes pfizer cheese monographs. Chas Pfizer Inc., New York, 5, 35—91, 126—176.
7. Pien J., 1973. Le conditionnement du lait et des produits laitiers sous emballages plastiques. Journées d'étude de l'emploi des matières plastiques dans le conditionnement des produits alimentaires. Centre de Perfect. Techn., Rueil-Malmaison, Dijon, 1—13.
8. Bojkow E., 1974. Osterreich Milchwirtschaft, 29, 289—294.
9. Meyer, 1973. Processed cheese manufacture. Food Trade Press Ltd, London, 103—106.
10. Fradin M., 1979. Recherches sur la technologie du report et de l'affinage de l'emmental sous pellicule. Doctorat de Sciences, Université de Caen, UER des Sciences de l'Alimentation et de la Nutrition, 13—28, 89—232.
11. Fluckiger E. et Roy G., 1961. Schweiz Milchzeitung, 87 (93); Wiss. Beilage, 80, 637—644; Wiss Beilage, 81, 645—647.
12. Institut Technique du Gruyère.
    a) Etude ZS 78/1/C, 1—40-annexes, 1978.
    b) N° SS/76/1.1—18, 1976.
13. Roussel M., 1978. Revue des E.N.I.L., 34, 6—8.

Глава 14

ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЫРА

1. Физические свойства

Ж. Арди*

В пищевой промышленности измерение отдельных физических свойств сырья или готового продукта часто становится средством исследования изменения их составных частей в процессе переработки. В некоторых случаях физическое измерение, выполненное с помощью датчика, позволяет вести непрерывный контроль за ходом технологического процесса или осуществлять качественную классификацию готового продукта питания на основе определенных характеристик. В других случаях удалось установить корреляции между сенсорной оценкой какого-то продукта и результатами физической оценки, проведенной в точно определенных экспериментальных условиях. Из этого следует, что органолептическая оценка, проводимая дегустационной комиссией, отчасти может быть заменена объективными измерениями, выполняемыми с помощью приборов. И наконец, знание цифровых значений некоторых параметров становится необходимым, когда в процессе разработки какой-то новой технологии приходится использовать математическую модель, описывающую тот или иной механизм передачи (тепла, сырья, движения).

Несомненно, что эта возрастающая необходимость в знании физических свойств пищевых продуктов может служить объяснением появления многочисленных работ общего характера или публикаций, посвященных этой теме [1—7].

1.1. Реологические и структурные свойства сыра

1.1.1. Реологические характеристики

Обычно реология, наука, изучающая деформацию вещества, предлагает классификацию результатов приложения усилия к веществу, состоящую из следующих четырех основных категорий:

мгновенная упругая деформация: упругость;

упругая деформация во времени: замедленная упругость;

* J. Hardy.

текучесть, зависящая от прилагаемой силы: вязкость;

необратимая деформация, появляющаяся начиная с определенного уровня приложенного усилия: пластичность.

Так, если приложить к какому-то телу (жидкость, тестообразная масса, твердое тело, сыпучее вещество и т. д.) определенное усилие в определенных условиях, исследование полученной деформации приведет к установлению закона, называемого законом поведения вещества, позволяющего дать реологическую характеристику исследуемого продукта.

Дэвис (Davis) [8] установил, что можно производить описание консистенции (тела) сыра с помощью совокупности реологических параметров, имеющих точный физический смысл: модуля упругости, вязкости, времени релаксации и т. д. Общий вывод, следующий из его исследования, проведенного на различных типах сыра, сводится к тому, что сыр представляет собой вязкопластично-упругое тело. Иначе говоря, в момент приложения к нему какой-то силы (нажатия пальцем, откусывания резцами, раздавливания коренными зубами, механического сжатия, прокалывания иглой, разрезания ножом и т. д.) его общая деформация может рассматриваться как сумма элементарных деформаций, зависящих от его упругости, вязкости и пластичности. Определенные модели-аналоги дают возможность визуально наблюдать за получаемой деформацией с помощью более или менее сложной системы, состоящей из простых механических деталей, главными среди которых являются следующие: пружина (упругость), амортизатор (вязкость), ползун (пластичность). На рисунке 14.1 приведено описание общей деформации вязкоэластичного продукта (представлено в виде последовательно и параллельно соединенных пружин и амортизаторов), подвергнутого испытанию на растяжение без разрыва с резким снятием прилагаемого усилия.

Если в целом сыр можно считать вязкопластично-упругим телом, очевидно, что его видам могут быть свойственны определенные различия, зависящие от относительной интенсивности элементарных видов деформации или типа прилагаемой нагрузки. Образец сыра грюйер, не прошедшего созревания, кажется более упругим (при испытании на изгиб), чем образец того же сыра, но прошедшего созревание. Камамбер полной зрелости может обладать естественной текучестью (становиться пластичным при незначительных нагрузках), тогда как пармезан и после созревания представляет собой определенное целое с реологической точки зрения, а его поведение находится в зависимости от огромного количества различных параметров.

1.1.2. Методы исследования структурных свойств сыра

Установление связей, существующих, с одной стороны, между составом и структурой пищевых продуктов и, с другой стороны, между их составом и органолептическим качеством, непременно проходит в несколько этапов. Их последовательность может быть представлена в виде прогрессии состав→→структура→механические свойства (реология)→консистенция→органолептическое качество, показывающей, что измерение основных механических свойств представляет особый интерес для понимания структуры продукта, в то время как измерения, связанные с консистенцией (часто носящие эмпирический характер), проще использовать для количественной оценки его органолептических свойств.

Структурные исследования продуктов питания в основном заключаются в наблюдении (с помощью соответствующих средств) за трехмерными структурами, образованными их составными частями, и в измерении их распределения. Исследования с помощью микроскопа и определенные методы косвенных измерений (измерение объемной массы, пористости, теплопроводности и т. д.) позволяют приблизиться к сложной области, в которой лежит связь между структурой и составом продукта [6, 9].

1.1.2.1. Измерение основных реологических параметров

Существует два основных способа, позволяющих точно определить структурно-механические свойства продукта.

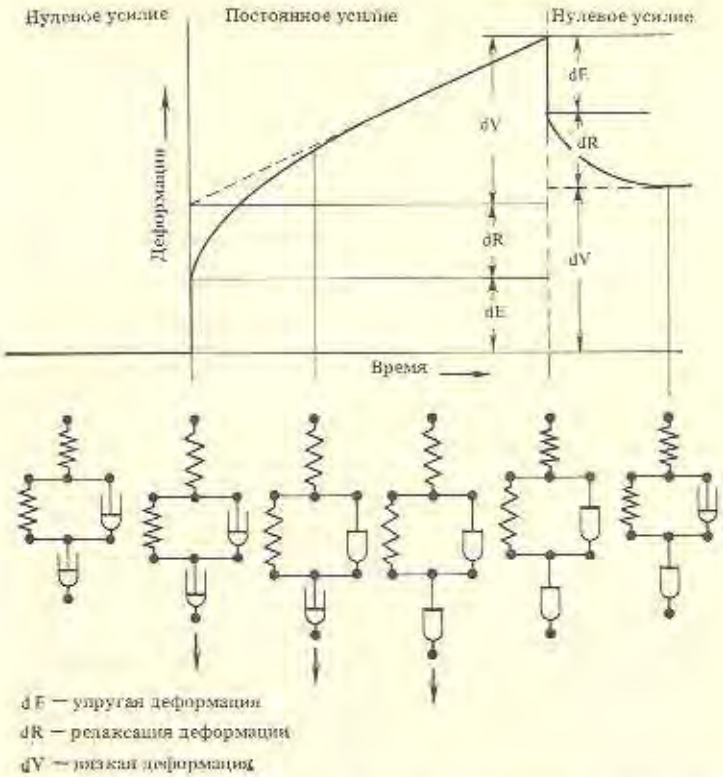


Рис. 14.1. Характеристическая кривая, полученная в ходе экспериментального испытания на пластичность и релаксацию при растяжении упруговязкого тела, и представление деформации, происходящей в его механическом аналоге

В первом, называемом испытанием на ползучесть, образец, имеющий точно определенные размеры, подвергается мгновенному воздействию какой-то постоянной силы, а исследователь наблюдает за изменениями деформации, происходящими во времени (см. рис. 14.1). По истечении определенного отрезка времени нагрузка может быть мгновенно снята, а последующие исследования заключаются в наблюдении за изменениями остаточной деформации (восстановление).

В случае использования второго способа, носящего название «испытание на релаксацию», речь идет о том, чтобы, напротив, мгновенно привести деформацию к какому-то постоянному уровню и пронаблюдать за изменениями, происходящими во времени с прилагаемым усилием.

Последующая математическая обработка полученных кривых позволяет производить расчет различных физических величин (модуля Юнга, вязкости, времени релаксации, структурной вязкости и т. д.).

1.1.2.2. Эмпирические методы

Измерение структурных характеристик сыров часто проводилось с помощью простых тестов, использующих самое разное оборудование, предназначенное для более или менее приблизительной имитации некоторых методов

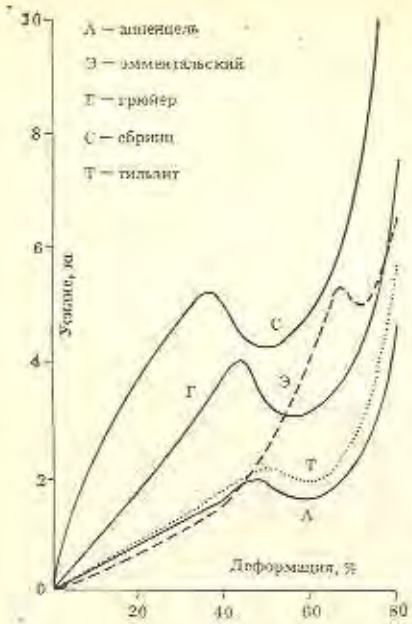


Рис. 14.2. Диаграмма усилие — деформация, полученная при сжатии цилиндрических образцов сыра [44]

сенсорной оценки. Эти тесты можно разделить на четыре следующие основные категории:

испытания на сжатие [10—13];
испытания на выдавливание [14];
испытания на срез [15];
испытания на глубину проникания [16—20].

Параметры, определяемые с помощью перечисленных выше испытаний, в зависимости от каждого конкретного случая носят названия твердости, упругости, эластичности, хрупкости, прочности и т. д.

Если в большинстве случаев анализ деформации оказывается затруднительным, преимущество результатов, получаемых с помощью эмпирических методов, заключается в том, что они позволяют устанавливать корреляцию с характеристиками, устанавливаемыми путем сенсорного анализа.

В некоторых случаях этот подход позволяет также исследовать влияние технологических параметров на органолептические свойства продукта.

Однако консистенция продукта в том виде, в котором она воспринимается при его осязании или разжевывании, представляет собой сочетание нескольких параметров структуры, улавливаемых человеческим мозгом в определенный момент времени. Это означает, что эти методы сами по себе являются недостаточными для проведения полной структурной оценки какого-то продукта. Часто приходится прибегать к более громоздкому измерительному оборудованию, позволяющему одновременно получать не одно, а несколько значений, касающихся структуры, для одного и того же образца.

1.1.2.3. Анализ общих структурных характеристик (профиля структуры) с помощью аппаратуры

Целый ряд приборов и аппаратов для научных исследований, разработанных в течение последних лет, с недавних пор начал использоваться для определения структурного профиля сыров, то есть для описания (на основе результатов одного теста, проведенного на одном образце) целой группы параметров структуры, легко коррелирующихся с характеристиками, полученными путем сенсорного анализа.

Среди существующих в настоящее время систем (General Foods Texturometer, Instron Testing Machine, Ottawa Texture Measuring System) особое внимание следует обратить на систему Instron, с помощью которой было проведено большинство известных работ по исследованию структурных свойств сыров.

Главный принцип этой системы заключается в том, что она представляет собой установку для проведения экспериментов, способную прилагать определенное усилие (скорость приложения которого, амплитуда и направление могут изменяться) с помощью зонда (в качестве которого можно использовать сжимающую пластинку, конус, режущую нить и т. д.) к образцу продукта точно определенных размеров в досконально известных условиях (температура, относительная влажность).

Рис. 14.3. Характеристическая диаграмма усилие — деформация, полученная при проведении теста на два отрыва, выполненного на поверхности сыров типа камамбера

Так, для перечисленных ниже сыров были проведены следующие исследования:

а) измерения при обычном сжатии цилиндрических образцов [13, 21—23];

б) измерения при двойном проникающем воздействии пуансона (тест двойного откусывания) [24, 25];

в) измерения при двойном сжатии цилиндрических образцов сыра [26].

На рисунке 14.2 [22] представлены характеристические диаграммы усилие — деформация, полученные при обычном сжатии образцов. На них наблюдается присутствие зоны упругой деформации — почти прямолинейный участок кривой — от 0 до 40% деформации; снижение усилия соответствует зоне изломов или пластической текучести, за которой вновь следует зона быстрого нарастания усилия.

На рисунке 14.3 представлена характерная форма кривых, получаемых при двойном проникающем воздействии цилиндрического пуансона плоского сечения в верхние слои сыра камамбер (тест на два откусывания). Испытания этого типа позволяют измерять четыре параметра структуры (твердость, упругость, силу сцепления, сопротивление отрыву) и производить расчет двух других: gumminess (клейкость) и chewiness (пережевываемость) — с помощью следующих формул: Клейкость = Твердость · Сила сцепления и Пережевываемость = Клейкость · Упругость [27]. Подобный метод был использован для проведения классификации одиннадцати сортов американского сыра по тем же самым параметрам [24]. Результаты, полученные по четырем основным параметрам, представлены на рисунке 14.4.

1.1.3. Параметры, влияющие на структурные свойства различных сыров

Те же авторы, проводя анализ многофакторной линейной регрессии, установили также влияние различных переменных, относящихся к составу; так, по-видимому, размеры вклада в создание структуры независимыми переменными изменяются в нижеприведенной последовательности: содержание белков > содержание соли > содержание воды > содержание жира.

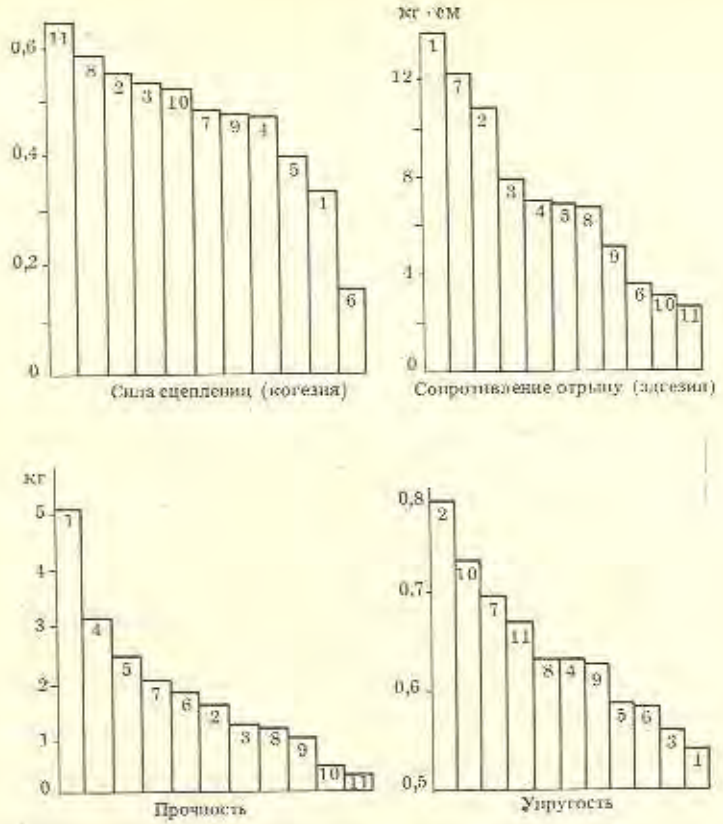


Рис. 14.4. Параметры структуры различных сортов сыра, выпускаемых в США [24]:

1 — пармезан; *2* — моцарелла; *3* — проволоне; *4* — эдам; *5* — гауда; *6* — чеддер; *7* — грюйер; *8* — мюнстер; *9* — колби; *10* — брик; *11* — плавленый сыр

Результаты, полученные другими авторами, позволяют уточнить роль, которую играет каждый из этих параметров.

Так, Де Жонг (De Jong) [14], занимаясь изучением свойств сыра мешанжер (meshanger), установил, что его прочность, измерявшаяся с помощью пенетрометра, изменяется в процессе созревания: она достигает своего максимального уровня приблизительно на восьмые сутки созревания, а затем постепенно снижается вследствие развития процесса протеолиза. Акгун (Akgun) [20] доказал существование эволюции примерно такого же типа с помощью пенетрометрических измерений, проведенных на поверхности сыра камамбер. Пик твердости (достигаемый камамбером приблизительно на четвертые сутки) объясняется, по всей видимости, действием двух антагонистических механизмов: поверхностного обезвоживания и протеолиза.

Дойчинов и Арди (Doltchinov, Hardy) [25] отводят в своей работе большее место исследованию влияния посолки на структурные свойства сыра камамбер, используя для этого систему Instron Testing Machine. Первые из полученных результатов говорят о важной роли содержания соли и воды на прочность сырного теста. И напротив, его упругость не претерпевает сколько-нибудь значительных изменений. Попутно было установлено наличие структурной анизотропии: твердость боковой поверхности (аксиальная) в 1,5—

2 раза выше, чем радиальная твердость. Авторы полагают, что эти результаты связаны со слоистой структурой камамбера, изготовляемого по традиционной технологии; кроме этого, создается впечатление, что эта гипотеза подтверждается изменениями, происходящими с коэффициентом диффузии соли в зависимости от направления ее миграции (См. главу «Связанная вода и посолка сыра»).

Этот пример достаточен для доказательства того, что структурные измерения могут использоваться как для количественного определения некоторых аспектов органолептических свойств, так и для регулирования ряда технологических параметров.

Кроме этого, следует обратить особое внимание на заметное влияние, оказываемое на реологические и структурные свойства сыра температурным режимом созревания; этот фактор стал предметом специальных исследований плавленых сыров [28], но присутствует он во всех методах измерения. Поэтому при сравнении результатов различных исследований необходимо точно указывать температуры, при которых эти исследования проводились.

1.2. Внешний вид и цвет сыра

Эти характеристики, определение которых производится главным образом «на глаз», можно, по-видимому, объединить в одну группу под общим названием «внешний вид сыра», совершенно очевидно, он играет важную роль в привлечении потребителя. Итак, внешний вид и цвет, это прежде всего так называемые сенсорные свойства продукта. Они приобретают характер физических свойств только при условии, если будет найден прибор, способный дать их цифровое выражение.

Внешний вид сыра представляет собой общее определение, подразумевающее определенные геометрические характеристики (форма, размеры), физическое измерение которых, как правило, не создает никаких проблем, и макроструктурные характеристики (наличие глазков, трещин, мицеллярного покрова и т. д.), количественное определение которых может осуществляться с помощью геометрических, цифровых и гравиметрических методов, с помощью измерения пористости, определения объемной массы и т. д.

Большее развитие (вследствие повышения точности научно-исследовательской аппаратуры и особой важности этой характеристики для привлекательности пищевых продуктов) должны получить методы физического измерения цвета.

1.2.1. Принцип поверхностной колориметрии

Поверхностная колориметрия представляет собой метод исследования, при котором цвет предмета может описываться с помощью цифровых значений, заменяющих весьма сложные словесные определения, используемые обычно в этой области.

Цвет предмета независимо от того, исследуется ли он невооруженным глазом или с помощью прибора, представляет собой сочетание трех следующих параметров: источника света, самого предмета, наблюдателя.

Это означает, что измерение цвета с помощью научно-исследовательской аппаратуры предполагает максимально точное определение всех перечисленных выше факторов. С другой стороны, получаемые значения должны соответствовать определенным стандартам, касающимся цвета, с тем чтобы обеспечивать возможность установления корреляции между результатами сенсорного исследования и исследования, проведенного с помощью измерительной аппаратуры.

1.2.1.1. Источник света

Международной комиссией по светотехнике* (МКС) были разработаны стандарты освещенности, определяемые спектром освещения. Эти стандарт-

* La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE).

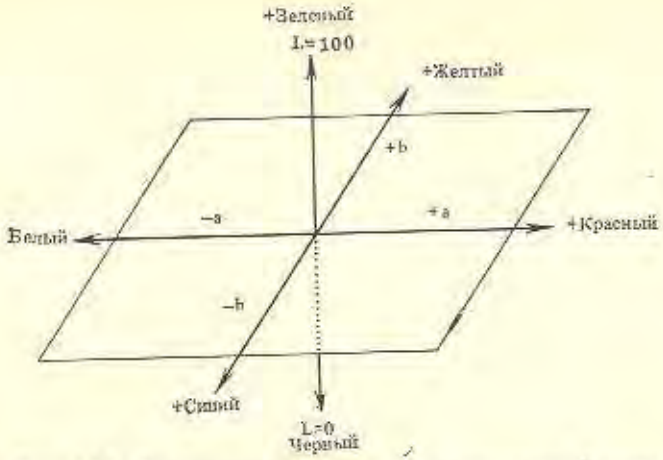


Рис. 14.5. Расположение цветов в пространстве Хантера

ные источники света, носящие обозначения A, B и C, имитируют свет ламп накаливания, естественное освещение в середине дня или дневной свет.

Объект исследования. Для обеспечения воспроизводимости результатов, как правило, необходимо, чтобы поверхность исследуемого предмета была максимально плоской и чтобы освещаемая поверхность всегда имела одинаковые размеры. Точное определение должен иметь также угол падения света. Для предупреждения возможных эффектов поверхностной анизотропии часто используют способ кругового освещения.

Наблюдатель. Используя результаты обследования группы людей, нормально различающих цвета, МКС разработал нормы для так называемого стандартного наблюдателя, различающего три основных цвета спектра (красный, зеленый, синий). Выполненный согласно этой норме механический наблюдатель состоит из фотодетекторов, рассматривающих исследуемый объект через фильтры, спектр передачи которых соответствует спектру стандартного наблюдателя.

Система измерения цветов. Данные, собираемые фотодетекторами, должны преобразовываться в систему колориметрических единиц. Эти системы (или колориметрические шкалы) позволяют помещать в трехмерное (хроматическое) пространство цвет, определяемый с помощью трех параметров.

Этот подход позволил создать целый ряд систем [треугольник Максвелла, система XYZ, пространство Мюнселла (Munsell) и т. д.]. Великолепная демонстрация этого содержится в работах Фрэнсиса и Клайдсдейла (Fransis, Clydesdale) [4]. Авторы считают возможным ограничиться представлением системы *L*, *a*, *b* Хантера (Hunter) [29], преимущество которой заключается в простоте использования.

В шкале Хантера (рис. 14.5) определение цвета основано на его яркости (или светимости) *L*, цветовой составляющей *a* (зеленый — красный) и цветовой составляющей *b* (синий — желтый). Таким образом, цвет предмета может быть представлен в виде точки в прямоугольном пространстве (называемом «тело Хантера»).

1.2.2. Цвет сыра

Наличие должным образом эталонированного колориметра позволяет производить измерения цвета пищевых продуктов и, что самое главное, обеспечивает возможность для сравнительных исследований различных образцов.

Это позволяет с высокой степенью точности определять необходимые до-

14.1. Удельная теплопроводность (*K*), плотность (ρ), удельная теплоемкость (*Cp*) и точка плавления (T_F) различных видов сыра [5, 35—37]

Продукт	Состав	T_F, °C	*K* (20 °C), $Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$	ρ, $кг \cdot м^{-3}$	Ср, $Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$
Чеддер	Вода — 37	−13,0	0,31	1090	2100
Пор-салю	Вода — 47,5 Жир — 24,5		0,32	1060	
Рокфор		−15,0			
Романо	Вода — 31,3 Жир — 27,3		0,30	1210	
Брик	Вода — 43,5 Жир — 29,9	−9,0	0,30	1090	
Creem chesse (сливочный жир)	Вода — 55,4 Жир — 32,0		0,38	1010	
Моццарелла	Вода — 45,5 Жир — 17,0		0,37	1140	
Сорт не указан	Вода — 50,0 Жир — 0	−2,2			2800

зы красителей, сравнивать между собой различные типы красителей, давать количественное определение цветов упаковочных материалов, давать характеристику цвета яиц, устанавливать корреляцию с их оценкой, выполненной сенсорным путем, проводить сортировку фруктов и т. д.

Что касается цвета сыров, то авторы настоящей книги располагают незначительным объемом сведений относительно работ, опубликованных по этому вопросу. Тем не менее можно упомянуть публикацию Лангеруда и Солберга (Langsrud, Solberg) [30] и Боссэ с сотрудниками (Bossel et al.) [31, 32], проведших ряд измерений цвета молочных продуктов (гомогенизированного молока, молока, подвергнутого тепловой обработке, различных сыров), а также работы Арди и других [33], которые занимаются разработкой нового способа контроля свертывания молока, основанного на наблюдении за изменениями параметра *L*.

Дело в том, что уровень чувствительности существующих приборов столь высок, что позволяет вести наблюдения за многими реакциями, протекающими в непрозрачных средах и приводящими к изменению цвета.

1.3. Теплофизические характеристики сыра

В таблице 14.1 представлены значения удельной теплоемкости (*Cp*), удельной теплопроводности (*K*), плотности (ρ), точки плавления (T_F) некоторых сыров, представляющих интерес при проведении расчетов, связанных с охлаждением или нагреванием.

Для продуктов, не представленных в таблице 14.1, может быть использован ряд эмпирических отношений, позволяющих получать приближенные значения:

а) коэффициента температуропроводности $\frac{K}{\rho Cp}$ в зависимости от содержания воды в продукте и коэффициента температуропроводности воды [34]:

$$\frac{K}{\rho Cp} = 0{,}0885 \cdot 10^{-6} + \left[\left(\frac{K}{\rho Cp}\right)_{H_2O} - 0{,}0885 \cdot 10^{-6}\right] x_{H_2O};$$

б) удельной теплоемкости Cp в зависимости от состава (x_{H_2O} — массовая доля воды, x_F массовая доля жира и x_S — массовая доля обезжиренных сухих веществ [35]):

$$Cp = 1{,}0x_{H_2O} + 0{,}5x_F + 0{,}3x_S.$$

2. Формирование аромата сыра

Ж. Адда*

2.1. Введение

Формирование аромата сыра происходит в процессе его созревания вследствие действия целого ряда механизмов главным образом ферментативного характера, преобразующих различные составные части сырного сгустка (в частности, белков и жиров) и обеспечивающих появление многочисленных ароматических и (или) вкусообразующих молекул, доля которых и в определенной степени природа изменяются в зависимости от используемой технологии [38, 39].

Несмотря на тот факт, что познания в этой области продолжают оставаться обрывочными, сегодня стало возможным составить представление о природе молекул, характеризующих аромат целого ряда типов сыра [40], не всегда, однако, есть возможность точно определять действительный вклад каждой молекулы или класса молекул в формирование того аромата сыра, который ощущает потребитель. Отчасти это объясняется тем, что во многих случаях независимо от рассматриваемого вида сыра в нем присутствует большинство продуктов превращения составных частей сырной массы; это наводит на мысль, что они способствуют формированию лишь основной, фоновой ноты, на которую накладываются ноты, характерные для каждого конкретного сыра, в то время как для сыров, не отличающихся такими характерными нотами, приходится прибегать к так называемой теории равновесия, согласно которой какой-то конкретный аромат сыра зависит от относительного содержания многочисленных составных частей, которые, взятые в отдельности, ничем не напоминают исследуемый аромат.

Примерами сыров, в которых доминирующие ноты аромата обязаны своим происхождением ограниченному числу четко определенных молекул, могут служить мягкие сыры с плесневой и мытой коркой, а также голубые сыры, и, напротив, схематически выражаясь, можно сказать, что чеддер и прессуемые сыры с высокой температурой второго созревания отличаются гораздо более сложными ароматами, доминирующие ноты которых с большим трудом поддаются определению. И наконец, нельзя забывать о том, что для огромного количества сыров отсутствуют какие-либо публикации, что полностью исключает возможность дискуссии (к этой группе относятся, в частности, козьи сыры).

Автор считает необходимым заметить, что основной акцент всех опубликованных к настоящему времени работ касался летучей фракции, принимающей участие в формировании аромата, и имеется лишь незначительное количество сведений о нелетучей фракции, водорастворимая часть которой, если верить последним работам, определяет силу ощущаемого аромата.

Летучая фракция, принимающая участие в формировании аромата сыра, наиболее изучена; было установлено, что в ее состав входит огромное количество молекул, принадлежащих к самым разным классам химических соединений (кислоты, первичные и вторичные спирты, карбоксильные соединения, гетероциклические азотистые эфиры, амины, серосодержащие продукты, углеводороды и т. д.). Относительные содержания этих молекул могут быть самыми разными, но, несмотря на то, что некоторые из них присутствуют лишь в виде следов, их роль может оказываться значительней, чем у более многочисленных молекул; это объясняется их высоким ароматическим потенциалом (порогом восприятия). Именно так обстоит дело с серосодержащими продуктами или некоторыми пиразинами, которые в этом плане можно противопоставить свободным жирным кислотам, которые, несмотря на свое присутствие в сырах в весьма значительных количествах, по-видимому, за исключением некоторых особых случаев, не играют сколько-нибудь заметной роли в формировании их аромата.

В приведенных далее примерах обращается особое внимание на роль летучих молекул в формировании каждого из рассматриваемых ароматов различных видов сыра.

2.2. Чеддер

Без сомнения, чеддер — это наиболее хорошо изученный из существующих видов сыра. Несмотря на это, он относится к тем из них, аромат которых с наибольшим трудом поддается объяснению. Именно в отношении чеддера было выдвинуто больше всего теорий, кстати, зачастую противоречивых, касавшихся формирования аромата этого сыра. Некоторые из экспериментальных работ, послуживших для разработки этих теорий, достаточно интересны и заслуживают, чтобы о них было сказано несколько слов. Прежде всего следует вспомнить те эксперименты, цель которых заключалась в точном установлении роли жира в формировании аромата. Наиболее убедителен среди них тот, в рамках которого была установлена возможность получения аромата, в достаточной степени приближающегося к аромату сыра, изготовленного по традиционной технологии, в случае замены молочного жира в процессе производства сыра растительным или даже минеральным маслом, в то время как в отсутствие жира аромат исчезает полностью [41]. Из этого можно заключить, что жир, по крайней мере в чеддере, сам по себе не является генератором основной части аромата, но играет определяющую роль в качестве его носителя.

Другие эксперименты [42] позволили установить, что характер молочного жира, получаемого, например, с помощью центрифугирования, с ароматической точки зрения действительно соответствует сыру чеддер, но что этот характерный признак может быть устранен с помощью вакуумной обработки этого жира. Напротив, несмотря на то, что обезжиренный остаток обладает сильно выраженным вкусом, он не несет характерных черт, присущих чеддеру. Сравнительные исследования сыров различной степени зрелости (разного возраста) и испытания по перекрестному восстановлению, проведенные на фракциях, выделенных из этих сыров, позволили установить, что сила аромата, ощущаемая при дегустации зрелых сыров, была в большей степени связана с водорастворимой, а не с жировой фракцией этих сыров.

Это означает, что роль этой обезжиренной водорастворимой фракции, содержащей, в частности, минеральные вещества, аминокислоты и пептиды, заключается в чем-то большем, нежели просто в том, чтобы служить предшественником аромата, то есть просто выполнять ту задачу, которую ей отводили до недавнего времени. Тем не менее, учитывая тот факт, что в рассматриваемом эксперименте понятие «качество» было отброшено в пользу понятия «сила аромата», не следует доходить до крайности и полностью отрицать интерес, который представляет летучая фракция. Кстати, существует вероятность того, что водорастворимая фракция, выделенная из зрелого сыра, может оказаться важной в плане получаемого ощущения лишь потому, что она облегчает выделение в полости рта дегустатора тех ароматических композиций, которые с большей силой адсорбируются слабогидролизованными белками молодого сыра. Несмотря на всю соблазнительность этой гипотезы, ее принятие требует проведения дополнительных исследовательских работ.

Летучей фракции чеддера посвящено много трудов. Их компиляция позволяет констатировать, что все авторы сходятся на том выводе, что ни одно из идентифицированных соединений не обладает ароматом, напоминающим аромат чеддера, но что их мнения разделяются в отношении оценки роли

* J. Adda.

14.2. Присутствие метилкетонов в жировом веществе голубого сыра (в мг/10 г жира) [48]

Образец	Минимальный возраст образца, мес	$(C_{13}+C_{15})$	C_{11}	C_9	C_7	C_5	C_3
A	2	1,1	1,7	7,6	30,3	20,0	5,1
B	3	0,8	0,7	2,5	3,4	0,9	Следы
C	4	1,3	1,7	8,5	12,4	7,2	Следы

14.3. Концентрация метилкетонов в сыре рокфор (в мг/10 г жира) [49]

Образец	$(C_{13}+C_{15})$	C_{11}	C_9	C_7	C_5	C_3
1	0,5	0,7	7,4	15,6	11,0	2,4
2	0,4	1,7	12,4	9,2	1,2	0
3	0,3	0,3	2,6	4,2	0	0

установленных ими соединений или классов соединений. По мнению одних, главная роль принадлежит свободным жирным кислотам [43], другие же считают, что этот класс соединений не имеет никакого значения. В некоторых работах подчеркивается важная роль таких малолетучих соединений, как γ- и β-лактоны [44], в других же, напротив, говорится о первостепенном значении соединений с очень низкой молекулярной массой и, в частности, о важной роли метантиола (метилмеркаптана) [45] (CH_3SH), присутствующего, по всей видимости, только в сырах с характерным ароматом, к которым, видимо, относятся сыры, имеющие достаточно низкий окислительно-восстановительный потенциал (от —150 до —200 мВ), необходимый для того, чтобы образование метантиола происходило только в результате действия какого-то неферментативного механизма, требующего изначального присутствия восстановителя. В этих условиях сероводород образуется, вероятно, из цистина/цистеина, а затем воздействует на метионин, в результате чего образуется метантиол. Это недавнее напоминание важности окислительно-восстановительного потенциала для формирования уравновешенного аромата придает дополнительный вес старой теории, согласно которой исходный уровень окисления серы в белках (сульфгидрильные группы) является определяющим для последующего появления аромата в процессе созревания [46].

2.3. Голубые сыры

Общим признаком различных видов голубых сыров является присутствие доминирующей ноты, обязанной своим происхождением высокому содержанию в них свободных жирных кислот, метилкетонов и вторичных спиртов; однако между различными образцами сыров имеются существенные различия [10], проявляющиеся иногда даже в пределах одной головки сыра; это относится, в частности, к содержанию метилкетонов, которые, и об этом не следует забывать во всех случаях, являются ключевым компонентом для формирования аромата, что создает затруднения в установлении каких-то показательных значений. Самое большое, что можно заметить (табл. 14.2 и 14.3), это факт наиболее значительного присутствия метилкетонов с 7 и 9 атомами углерода; это положение остается неизменным независимо от типа рассматриваемого сыра (изготовленного из коровьего или овечьего молока) [47, 48]. Вышесказанное позволяет заключить, что механизм β-окисления, приводящий к появлению метилкетонов из свободных жирных кислот, обладает определенной специфичностью (ввиду выборочного окисления октановой и декановой кислот) [50].

Многие авторы занимались изучением влияния, которое оказывают на образование метилкетонов различные технологические факторы. Прежде всего выясняется, что благоприятные условия для этого производства создаются в случае использования липолизина жира, но что избыток свободных жирных кислот может оказывать тормозящее воздействие на развитие *Penicillium* и, таким образом, может ограничивать производство метилкетонов. Одним из факторов, способных влиять на уровень липолиза и соответственно на производство метилкетонов, является поваренная соль (слишком высокая концентрация соли сдерживает липолиз) [51].

Определенная часть произведенных метилкетонов перерабатывается *Penicillium* во вторичные спирты, которые присутствуют всегда в меньших количествах, чем кетоны, но в одинаковых пропорциях.

Несмотря на свою важность, все эти вещества, являющиеся продуктами расщепления жира, не могут обеспечить исчерпывающего объяснения процесса формирования аромата голубых сыров. Проведенные испытания по восстановлению аромата с помощью веществ, выделенных из сыров, показали, что главная роль в обеспечении хорошо уравновешенного аромата принадлежит эфирам (бутаноат этила, гексанат и октаноат метила) и фенилэтиловому спирту.

2.4. Камамбер

Познания, имеющиеся в настоящее время в распоряжении специалистов об аромате сыра камамбер [52, 53], позволяют говорить об особой роли ряда конкретных соединений среди общей их совокупности, которую удалось установить в этом продукте. Ниже приведены летучие соединения, выделенные из сыра камамбер.

Первичные спирты	C2, 3, 4, 6, 2-метилпропанол, 2-метилбутанол, 1-октен-3-ол, 2-фенилэтиловый спирт
Вторичные спирты	C4, 5, 6, 7, 9, 11
Метилкетоны	C4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, C9, C11
Альдегиды	C6, 7, 9, 2 и 3-метилбутанол
Эфиры	Этиловые (C2, C4, C6, C8, C10), фенилэтилацетат бутирата
Фенолы	Фенол, *p*-крезол
Лактоны	C9, C10, C12
Серосодержащие соединения	H_2S, сульфид метила, дисульфид метила, метантиол, 2,4-дитиопентан, 3,4-дитиогексан, 2,4,5-тритиогексан, 3-метилтио-2,4-дитиопентан, 3-метилтиопропанол
Анизолы	Анизол, 4-метиланизол, 2,4-диметиланизол
Амины	Фенилэтиламин, C2, 3, 4, диэтиламин, изобутиламин, 3-метилбутиламин
Разное	Диметоксибензол, изобутилацетамид

Наиболее характерным среди летучих соединений, несомненно, является октен-1-3-ол, лежащий в основе «шампиньонной ноты, легко различимой в аромате камамбера*, но способный привести при чрезмерно высоком содержании к выраженному пороку запаха.

Эта нота усиливается той, которую одновременно привносят метилкетоны (особенно метилкетоны с нечетным углеродным числом, среди которых всегда в наибольшем количестве присутствуют 2-нонаноны) и соответствующие вторичные спирты, образующиеся при восстановлении метилкетонов. Будучи так-

* См. часть VII, главу 24.

же весьма характерными для мягких сыров с плесневой коркой, фенилэтиловый спирт и его уксусный и масляпокислый эфиры вносят цветочную ноту, обнаруживаемую иногда в ходе дегустации. Что касается серосодержащих продуктов, то они лежат в основе появления сложной ноты, интенсивность проявления которой зависит от типа и степени созревания. В хорошо созревшем сыре, несущем все характерные для его типа особенности, содержится ряд продуктов, которые, по-видимому, подобно 2,4-дитиопентану, 2,4,5-тритиогексанид или 3-метилтио-2,4-дитиопентану являются результатом конденсации метантиола или его кетализации с формальдегидом, тогда как в образцах с менее выраженными характерными признаками этого типа сыра будут обнаружены лишь самые распространенные компоненты типа сульфида метила, дисульфида метила и 3-метилтиопропанола, который, присутствуя во многих других типах сыра, относится, видимо, к фоновой ноте аромата, не привнося ничего оригинального.

2.5. Сыры с мытой коркой

Сырам с мытой коркой посвящено довольно большое количество работ. В самых ранних из них установлена важная роль сероводорода и метантиола в сырах типа лимбургского и трапистского [54]. Ряд последующих работ, посвященных сырам типа мамариола (mariolla), ливаро, поплевека, эпуаса (époisses) и вашерена (vacherin) [49—56], подтверждает полученные ранее результаты и говорит об общей роли, которую играют все соединения, являющиеся результатом расщепления белков (фенолы, крезолы, ацетофенон и в некоторых случаях индол), а также различные серосодержащие продукты: дисульфид метила и *s*-метилтиоэфиры, являющиеся результатом этерификации метантиола (образующегося, это говорится в качестве напоминания, при ферментативном расщеплении метионина коринебактериями) различными свободными жирными кислотами с короткими углеродными цепочками.

Важная роль процесса протеолитического расщепления подтверждается присутствием разветвленных летучих жирных кислот, образующихся в результате распада аминокислот (например, лейцина или изолейцина), а также высоким содержанием фенилэтилового спирта и 3-метил-1-бутанола.

2.6. Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания

Одна из характерных особенностей этих сыров заключается в их определенном сладковатом привкусе, происхождение которого поочередно пытались объяснить повышенным содержанием пропионатов [57], присутствием свободного пролина [58] до тех пор, пока не было с полной очевидностью установлено, что этот привкус является результатом взаимодействия между ионами кальция и магния и свободными аминокислотами и пептидами.

Другую часть палитры ароматов сыров этой группы следует отнести на счет свободных жирных кислот, содержание которых может сильно изменяться в зависимости от исследуемых образцов. Наибольшее место среди этих кислот всегда занимает пропионовая кислота (до 60 мг/г сыра типа швейцарского). Тем не менее создается впечатление, что основное внимание следует уделять не содержанию в сыре свободных жирных кислот, а их распределению, изменяющемуся под влиянием содержания в водной фазе растворимых белков и пептидов, то есть отчасти под влиянием протеолиза.

Среди нейтральных летучих компонентов, оказывающих воздействие на формирование аромата, следует назвать диацетил, роль которого особо подчеркивалась для швейцарского сыра (где его содержание, вероятно, составляет около 1 мг/кг) [60], и серосодержащие продукты, природа и количество которых изменяются в зависимости от типа исследуемого сыра, то есть в зависимости от технологии изготовления. Например, сульфид метила, являющийся результатом активности пропионовокислых бактерий, в больших количествах содержится в сырах типа швейцарского (около 0,1 мг/кг), чем в сырах типа грюйера, в то время как метантиол присутствует только в сырах со слизью на корке. Установлено, что он в значительных количествах содержится в корке и подкорковом слое и что его содержание снижается в направлении к внутренней части сыра [61].

Существование поверхностной микрофлоры с высокой ферментативной активностью объясняет присутствие в сырах других соединений, образующихся в результате протеолиза, типа фенола, крезола и ацетофенона; наличие этой микрофлоры упоминалось также при попытке объяснения присутствия огромного количества пиразинов в наружной части сыра грюйер, изготовленного в Швейцарии [62]; этот факт подтверждает результаты, полученные ранее при исследованиях сыров типа грюйера, де контэ и бофора [61, 63]. Тем не менее обнаружение пиразинов в швейцарском сыре [64] не позволяет считать, что единственным признаком образования этих соединений служит слизь на корке.

Следует также подчеркнуть присутствие большого количества эфиров (метиловых и этиловых) в сырах типа швейцарского, а также эфиров высших спиртов в сырах, подвергнутых продолжительному созреванию (контэ, бофор).

И, наконец, следует отметить, что в сырах типа бофора и грюйера де контэ, изготовленных из молока, полученного на высокогорных пастбищах, было установлено присутствие сесквитерпенов, не позволяющее, впрочем, установить какую-то связь между наличием этих соединений и качеством этих сыров [61, 63].

2.7. Фета́

Фета́ представляет собой такой тип сыра, особый характер которого прежде всего объясняется повышенным содержанием соли. Целый ряд летучих веществ способствует появлению определенной ароматической ноты, изменяющейся в зависимости от вида используемого молока (овечьего, коровьего или смеси) и типа используемой технологии. Типичный сыр фета́, изготовленный из овечьего молока, отличается повышенным содержанием этанола, пропанола, 2-бутанола и 2-бутанона. Из кислот в наибольшем количестве присутствует уксусная кислота, но если во время подготовки молока в него вносятся липазы, сыр отличается повышенным содержанием кислот с короткими углеродными цепочками (C_4—C_8), которые частично этерифицируются этанолом.

2.8. Пороки аромата сыра

Причины появления пороков аромата в сыре могут иметь самое разное происхождение.

Реже встречаются и проще поддаются объяснению пороки, появляющиеся вследствие внешнего загрязнения. В одних случаях загрязняющий агент несет прямую ответственность за появление порока, в других порок появляется в результате реакции присоединения между загрязняющим агентом и каким-то другим соединением, присутствие которого в сыре совершенно естественно. Механизм такого типа предлагался для объяснения появления в сыре гауда порока, получившего название «запах кошачьей мочи» [66]. В основе его появления лежало загрязнение окисью мезитила, летучим соединением, входившим в состав краски, использовавшейся для внутренних работ; затем в результате реакции присоединения между окисью мезитила и сероводородом, присутствующим в сыре, образовывался 2-меркапто-2-метилпентан-4-он, ставший причиной появления порока.

Возможны и такие случаи, когда появление пороков связано с превращением какого-то соединения, которое само по себе запаха не имеет. Это относится к одному из пороков в сыре фета́ [67], когда причина порока «запах керосина» заключалась в разложении сорбиновой кислоты (использовавшейся в качестве консерванта) в транс-1,3-пентадиен.

Однако гораздо чаще встречаются пороки аромата, связанные с деятельностью микроорганизмов. Это могут быть микроорганизмы, присутствие ко-

14.4. Пороки сыров

Описание порока	Тип сыра, в котором был обнаружен порок	Соединение, лежащее в основе появления порока (избыток* или присутствие**)	Происхождение
Запах целлулоида	Камамбер	Стирол*	Некоторые штаммы *P. caseicolum*
Запах керосина	Фета	Транс-1-3-пентадиен**	Распад сорбиновой кислоты, используемой в качестве консерванта
Запах шампиньонов	Камамбер	Октен-1-ол-3*	Некоторые штаммы *P. caseicolum*
Горечь	Все типы сыров	Горькие пептиды	Штаммы, содержащие недостаточное количество пептидаз
Фруктовый привкус	Чеддер	Этиловые эфиры*	*Str. lactis*
Солодовый привкус	»	3-Метилбутанол	*Str. lactis* и *Str. diacetylactis*
Картофельный привкус	Сыры с мытой коркой	2-Метокси-3-изопропилпиразин**	*Pseudomonas graveolens*
Фекальный, фенольный запахи	Контэ	2-Метокси-2-пропилпиридин**	Неизвестно
	Ватерен	Крезол*	Загрязнение сычужного препарата некоторыми микроорганизмами
	Контэ	»	
	Гауда	»	
Запах кошачьей мочи	»	2-Меркапто-2-метилпентан-4-он**	Загрязнение окисью мезитила из внешнего источника
Прогорклый вкус	Разные виды сыра	Свободные жирные кислоты*	Липазы
Маслянокислый привкус	Сыры с высокой температурой второго нагревания	Масляная кислота*	*Cl. butyricum*
Металлический привкус	Козьи сыры		Окисление жира (при использовании замороженного сырного теста)

торых в сырах совершенно естественно и которые в определенных условиях могут производить повышенное количество какого-то метаболита, как правило, в следовых количествах. Примером порока такого типа является случай, когда некоторые штаммы *Penicillium caseicolum* в определенных условиях (стабилизированные сыры, продолжительное созревание) начинают вырабатывать значительные количества стирола, придающего сырам привкус, напоминающий привкус целлулоида [68].

Наблюдаемые пороки могут также являться результатом деятельности загрязняющих микроорганизмов, которые в целом ряде случаев уже перестают быть жизнеспособными в момент их обнаружения, затрудняя объяснение появления указанных пороков. Примером, иллюстрирующим подобную ситуацию, является случай, когда некоторые виды *Pseudomonas* производят 2-метокси-(группа)-3-изопропилпиразин, который, присутствуя в виде следов, придает сырам с мытой коркой сильно выраженный привкус картофеля [69].

В рамках затронутой темы можно также говорить о целой группе пороков (прогорклость, горечь, анормальное созревание), наблюдающихся в мягких сырах, изготовленных из молока, сильно загрязненного психрофильными микроорганизмами [70], в котором содержится большое количество свободных жирных кислот и ненасыщенных кетонов с длинными цепочками (2-ундеценон и 2-тридеценон), обычно отсутствующих в сырах, изготовленных из молока с низким уровнем бактериального загрязнения. В результате все происходит так, как если бы некоторые основные механизмы созревания были заторможены; это выражается, в частности, в отсутствии летучих серосодержащих соединений.

Наконец, заканчивая эту главу, авторы считают необходимым упомянуть пороки, являющиеся результатом склонности к окислению жира. Несмотря на то что эти пороки встречаются довольно редко, их все-таки приходится иногда наблюдать при использовании сырной массы, подвергнутой замораживанию, или в сырах, направляемых на реализацию в такой упаковке, которая не обеспечивает их защиты от некоторых видов светового излучения.

Совершенно очевидно, что, помимо случаев, перечисленных в таблице 14.4, может быть приведено бесконечное множество других примеров, когда сыроделам не удается добиться нормального уравновешенного аромата, что, впрочем, не всегда позволяет говорить о пороке аромата, ни, тем более, не всегда позволяет понять природу и причину нарушения этого равновесия.

2.9. Заключение

Если в настоящее время уже стало возможным охарактеризовать целый ряд ароматов различных типов сыра и говорить об определенных изменениях содержания летучих веществ в рамках одного типа, пока еще трудно установить точную связь между составом и качеством продукта: это объясняется отсутствием умения объединять в единое целое (с использованием необходимых весовых коэффициентов) данные о влиянии на структурные изменения сыра, оказываемом летучей и нелетучей фракциями, с результатами сенсорного анализа.

Будущие достижения в области изучения аромата сыра обусловлены не только теми возможными исследовательскими работами, которые позволят идентифицировать и, что самое главное, дадут количественное определение компонентов, участвующих в этом явлении, сколько оптимизацией использования сенсорного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mohsenin N. N., 1970. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publ.
2. Kramer A. et Szczesniak A. S., 1973. Texture measurements of foods. D. Reidel Publ. Co.
3. Karel M., Fennema O. et Lund D., 1975. Principles of food science. Dekler Ed., New-York.

4. Francis F. J. et Clydesdale F. M., 1975. Food colorimetry. AVI publ. Co.
5. Rha C., 1975. Theory, determination and control of physical properties of food materials. D. Reidel Publ.
6. De Man J. M., Voisey P. W., Kasper V. F. et Stanley D. W., 1976. Rheology and texture in food quality. AVI Publ. Co.
7. Sherman P., 1979. Food texture and rheology. Academic Press.
8. Davis J. G., 1937. J. Dairy Res., 8, 242.
9. Raeuber H. H. et Nikolaus H., 1980. J. Texture St., 11, 187.
10. Baron M., 1947. Dairy Ind., 12, 548.
11. Cox C. P. et Baron M., 1955. J. Dairy Res., 22, 386.
12. Scott-Blair G. W., 1963. Dairy Engineering, 80, 244.
13. Culioli J. et Sherman P., 1976. J. Texture St., 7, 353.
14. De Jong L., 1976. Neth. Milk Dairy J., 30, 242.
15. Caffyn J. C., 1945. Dairy Ind., 10, 257.
16. Rebinder P. A. et Semenenko N. A., 1940. Doklady Akad. Nauk. (URSS), 64, 835.
17. Schneider J. et Dänek J., 1963. Dairy Sci. Abst., 25, 60.
18. Tanaka M. et De Man J. M., 1971. J. Texture St., 2, 306.
19. Khachatryan G. G., Dilanyan Z. K., Tabachnikov V. P. et Tetereva L. I., 1974. 19ème Cong. Intern. Lait., F, 793.
20. Akgun S., 1978. Thèse Doctorat de 3ème Cycle, INPL, Nancy.
21. Rosenau J. R., Calzada J. F. et Peleg M., 1978. J. Food Sci., 43, 948.
22. Eberhard P. et Fluckiger E., 1981. Schweiz. Milchzeitung., 107, 23.
23. Green M. L., Turvey A. et Hobbs D. G., 1981. J. Dairy Res., 48, 343.
24. Chen A. H., Larkin J. W., Clark C. J. et Irwin W. E., 1979. J. Dairy Sci., 62, 901.
25. Doitchinov B. et Hardy J., 1982. Travaux non publiés.
26. Bourne M. C., Kenny J. F. et Barnard J., 1978. J. Texture St., 9, 481.
27. Bourne M. C., 1976. In "De MAN et al.", 244 (cf. 6).
28. Taneya S., Izutsu T. et Sone T., 1979. In "Sherman P.", 369 (cf. 7).
29. Hunter R. S., 1958. J. Opt. Soc. Am., 48, 985.
30. Langsrud T. et Solberg P., 1976. Meieriposten, 65, 873, 905, 949.
31. Bosset J. O., Ruegg M. et Blanc B., 1977. Schweiz Milchztg., 6, 1.
32. Bosset J. O. et Blanc B., 1978. 20ème Cong. Intern. Lait., F, 433.
33. Hardy J., Fanni J. et Weber F., 1981. Sciences des Aliments, 1, 351.
34. Riedel L., 1969. Kältetechnik, 21, 315.
35. Lewin D. N., 1962. Food Engineering, 3, 89.
36. Sweat V. E. et Parmelee C. E., 1978. J. Food Proc. Engineering, 2, 187.
37. Keppeler R. A., 1979. J. Dairy Sci., 62, 1340.
38. Law B. A., 1981. Dairy Sci. Abstr., 43 (3), 143.
39. Behnke U., 1980. Nahrung., 24 (1), 71.
40. Badings H. T. et Neeter R., 1980. Neth. Milk Dairy J., 34, 9.
41. Foda E. A., Hammond E. G., Reinbold G. W. et Hotchkiss D. K., 1974. J. Dairy Sci., 57 (10), 1137.
42. Mc Gugan W. A., Emmons D. B. et Larmond E., 1979. J. Dairy Sci., 62 (3), 398.
43. Orhen J. A. et Tuckey S. L., 1968. J. Dairy Sci., 52 (5), 598.
44. Wong N. P., Ellis R., La Groix D. E. et Alford J. A., 1973. J. Dairy Sci., 56, 636.
45. Manning D. J., 1979. J. Dairy Res., 46, 531.
46. Kristoffersen T., 1973. J. Agric. Food Chem., 21 (4), 573.
47. Svensen A. et Ottestad E., 1969. Meierip., 58 (3), 50.
48. Schwartz D. P. et Boyd E. N., 1963. J. Dairy Sci., 46 (12), 1422.
49. Schwartz D. P. et Parks O. W., 1963. J. Dairy Sci., 46 (12), 989.
50. Anderson D. F. et Day E. A., 1966. J. Agric. Food Chem., 14 (3), 241.
51. Godinho M. et Fox P. F., 1981. Milchwissenschaft, 36 (8), 476.
52. Moinas M., Groux M. et Horman I., 1975. Le Lait, 55, 414.
53. Dumont J. P., Roger S. et Adda J., 1976. Le Lait, 56, 595.
54. Grill H. Jr. et Patton S., 1966. J. Dairy Sci., 49, 409.
55. Dumont J. P., Roger S. et Adda J., 1974. Le Lait, 54, 31.
56. Dumont J. P., Degas C. et Adda J., 1976. Le Lait, 56, 177.

57. Babel F. S., Hammer B. W., 1939. Food Res., 4, 81.
58. Virtanen A. I. et Kreula M., 1948. Meijeritiet. Aikak., 10, 13.
59. Biede S. L. et Hammond E. G., 1979. J. Dairy Sci., 62, 227.
60. Langsrud T. et Reinbold G. W., 1973. J. Milk Food Technol., 36 (12), 593.
61. Dumont J. P. et Adda J., 1978. J. Agric. Food Chem., 26 (2), 364.
62. Liardon R., Bosset J. O. et Blanc B., 1982. Lebensm. Wiss. u. Technol., 15, 143.
63. Dumont J. P., Adda J. et Rousseaux P., 1981. Lebensm. Wiss. u. Technol., 14, 198.
64. Sloot D. et Hofmann H. J., 1975. J. Agric. Food Chem., 23 (2), 358.
65. Horwood J. F., et Stark W., 1981. Austr. J. Dairy Technol., 36 (1).
66. Badings H. T., 1967. J. Dairy Sci., 50 (9), 1347.
67. Horwood J. F., Lloyd G. T., Ramshaw E. H. et Stark W., 1981. Austr. J. Dairy Technol., 36, 1, 38.
68. Adda J. Résultat non publié.
69. Dumont J. P., Mourgues R. et Adda J., 1982. A paraître dans Sensory Quality in Food and Beverages.
70. Dumont J. P., Delespaul G., Miguot B. et Adda J., 1977. Le Lait, 57, 619.

Часть IV

ФАСОВКА, УПАКОВКА И ХРАНЕНИЕ СЫРА

Глава 15

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

А. Эк*

Совершенно ясно, что фасовка сыра с целью реализации должна обеспечивать его защиту от воздействия внешних факторов в течение периода с момента фасовки и до потребления в пищу.

Сразу же следует сказать, что цель этой операции заключается в управлении процессами обмена с окружающей средой (теплового, газового). Эта концепция имеет огромное значение в том смысле, что к фасованному сыру, то есть в данном случае к разрезанному и упакованному в виде порций без присутствия покупателя, относятся с гораздо большим предубеждением, чем к целому сыру.

Действительно, корка сыра представляет собой своеобразную защитную оболочку во всех смыслах этого слова. Боковые поверхности ломтя или сектора лишены этой защиты, и поэтому характеристики полимерных пленок, используемых для фасовки, должны удовлетворять многочисленным требованиям, прежде всего в отношении механической прочности, а также пористости или газопроницаемости. Это приобретает тем большее значение за счет существующего мнения, что фасованный сыр должен иметь возможность храниться, если не бесконечно, то, по крайней мере, очень долго.

В любом случае в фасованном или упакованном сыре продолжают происходить различные биохимические процессы. Это создает необходимость в подборе упаковочных материалов с учетом заранее определенной коммерческой политики: реализация через магазины самообслуживания, через специализированные магазины, быстрая реализация, продолжительное хранение.

По имеющимся данным, более трех четвертых сыра, реализуемого во Франции, продается через магазины самообслуживания [1]. Это означает, что упаковка должна нести на себе все сведения, которые изготовитель хочет сообщить покупателю за несколько секунд и даже без расшифровки. Расширение в супермаркетах или других больших магазинах отделов, занимающихся продажей сыра вразвес, не вносит принципиальных изменений в это положение.

Разумеется, упаковка должна быть удобной для потребителя, торговой сети и упаковщика. Поэтому речь может идти о технологической упаковке, упаковке для распределения и об упаковке для реализации. Поскольку авторы ограничены определенным объемом книги, в главе, посвященной этой теме, речь пойдет только об упаковочных материалах, используемых при реализации продукта, то есть о тех из них, которые попадают в руки потребителя. Для мягких сыров, продающихся поштучно, это включает также наружную упаковку (что относится и к порционной упаковке плавленых сыров).

* A. Eck.

В отношении сыров, реализуемых поштучно, во Франции существует два понятия фасованного сыра. Одно из них является классическим для сыродела и подразумевает сыр, разрезанный и упакованный без присутствия покупателя (этому понятию отвечают ломти или секторы таких сыров, как сен-нолэн, эмментальский или мимолет (mimolette). Это определение использует также Международная молочная федерация. Другое понятие связано с общим принципом выполнения упаковок без присутствия покупателя (без разрезки). Таким образом, все мягкие сыры, реализуемые поштучно, также являются фасованными (например, камамбер, понлёвек). Эта концепция используется также в рамках ЕЭС.

Эта неясность с трудом поддается устранению, тем более что камамбер, продаваемый индивидуальными порциями, фасуется в этом случае дважды, а головка сыра бри может подвергаться порционированию только после созревания, а значит, фасуется в обоих значениях этого слова, в то время как сектор, вырезанный до созревания из головки сыра того же формата, что и бри, не может в соответствии с существующими правилами носить название «бри» и фасуется только в общем смысле этого слова. Правила этикетирования каждого из этих двух фасованных продуктов различны [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. I.N.S.E.E., 1984. Consommation et lieux d'achat des produits alimentaires, 404, série M. 108, août.
2. Cogitore A., 1982. Traité pratique de réglementation laitière, 3ème éd., Sapin d'Or, Epinal.

Документация для справки: Международная молочная федерация, 1982. Техническое руководство по упаковке молока и молочных продуктов. 2-е изд. Брюссель, с. 122.*

Глава 16

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФАСОВКИ И УПАКОВКИ СЫРА

Ж. Стель**

Прежде чем приступить к исследованию самих материалов, автор полагает уместным рассмотреть возможные процессы взаимодействия между упаковкой и содержащимся в ней пищевым продуктом.

1. Взаимодействие между упаковкой и ее содержимым; влияние на сыр

1.1. Свет и кислород

В каждом случае помещения сыра в прозрачную упаковку следует, естественно, принимать во внимание воздействие света. Некоторые специалисты считают, например, что жирные кислоты могут входить в резонанс с некоторыми областями спектра света и, следовательно, может происходить их выделение. Это относится, например, к насыщенным жирным кислотам и ультрафиолетовой области спектра (длина волны 295 нм) [1].

* La Federation Internationale de Laiterie, 1982. Guide technique de l'emballage du lait et des produits laitiers, 2ème édition, Bruxelle, 122 p.
** G. Stehle.

Свет способен также вызывать прогоркание жиров даже при температурах, устанавливающихся в холодильных витринах. В этом случае у свежих сыров, например, потребляемых без созревания, наблюдается ухудшение вкуса (появление картонного или металлического привкуса) [2].

Процесс окисления протекает тем быстрее, чем больше кислорода содержится в сыре (как, например, в свежих сырах, потребляемых без созревания, изготовленных с использованием технологии центрифугирования) или соприкасается с ним (имеется в виду размер объема воздуха, заключенного между поверхностью сыра и упаковкой).

Определенную роль играет, разумеется, кислородопроницаемость упаковочного материала. В таблице 16.1 сообщаются физические свойства некоторых сортов упаковочной бумаги, полимерных пленок и многослойных упаковочных материалов. Потребляемые без созревания сыры с низким содержанием жира подвергаются меньшей опасности, чем те, в которых оно составляет 40% и более. Ароматические травы, часто используемые в качестве пищевых добавок при производстве сыров, потребляемых без созревания, повышают их подверженность окислению благодаря поглощению энергии хлорофиллом.

Следует помнить и о том, что окисление может происходить даже в отсутствие света. В этом случае речь, как правило, идет о каталитических реакциях с участием ионов металлов, поступающих из материала упаковки, особенно из бумаги, способствующих окислению жиров.

1.2. Физико-химические реакции

Таких реакций много, они протекают в обоих направлениях. При использовании бумаги ионы металлов, в частности, меди, катализируют окисление, в то время как хлорид магния придает сыру привкус горечи.

Появление посторонного привкуса может быть также связано с некоторыми наполнителями, особенно теми, которые используются для придания водонепроницаемости бумаге.

Упаковочные материалы на алюминиевой основе подвергаются лакированию. При этом неизбежно незначительное остаточное содержание в них растворителей. При закрытии пустой упаковки в ней всегда ощущается запах термосваривающегося лака.

Тем не менее имеющийся опыт показывает, что этот посторонний запах исчезает после заполнения упаковки продуктом и его невозможно обнаружить даже на поверхности сыра [3]. Кстати, это явление не представляет никакой опасности для потребителя.

Сыр вступает в реакцию со всеми упаковочными материалами, даже со стеклом, керамикой или металлом. Это объясняется присутствием в них многочисленных технологических добавок, используемых в ходе их производства (катализаторы, эмульгаторы, стабилизаторы, противостарители, абсорбенты ультрафиолетового спектра света, вещества, повышающие скольжение, антистатические добавки, противоспениватели, красители, пигменты).

При использовании полимерных упаковочных материалов наиболее распространенное взаимодействие, происходящее между упаковкой и сыром, зависит от целого ряда факторов:

вид продукта;
продолжительность контакта;
температура во время хранения;
размер поверхности контакта;
физическое состояние продукта (жидкий/твердый);
механическое состояние продукта (с перемещением/в состоянии покоя);
сродство составных частей пищевого продукта и составных частей упаковки.

Общепризнано, что молочный жир восприимчив к некоторым компонентам полимерных упаковочных материалов (стабилизаторов, веществ, повышающих скольжение, и особенно пластификаторов). Жировые шарики как бы мобилизуют те составные части упаковки, которые могут переходить в пищевой продукт.

16.1. Физические свойства различных сортов бумаги и полимерных пленок

Упаковочные материалы	Толщина, мм	Плотность	Проницаемость, г/м²·24 ч: пара	кислорода при температуре, °С: 20	30	20	30	по отношению к углекислому газу	Светопроницаемость при длине световой волны (нм): 350	400	700	толщина, мм
Растительный пергамент, 60 г/м²			ОВ*	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ	17	23	56	—
Пергамент, 40 г/м²			550	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ				
Бумага с наполнителем, 40 г/м², и слоем парафина, 16 г/м²			110	30—40		160—200			7	25	53	—
Крафт-бумага с покрытием из ВХВД, 60 г/м², 30 г/м²			2,5—5	=1		=2						—
Целлофан, индекс Р	0,04		3000	500—1000		4800						—
Целлофан, индекс MS (лакирование нитратом целлюлозы)	0,04	1,45	15—20	40		240						
Целлофан, индекс XS (лакирование полиэтиленхлоридом)	0,04	1,47	6—8	8—9		50			85	90	90	
Полиэтилен низкой плотности	0,04	0,92	2	3400	4760	16 500		37 950	78	80	82	0,06
Полиэтилен высокой плотности	0,04	0,95	1	1500	2150	6500		14 700	11	14	25	0,05
Полипропилен	0,04	0,90	1,4	1500	3200	4900						
Полипропилен ориентированный	0,04	0,91	0,6	610	1250	2100			87	92	92	0,05

Продолжение

Упаковочные материалы	Толщина, мм	Плотность	Проницаемость, г/м²/24 ч							Светопроницаемость при длине световой волны (нм)			
			пара	кислорода при температуре, °С			по отношению к углекислому газу			350	400	700	толщина, мм
				20	30	20	30						
Поливинилхлорид жесткий	0,04	1,38 1,45	6	70		170			57	70	88	0,06
Поливинилиденхлорид	0,04		3	5	15	20	60	62	70	85	0,020
Полиэтилентерефталат (лавсан)	0,04	1,39	6	34	55	182	240	83	66	88	0,025
Полиамид-6	0,04	1,1	140	75	155	195		69	73	80	0,04
Полиамид-11	0,04	1,11	30—40	230	500	1250					
Гидрохлорид каучука	0,04		2	150		600		83	90	93	0,02
Полистирол	0,04		33	2900	3625	20 500	26 000	78	80	80	0,1
Многослойные упаковочные материалы											
Полиамид/полиэтилен, 40/60	0,1		0,9	20	60						
Полиамид/поливинилиденхлорид/полиэтилен, 60/75	0,14		0,5	8	26						
Полиэтилентерефталат/полиэтилен, 12/50	0,065		1,8	100	60						
Полиэтилентерефталат/поливинилиденхлорид/полиэтилен, 15/50	0,07		0,9	15	80						
Полипропилен/полипропилен, 20/30	0,05		1,8	9	20						

* ОВ — очень высокая.

Разрушающее действие на полимерные материалы оказывают летучие масла, содержащиеся во фруктовых эссенциях, в частности, в эссенциях, приготовленных из цитрусовых. В состав этих масел входят углеводороды, спирты, кетоны и эфиры. В качестве примера можно привести факт миграции в полимерную упаковку терпинсола и лимонена (экстрактивные вещества плодов цитрусовых культур). Это приводит к вспучиванию кристаллической решетки стандартного полистирола [4]. В упаковке начинается процесс коррозии под натяжением (stress cracking), приводящий к разрыву кристаллической решетки и нарушению целостности упаковки.

Подобное явление коррозии под натяжением может также наблюдаться после соприкосновения стаканчика из стандартного полистирола со свободным жировым веществом, выделяемым жировыми шариками молока после разрушения их оболочек (например, после гомогенизации).

Значительное снижение сил поверхностного натяжения приводит к появлению внутренних напряжений в упаковочном материале при термоформировании. Следствием этого является трещинообразование в стенках тары, скорость которого прямо пропорциональна усилию прилагаемого к ней механического давления (например, при перемещениях, транспортировке, ударных воздействиях и т. д.).

1.3. Токсикологические проблемы использования полимерных упаковочных материалов

Эти проблемы касаются не только разного рода наполнителей, используемых в полимерных упаковочных материалах, но также и мономеров, входящих в их состав.

Во Франции специальные требования установлены только в отношении упаковочных материалов на основе винилхлорида и актилонитрила, поскольку, в принципе, предел общей миграции составных частей упаковочных материалов в пищевые продукты установлен на уровне 60 мг/кг упакованного продукта (или 10 мг/дм² незаполняющихся листовых или клеточных упаковок).

В Бельгии существует норма максимального содержания мономера стирола (в полистироле), которая составляет 0,1%. Был проведен целый ряд исследований, касавшихся влияния моностирола на вкусовые качества пищевых продуктов. Видимо, такому влиянию в большей степени подвержены обезжиренные продукты.

В любом случае следует помнить о важной роли температуры пластификации в процессе изготовления тары, поскольку чрезмерно высокие температуры могут приводить к деполимеризации используемых полимерных материалов.

1.4. Фунгицидная обработка

Факт удлинения путей реализации, как правило, выдвигает перед промышленностью требование, заключающееся в том, чтобы все выпускаемые ею продукты и, в частности, сыры, потребляемые без созревания, а также порционированные и фасованные сыры защищались от порчи, вызываемой плесневыми микроорганизмами, порчи, способной вызывать появление пороков как внешнего вида, так и вкуса.

Поэтому в ряде случаев возникает потребность в использовании так называемой фунгицидной обработки в целях подавления поверхностных плесневых микроорганизмов.

Однако те материалы, которые действительно являются эффективными для борьбы с плесенью, например пентахлорофенолы или иные материалы, используемые, в частности, для упаковки мыла, запрещены к использованию для упаковки пищевых продуктов.

Особое значение для упаковки сыра среди огромного количества фунгицидных химических сочетаний имеют органические кислоты.

Степень их эффективности зависит от их химического состава, интервала значений показателя pH, в котором их используют, и в конечном итоге от уровня их ионной диссоциации. При низких или средних концентрациях они могут быть эффективны лишь в недиссоциированном состоянии. Лишь в этих условиях они могут проникать (благодаря своей растворимости в липидах) в полупроницаемые оболочки микробных клеток.

Ввиду того что диссоциация некоторых из этих органических кислот с повышением pH возрастает, эти кислоты по мере созревания сыра отчасти теряют эффективность.

К различным фунгицидным препаратам, используемым для упаковки сыра, относятся, например, соли пропионовой или бензойной кислоты. Дело в том, что использование этих фунгицидов разрешено не во всех странах общего рынка; это относится также к салициловой кислоте и эфирам, например к эфиру *п*-оксибензойной кислоты.

Одним из редких фунгицидных препаратов, который может быть рекомендован для упаковки пищевых продуктов, является сорбиновая кислота и ее соли; это объясняется тем, что химическая структура сорбиновой кислоты близка к структуре каприновой кислоты, присутствующей в молочном жире. Сорбиновая кислота может расщепляться в человеческом организме. Учитывая требования технологии, как правило, предпочитают использовать ее соли, сорбат калия или сорбат кальция. Эти сорбаты вносятся в состав расплава, наносимого на основу методом полива [5, 6].

Эффективна доза 3—4 г сорбата кальция на 1 м² упаковочного материала. Необходимость миграции фунгицидного препарата на поверхность сыра предполагает тесный контакт между упаковкой и пищевым продуктом. Любые складки или пузыри на упаковке препятствуют действию фунгицидного препарата в этой точке. Наконец, в ряде случаев ставится вопрос об использовании так называемых естественных фунгицидов, например натамицина.

2. Упаковка сыров, потребляемых без созревания

Практически здесь можно встретить все виды упаковочных материалов, используемых в молочной промышленности, за исключением тех из них, которые применяют для жидких продуктов. Их перечень приведен ниже.

Материалы и компоненты, используемые для упаковки сыра

1. *Пленка на основе целлюлозы и ее производных:*

CA — ацетат целлюлозы;
ZG — целлофан(различных марок);
P — обычный, нелакированный (английское обозначение plain);
M — лакированный (нитроцеллюлозный лак), влагостойкий (английское обозначение moisture proof);
MS — лакированный (нитроцеллюлозный лак) с двусторонним покрытием;
LMS — имеющий более высокую паропроницаемость, чем MS;
DM — лакированный с односторонним покрытием;
S — (термо-) склеивающийся;
T — бесцветный;
XS — лакированный поливинилиденхлоридом, с односторонним покрытием, термосклеивающийся;
XX — лакированный поливинилиденхлоридом, с двусторонним покрытием, термосклеивающийся;
CN — нитрат целлюлозы.

2. *Полиолефины:*

PE — полиэтилен;
LDPE — полиэтилен низкой плотности;
LLDPE — полиэтилен низкой плотности с линейной структурой;

HDPE — полиэтилен высокой плотности;
HMPE — высокомолекулярный полиэтилен;
HDPEAC — полиэтилен высокой плотности с привитой акриловой кислотой;
EAA — сополимер этилена с акриловой кислотой;
PP — полипропилен;
OPP — полипропилен, ориентированный в одном или двух направлениях;
IONOMER — модифицированный полиэтилен (например, сирлин).

3. *Полиэфир и полиамиды:*

PETP — полиэтилентерефталат (лавсан);
PA — полиамид (различные марки);
PA-6 — поликапролактам;
PA-6,6 — полигексаметиленадипинамид;
PA-6,10 — полигексаметиленсебацинамид;
PA-11 — полиундеканамид (нейлон).

4. *Сополимеры винила:*

PVC — поливинилхлорид;
PVCC — поливинилхлорид с повышенным содержанием хлора;
EVA — ацетат этиленвинила;
EVAC — хлорацетат этиленвинила;
PVAC — полихлорвинилацетат;
EVAL — спирт винилэтиленовый;
PVAL — спирт поливинилацетатный;
PVDC — поливинилиденхлорид (различные марки); дисперсии изготавливаются для внешних покрытий (диофан, иксан), лаков, пленок (сарап).

5. *Сополимеры стирола:*

PS — полистирол;
SB — сополимер стирола с бутадиеном;
SBR — сополимер стирола с бутадиеном и каучуками;
ABC — привитой сополимер стирола с акрилонитрилом в присутствии бутадиенового каучука;
SAN — сополимер акрилонитрила со стиролом;
EPS — вспененный полистирол (например, стиропор).

6. *Другие материалы:*

PC — поликарбонат;
PUR — полиуретан;
EP — эпоксидная смола.

Выбор материалов зависит от консистенции продукта и его способности к хранению (это относится, например, к случаю, когда в некоторых странах сыры проходят тепловую обработку).

2.1. Бумага

Долгое время наиболее распространенным материалом для упаковки сыра, потребляемого без созревания, оставался растительный пергамент, использовавшийся как для обандероливания сливочных сырков, так и в качестве оберточного материала.

При массе 40—60 г/м² растительный пергамент отличается низкой разрывной прочностью, особенно в смоченном состоянии.

Так называемыми водостойкими сортами бумаги являются те, в которые были внесены добавки карбалгида или формалина (искусственный растительный пергамент) или же сложные стеараты хрома (quilton); к ним относятся также высококаландрированные сорта бумаги, например пергамин.

Для обандероливания в некоторых случаях (например, при упаковке сыров, потребляемых без созревания, с быстрым сроком реализации) используют также бумагу с покрытием из парафина или ВХВД (см. раздел «Упаковки мягких сыров»).

Что касается такого материала, как картон, масса одного квадратного метра которого составляет от 120 до 400 г (с одно- или двусторонним парафиновым покрытием), то, несмотря на его более высокую механическую прочность, чем у бумаги, он практически исчез с рынка.

2.2. Полимерные материалы

Целлофан с покрытием из нитроцеллюлозного лака или ВХВД используется для упаковки свежих сыров, потребляемых без созревания, с низким содержанием воды. Упаковка трубчатой формы изготавливается методом экструзии. Нарезанные порции цилиндрической формы упаковываются путем сгибания пленки по краям и в нижней части с последующим закрытием упаковки с помощью этикетирования или термосварки.

Из полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) иногда изготавливают пакеты для упаковки сыров, потребляемых без созревания, когда речь идет о больших объемах реализации (гостиницы, столовые, отдельные группы людей и т. д.).

В розничной продаже для упаковки сыров, фасуемых в присутствии покупателя, используют пленки из полиэтилена высокой плотности (ПЭВП). В случае, если речь идет о сыре, потребляемом без созревания, формование которого производится с помощью сырного ковша, используются конические стаканчики с прорезями для удаления сыворотки. Эта тара изготавливается методом термоформирования с помощью экструзии под давлением, помещается в наружную упаковку, выполненную из многослойного материала полиамид/полиэтилен, 40/60, также полученного методом термоформирования, и закрывается сверху тем же материалом.

Следует, однако, отметить, что для изготовления первой термоформированной тары, выпускавшейся в виде готовых к заполнению стаканчиков, использовался поливинилхлорид; позже он использовался также на машинах типа FFS (формование — наполнение — запечатывание).

Некоторые из выпускаемых готовых к заполнению стаканчиков имеют вогнутое дно, отделенное от содержимого прокладкой из ПВХ с радиальными прорезями, что позволяет собирать сыворотку при формовании с помощью сырного ковша.

Широкому использованию этого метода способствуют его нейтральность по отношению к пищевому продукту и парогазонепроницаемость, а также высокая жиростойкость. Пигментация ПВХ двуокисью титана (TiO_2) обеспечивает достаточную защиту продукта от воздействия света. Характеристики этого материала могут быть повышены при его использовании в сочетании с другими полимерами, например: поливинилхлорид/полиэтилен; поливинилхлорид/поливинилиденхлорид/полиэтилен; поливинилхлорид/спирт винилэтиленовый/полиэтилен; полистирол/поливинилхлорид.

Чаще всего (90% случаев во Франции) для изготовления термоформованной тары для упаковки сыров, потребляемых без созревания, используется полистирол.

Стандартный полистирол, плотность которого составляет 1,05 (это означает, что он легче ПВХ, плотность которого равна 1,38), представляет собой совершенно бесцветный блестящий материал. Он инертен по отношению к упаковываемому продукту, но отличается невысокой жиростойкостью (становится ломким и не выдерживает ударных механических воздействий).

В целях повышения его механических характеристик используют сополимеры с изобутиловыми группами (марка «ударостойкий») или другие сополимеры. Очень часто используют также окрашивание полистирола окисью титана и другими пигментами, особенно при производстве соэкструдатов [7].

Применяют сыроделы также многослойные материалы. Например, стандартный полистирол/ударостойкий полистирол; стандартный полистирол/поливинилхлорид; стандартный полистирол/поливинилиденхлорид/ударостойкий полистирол; окрашенный полистирол/белый, непрозрачный полистирол.

Совершенствование технологии полимеризации позволило начать производство полистирола, отличающегося более высокой стойкостью к жировым веществам, содержащимся в сыре, потребляемом без созревания.

Несмотря на то что полипропилен уже давно известен как материал, применяемый в составе комплексов, его использование в рамках технологии термоформирования началось недавно. Он обладает великолепными характеристиками для упаковки сыра, потребляемого без созревания, отличается высокой жиростойкостью, выдерживает температуры до 130 °С.

До настоящего времени (1986 г.) он применяется главным образом для изготовления тары методом литья под давлением. Промышленность освоила его в рамках технологии формование — наполнение — запечатывание (FFS) пока лишь для изготовления различных видов мелкой тары.

2.3. Алюминий

Алюминий выпускается в виде фольги толщиной от 7 до 20 мкм. Во всех случаях этот материал должен быть защищен от коррозии с помощью лака, характеризующегося отсутствием пор (лаки на основе нитроцеллюлозы, поливинилхлорида, поливинилацетата, полиэфира, эпоксидно-фенольный лак и т. д.).

При непосредственном контакте с металлом сыворотка вызывает образование лактата алюминия и разрушает стенку тары, приводя в некоторых случаях к появлению сквозных отверстий.

Самые толстые сорта алюминиевой фольги иногда используются для изготовления тары прямоугольного сечения с гладкими стенками или цилиндрического сечения со складывающимися краями.

После наполнения тару закрывают крышкой из того же материала. Края тары загибаются над крышкой и соединяются с ней с помощью термосварки. Этот вид упаковки, известный в большинстве случаев как упаковка для плавленого сыра, можно использовать лишь для сыров с высоким содержанием сухого вещества, например для сыров, подвергнутых тепловой обработке после выделения сыворотки, но без плавления.

Для изготовления тары прямоугольной формы также используют комбинированные материалы на основе тонкой алюминиевой фольги в сочетании с бумагой или полимерной пленкой. Часто использовавшиеся прежде в качестве упаковочного материала комплексы типа алюминий/бумага теперь практически исчезли. Они уступили место комплексам типа алюминий/целлофан, алюминий/полиэтилен, полиэфир/алюминий/полиэтилен, подобным, например, представленному ниже комбинированному материалу, легко складывающемуся и абсолютно герметичному:

верхний защитный слой лака;
печать;
нижний защитный слой лака;
тонкая алюминиевая фольга (0,012 мм);
воск или промежуточный слой лака;
тонкая бумага (25 г/м²);
воск или промежуточный слой лака;
тонкая алюминиевая фольга (0,012 мм);
слой защитного термосваривающего лака.

2.4. Крышки

Все виды тары, готовые к употреблению или изготавливаемые непосредственно в технологической линии методом термоформирования (технология форм — фил — сил), после заполнения продуктом должны закрываться крышками.

Следует различать два типа крышек:

а) надевающиеся и закатывающиеся;
б) закрываемые с помощью термосварки.

Использование надевающихся и закатывающихся крышек предполагает высокую гибкость краев тары в сочетании с достаточной разрывной прочностью, обеспечивающей многократное раскрытие и закрытие тары.

Эти крышки изготавливаются методом термоформирования или же методом литья под давлением. Бо́льшую часть таких крышек изготавливают из бесцветной (если под ней имеется алюминиевая крышка, несущая красочную печать) или пигментированной поливинилхлоридной пленки.

Специально предусмотренные выступы зацепляются за края тары. В некоторых случаях, например при закрытии стеклянных или керамических банок, используют надевающиеся крышки, изготавливаемые из полиэтилена методом литья под давлением.

Для большинства крышек, крепление которых осуществляется методом термосварки, приходится использовать лак, играющий роль адгезива между крышкой и упаковкой (и одновременно обеспечивающий защиту от коррозии).

Для обеспечения нормального закрытия лак должен обладать достаточными адгезионными свойствами по отношению к материалу упаковки.

Требования же к простоте открытия, напротив, устанавливают, что адгезия должна быть ограниченной по отношению к таре, но весьма высокой по отношению к крышке (чтобы предупредить отрыв лаковой пленки в момент раскрытия упаковки).

Это приводит к необходимости подбирать составные части лака (поливинилхлорид, полихлорвинилацетат, винилэтиленацетат, полипропилен, акрилаты и т. д.) с учетом материала самой тары. Существуют лаки, соединяющиеся при термосварке только с ПВХ или с ПВХ и полистиролом, или только с полипропиленом.

В настоящее время (1986 г.) наряду с уплотнительными пастами на основе высокоплавких смесей (hotmelts), использование которых ограничено вследствие их низкой жиростойкости, уже существуют универсальные термосваривающиеся лаки. Однако автор считает необходимым отметить различную степень сцепления такого рода лаков с разными полимерными материалами.

Как правило, основой для нанесения лака служит полоса из отожженного алюминия толщиной 0,030—0,040 мм (чаще 0,040).

На протяжении вот уже нескольких лет (с 1975 г.) выпускаются крышки или ленточный материал для их изготовления, состоящий из одной полимерной пленки:

верхний слой защитного лака;
печать;
нижний слой защитного лака;
поливинилхлоридная пленка (толщина от 0,075 до 0,120 мм);
слой адгезивного материала;
слой термосваривающегося лака (8—12 г/м²).

3. Упаковка мягких сыров

Начиная с пятидесятых годов количество материалов, используемых или могущих быть использованными для упаковки мягких сыров, значительно расширилось. Эти материалы подразделяются на пять следующих групп: материалы растительного происхождения в естественном состоянии; бумага; полимерные материалы; металлы; комбинированные материалы.

3.1. Материалы растительного происхождения

Для изготовления тары, находящейся в прямом контакте с сыром, до настоящего времени в некоторых случаях еще используют материалы растительного происхождения. Обычно это листья различных видов деревьев (например, каштана) или высушенная трава, которые привносят свою собственную микрофлору (и аромат), оказывающую определенное влияние на созревание сыра. Однако в наши дни это рассматривается как определенный элемент рекламы.

Прежде для сохранения цилиндрической формы сыров с мытой коркой, приготовленных из сырого молока, например ливаро (livarot) после окончательного созревания, использовали своего рода камышовый «корсет» (*Typha latifolia*); это применяется и сейчас, но лишь для марочных сыров (см. главу 27).

В некоторых случаях при поставке на экспорт встречаются сыры, изготовленные из пастеризованного молока, снабженные бумажными бандеролями зеленого или желтого цвета, но это играет лишь символическую роль.

Каждый вид естественных материалов имеет свои характерные размеры, что противоречит требованиям механизации производства. Ручная упаковка стала предметом роскоши, представляющим интерес лишь для узкого круга специалистов.

3.2. Бумага

Для упаковки мягких сыров в натуральном виде можно использовать лишь некоторые типы бумаги: растительный пергамент, иногда подвергающийся пропитке для достижения большей гибкости; искусственный растительный пергамент или пергамин; последний используется в сочетании с алюминием (например, для упаковки индивидуальных порций камамбера).

Многие вещества, используемые для пропитки бумаги, например глицерин, сахар (сорбит и т. д.), служат источником углерода для плесневых микроорганизмов и способствуют разрушению бумаги, находящейся в контакте с поверхностной микрофлорой сыра.

Паропроницаемость различных сортов бумаги может изменяться в пределах от 550 до 700 г/м²/сут (от пергамина до искусственного растительного пергамента, 40 г/м²). Для упаковки сыров с мытой коркой рекомендуется использовать растительный пергамент; это объясняется его высокой прочностью в смоченном состоянии и, следовательно, тем, что он обеспечивает увлажнение, необходимое для поверхностной микрофлоры сыра (рост коринебактерий, например, *Brevibacterium linens*, происходит в условиях высокой активности воды).

В некоторых случаях сыры этого типа [понлёвек, мюнстер, ролло (rollot), лангр и т. д. ...] упаковывают только в растительный пергамент, а иногда в комбинированный материал, состоящий из этой бумаги, соединенной (с помощью полос клея) с целлофановой пленкой. В ФРГ и Швейцарии для упаковки аналогичных сортов сыра используется комбинированный материал, состоящий из растительного пергамента, к которому методом точечного приклеивания крепятся алюминиевая фольга или комплекс алюминиевая фольга/тонкая бумага.

Высокая паропроницаемость бумаги и возможность ее микробиологической мацерации создают необходимость в нанесении защитного покрытия на ее поверхность, находящуюся в контакте с сыром.

Бумага более низкого качества, чем растительный пергамент и ему подобные, хорошо подходит для нанесения защитного покрытия. Главным образом используются различные сорта отбеленной крафт-бумаги (у крафт-бумаги, 60 г/м², без покрытия паропроницаемость составляет 3400 г/м²/сут).

В большинстве случаев в качестве материалов покрытия используют парафин и микрокристаллические воски, а также бутановые и этиленовые полимеры. Они наносятся в состоянии расплава с помощью погружения или ламинирования.

Нагретый до высокой температуры и наносимый тонким слоем парафин может проникнуть в бумагу. Волокна целлюлозы могут пронизывать слой покрытия и действовать подобно сверлам, приводя к абсорбции влаги и появлению пористости.

Поэтому при использовании для упаковки только одной бумаги (20—25 г/м²) предпочтительно наносить защитный слой парафина в количестве 10—15 г/м² на клеевые композиции этой бумаги с целлофановой пленкой или алюминиевой фольгой.

В зависимости от состава парафиновой смеси, температуры ее нанесения и (особенно) скорости охлаждения образующаяся кристаллическая решетка приобретает более или менее упорядоченную форму. Орторомбические кристаллы перекрывают друг друга, словно черепица, делая покрытие достаточно герметичным. Слишком медленное охлаждение приводит к образованию гексагональных кристаллов, через которые быстрее проникает водяной пар.

При хранении тары с парафиновым покрытием при температуре выше 25 °С может произойти преобразование ее кристаллической структуры. Поэтому часто упаковка становится более проницаемой, чем в момент ее изготовления. Как правило, использование защитного парафинового покрытия позволяет снижать паропроницаемость бумаги до уровня приблизительно 10 г/м²/сут.

Блестящий и гладкий внешний вид покрытия нежелателен, поскольку это создает эффект отражающей поверхности для мицелия. Действительно, зачастую приходится наблюдать пожелтение мицелия, сопровождающееся появлением мелких капель воды, ведущих к увлажнению поверхности и способствующих автолизу этого мицелия.

3.3. Полимерные материалы

Целлофан не является настоящим полимерным материалом, поскольку это продукт переработки целлюлозы в прозрачную пленку.

Целлофан марки Р (от английского «plain») означает «материал с высоким уровнем паропроницаемости». Его макромолекулы абсорбируют влагу, раздвигаются и таким образом увеличивают межмолекулярные промежутки. Это влечет за собой постепенное повышение паропроницаемости. Если хранить мягкий сыр в упаковке из целлофана Р в сыроподвале с высокой относительной влажностью в надежде на предотвращение его усушки, то результат будет прямо противоположным ожидаемому. Это объясняет нанесение на целлофановую пленку защитного слоя, состоящего из нитроцеллюлозного лака, поливинилиденхлорида типа сарана или же с помощью создания клеевой композиции с парафинированной бумагой (или с нанесением защитного покрытия). Это позволяет значительно снизить паропроницаемость, восстановить которую можно с помощью перфорации.

Среди многочисленных полимерных пленок для упаковки мягкого сыра наиболее успешно в настоящее время применяется пленка из полиэтилена низкого давления, на втором после нее место находится полипропиленовая пленка. Эти пленки используют самостоятельно (например, для упаковки голубых сыров) или в сочетании с бумагой или алюминиевой фольгой.

В перспективе для создания многослойных материалов будет представлять интерес еще один вид полимерной пленки. Это очень тонкая пленка из полистирола, промышленное производство ее сейчас только развивается (1982 г.). Эта пленка может заменять парафин или поливинилиденхлорид. Самостоятельное использование пленки не рекомендуется ввиду ее относительно невысокой разрывной прочности.

С другой стороны, тот факт, что такая пленка обладает более высокой проницаемостью, чем другие виды (полиэтиленовые или полипропиленовые), говорит о том, что она лучше отвечает требованиям, касающимся упаковки сыра.

3.4. Металлы

Листовую латунь в начале двадцатого века часто использовали для упаковки. По ввиду повышения стоимости и проявления технологий обработки алюминия ее перестали применять, за исключением процесса созревания рокфора.

Отожженный алюминий в виде катаного листа толщиной от 7 до 20 мкм инертен по отношению к сыру. Алюминиевая фольга отличается своей гибкостью и не распрямляется после загиба. Тем не менее, как уже было показано выше, металл должен нести защитный слой лака на основе нитроцеллюлозы, поливинилхлорида или поливинилацетата. В данном случае алюминий отличается слишком высокой газонепроницаемостью. Его использование без дополнительных мер предосторожности может привести к протеолитическому разложению сыра до стадии выделения аммиака, сопровождающейся потемнением металла.

Однако пыль, откладывающаяся на металле во время прокатки, неизбежно вызывает появление определенной пористости листа, размеры которой могут составлять от 1,2 поры на 1 дм² при толщине листа 6 мкм до 0,2 поры на 1 дм² при толщине 15 мкм. Поры закрываются при последующем нанесении лака.

Несмотря на то что содержание сухого вещества в мягких сырах производства ФРГ, Швейцарии и Австрии, часто упаковывавшихся в алюминиевую фольгу, было более высоким, чем во французских мягких сырах, пористость тонкой алюминиевой фольги возрастает вследствие ее гофрирования.

В процессе упаковки на фольгу могут быть нанесены методом печати различные тексты и изображения.

3.5. Комбинированные материалы

Очень часто для упаковки мягких сыров используют многослойные пленочные материалы, состоящие из сочетаний различных материалов [8] (рис. 16.1—16.3).

Тонкая алюминиевая фольга приклеивается к бумаге (растительный пергамент, пергамин, искусственный пергамент) с помощью воска или лака.

При этом сплошная проклейка, то есть нанесение клея на всю поверхность обоих материалов, используется только для упаковки индивидуальных порций. Материал отличается определенной жесткостью. Поглощение влаги бумагой, находящейся в контакте с сыром, часто приводит к тому, что материал приобретает мятый вид (особенно это касается сыров типа мюнстера).

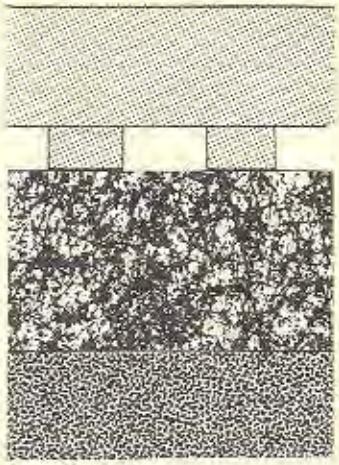
Именно поэтому склеивание осуществляется с помощью нанесения клея в виде полос или точек. Такого рода многослойные материалы используются, как правило, для упаковки сыров с мытой коркой.

Для сохранения гладкой поверхности алюминиевой фольги, которая ведет себя иначе, чем бумага, вытягивающаяся или дающая усадку при прямом соприкосновении с сыром (вследствие изменения размеров сыра), часто практикуют сплошное приклеивание (с помощью воска или клея) тонкой бумаги, за которой следуют слой бумаги с парафиновым покрытием, покрытием из ВХВД или пленка из ПЭНП (приклеиваемые с пунктирным нанесением клея).

Следует также обратить внимание на существование трехслойного материала (алюминиевая фольга/воск/тонкая бумага/воск/алюминиевая фольга), используемого для упаковки индивидуальных порций камамбера [9].

Паро- и газопроницаемость этих многослойных материалов могут регулироваться с помощью перфорации. Видимо, рационально подвергать перфорации только внутренний слой, чтобы предупредить прорастание мицелия через упаковку и его выход наружу.

При использовании двух- или трехслойных упаковочных материалов, создаваемых по методу пунктирного нанесения полос клея, в момент автоматического сгибания между ними образуется своеобразная воздушная подушка. Это может привести к замедлению испарения, а также послужить защитой для плесневой корки вследствие снижения механического давления на ее мицелий [9].



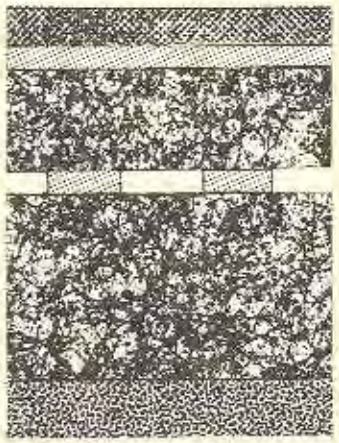


Рис. 16.1. Многослойные материалы для упаковки мягких сыров с плесневой коркой

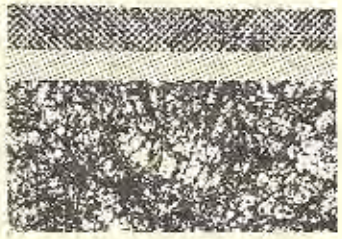


Рис. 16.2. Многослойный материал для упаковки мягких сыров, разрезанных на порции (сыры с плесневой коркой)

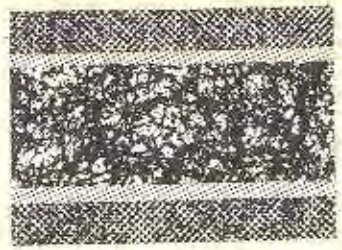


Рис. 16.3. Многослойный материал для упаковки мягких сыров, разрезанных на индивидуальные порции (сыры с плесневой коркой или свежие сыры, потребляемые без созревания)

3.6. Фунгицидная обработка

Стремление к использованию фунгистатических упаковочных материалов постоянно наблюдается также и при упаковке мягкого сыра. Это объясняется тем, что были отмечены случаи перекаривания или съедания бумаги плесневыми микроорганизмами, а также необходимостью предупреждения роста этих микроорганизмов, например, на боковых поверхностях порций камамбера: сыр должен иметь свежий вид, словно его только что разрезали.

Сказанное в начале данного раздела относится также и к мягкому сыру. При этом следует, однако, отметить тот факт, что с увеличением возраста сыра снижается фунгистатическая способность органических кислот (pH изменяется в направлении усиления щелочности). Поскольку, с другой стороны, невозможно гарантировать, что вся защищаемая поверхность будет соприкасаться с упаковкой, фунгистатические материалы крайне редко используются для упаковки мягкого сыра.

3.7. Наружная упаковка, внешняя тара

Для большинства мягких сыров необходимо использовать наружную упаковку, главная задача которой — защита от механических повреждений. Выбор видов наружной упаковки велик. В первую очередь это коробки, традиционно используемые для сыров типа камамбера, карре де л'эст, пеплевека и т. д.

С самого начала для изготовления этого вида упаковки (крышка, боковые стенки, дно) использовали исключительно фанерный шпон. До сих пор применяют и такие сорта древесины, как ель, сосна и главным образом тополь, структура древесины которого позволяет легко очищать его от коры.

В зависимости от породы дерева и способа его распиловки и расколки в древесине сохраняется более или менее значительное количество трахей. В живом дереве эти трахеи служат каналами подачи соков, в древесине же это вентиляционные каналы (служащие для испарительных и газообменных процессов).

В ФРГ более 3/4 коробок для сыра камамбер изготавливается полностью из картона, остальные относятся к так называемому смешанному типу, то есть стенки и крышки изготавливаются из картона, а дно — из дерева или полимерного материала. Часто эти коробки смешанного типа получали весьма положительную оценку. На картон легко наносить печать или приклеить этикетку, в то время как на дереве это сделать сложнее (за исключением печати способом пирографии, которая намеренно выполняется в примитивистском стиле).

Коробки для упаковки камамбера, изготовленные целиком из полимерных материалов, встречаются реже. Необходимый газообмен обеспечивается с помощью отверстий или щелей, предусмотренных в процессе изготовления. К тому же под прозрачной крышкой печать на внутренней упаковке хорошо видна и нет необходимости в дополнительной наружной этикетке.

В настоящее время на рынок выпускаются коробки или днища коробок из ПВХ или полистирола. Коробки из ПВХ для фасовки мягких сыров без внутренней упаковки дали неудовлетворительные результаты.

Коробочки из вспененного полистирола отличаются небольшой массой, за счет чего снижается масса брутто товара при транспортировке. Но не следует забывать также и о том, что вспененный полистирол обладает высокими теплоизоляционными свойствами. Это может сыграть положительную роль в случае упаковки сильно охлажденного сыра в коробочки из вспененного полистирола с последующей транспортировкой на большие расстояния. Напротив, возможный перегрев сыра способен привести к ускорению его созревания.

4. Упаковка прессуемых сыров

В этом случае слово «упаковка» несет двоякий смысл. Дело в том, что эти сыры продаются или вразвес, и тогда в большинстве случаев упаковка состоит из листа растительного пергамента (или парафинированной бумаги), или в фасованном виде. В последнем случае читателю следует обратиться к разделу, посвященному фасовке сыра.

В данной главе речь пойдет только об обработке поверхности сыра. Вопросы, касающиеся созревания под полимерной пленкой или бескорковых сыров, освещены в соответствующей главе.

Обработка поверхности сыра преследует перечисленные ниже цели:

а) сокращение продолжительности пребывания в сырохранилище, связанного с обработкой поверхности;

б) предупреждение поверхностной порчи вследствие действия микроорганизмов (особенно плесеней) или насекомых (сырного клеща);

в) снижение потери массы при созревании;

г) предупреждение появления порока толстой грубой корки в результате испарения влаги с поверхности сыра.

Авторы считают необходимым обратить внимание на тот факт, что эффект любой обработки поверхности усиливается по мере модернизации используемой технологии созревания (пример: созревание эмментальского сыра с использованием технологии воздушной подушки)*.

Самые первые способы обработки поверхности прессуемых сыров заключались в ее протирке растительными маслами или вазелином. Использование минеральных масел, практикуемое в ряде стран Европы и восточных странах, запрещено в странах ЕЭС из-за того, что некоторые углеводороды обладают канцерогенными свойствами [10]**.

С другой стороны, минеральные вещества, часто используемые в смеси с пигментами, широко известны как материалы, применяемые в качестве покрытия для терочных итальянских сыров [11, 12] (пармезан, грана).

Для защиты поверхности продукта парафинированием предварительно нарезанные сыры погружают в расплав парафина при температуре 110—115 °С (пигментированный или содержащий краситель парафин) или при 130 °С (бесцветный парафин).

На практике парафинирование зрелых сыров в настоящее время встречается довольно редко, поскольку эта технология не обеспечивает никакой экономии трудозатрат.

---

* Имеется в виду обдувание воздухом нижней поверхности эмментальского сыра по специальным каналам, выполненным в полках, на которых неподвижно хранится сыр.

В Алтайском филиале НПО «Углич» разработано и изготовлено оборудование, позволяющее за один прием наносить на поверхность костромского сыра полимерную или фунгицидную композицию и проводить обсушку сыра. Во время операций головка сыра не касается частей оборудования, находясь в подвешенном состоянии, на воздушной подушке. — *Прим. ред.*

** В СССР применение минеральных масел на поверхности сыров также не разрешено. — *Прим. ред.*

Раннее парафинирование проводится сразу после посолки и не позднее 10—12 сут после нее. Это предполагает повышение содержания в сыре сухого вещества ввиду исключения потерь, связанных с испарением влаги. Кроме этого, значение показателя pH не должно быть слишком низким.

Парафинирование осуществляется в два этапа:

первое погружение в расплав парафина при температуре 120 °С;

второе погружение в расплав парафина при температуре 140 °С.

Парафинеры автоматически обеспечивают равномерное распределение парафина по поверхности головок сыра. Однако, несмотря на достаточно высокую температуру расплавленного парафина, пастеризация поверхности сыра представляется практически невозможной.

Относительно холодная масса сыра поглощает слишком большое количество тепла, чтобы можно было говорить об уничтожении плесневых микроорганизмов или дрожжей. Они могут начать развиваться сразу после того, как кислород получает возможность проникать через слой парафина (вследствие дефекта кристаллизации парафина или через трещины или свищи в парафиновом покрытии).

Во время созревания заметно снижается испарение влаги, и вследствие этого сырное тесто остается более упругим, чем у сыра, созревавшего без покрытия. В противовес этому наблюдается определенная потеря с точки зрения аромата.

Практикуется также нанесение на сыр защитных покрытий, выполняемых на основе воска или дисперсных полимерных материалов. Природа этих материалов явилась предметом специальной регламентации, и в каждой стране существует перечень утвержденных к использованию веществ, включая даже некоторые антибиотики (например, пимарицин).

Во Франции действует теория, заключающаяся в том, что в случае полной адгезии между упаковочным материалом и сыром речь идет уже не об упаковке, а о настоящем покрытии. Эта концепция ведет к появлению на этикетках подобных сыров надписи «продукт снабжен защитным покрытием» или «употреблять без корки».

Здесь, как и везде, затруднения вызывают мономеры с их способностью к миграции. Для полимеризации и последующего нанесения покрытия используются эфиры полиакриловой кислоты, ацетоглицериды, поливинилацетат и т. д. Эти смеси наносятся на поверхность сыра с помощью щеток или салфеток, а также путем орошения или погружения. Уровень паро- и газопроницаемости этих материалов зависит от их химической природы, толщины пленки, а также наличия и размеров пор.

В США встречаются покрытия на основе альгинатов, комплексов типа желатин/соли металлов, полимеров желатина или карбоксиметилцеллюлозы*.

Некоторые из этих продуктов подвержены воздействию плесневых микроорганизмов или бактерий и, следовательно, нуждаются в фунгицидной или бактерицидной обработке.

5. Упаковка плавленого сыра

Плавленые сыры различаются между собой не только по своему составу (используемые исходные сыры, консистенция, добавки...), но также и по их исполнению, которое может иметь вид:

индивидуальных порций;

индивидуальных ломтей;

блоков прямоугольной формы;

специального исполнения (колбасный сыр, цилиндрические головки, тубы...).

---

* Научно-производственным объединением «Углич» в содружестве с МТИММПом и рядом других институтов разработаны и используются в промышленности латексные покрытия для сыров из биологически инертных полимеров, а также оборудование для формирования таких покрытий на поверхности сыров методом окунания и напыления. — *Прим. ред.*

5.1. Упаковка индивидуальных порций

В момент появления плавленых сыров в качестве упаковочного материала использовалась оловянная фольга; это объясняется ее высокой стойкостью к коррозии, вызываемой солями-плавителями.

По соображениям экономического и технического характера (простота использования) олово было заменено алюминием с защитным покрытием из лака; это относится практически ко всем сортам сыра [13].

Дело в том, что алюминий без защитного покрытия быстро подвергается воздействию со стороны солей-плавителей. В этом случае наблюдается не только коррозия в виде пор или даже сквозных отверстий в фольге, но также и снижение качества самого плавленого сыра (пороки вкуса, газообразование).

В связи с этим в защитном слое термосвариваемого лака не должно иметься царапин, пор или других дефектов. Толщина алюминиевой фольги может составлять от 0,012 до 0,01 мм в зависимости от размеров будущей упаковки.

Для облегчения развертывания герметично упакованных порций плавленого сыра часто используют отрывной язычок, который обычно представляет собой целлофановую или полиэфирную полоску, которая крепится к алюминиевой фольге перед формованием упаковки*, на несколько миллиметров выступая за нее, обеспечивая возможность захвата двумя пальцами. Необходимо, чтобы место их выхода за пределы упаковки также было герметично закрыто, чтобы предупредить риск возможной утечки или загрязнения. Для привлечения внимания потребителя полоски окрашиваются в красный цвет.

Этикетирование индивидуальных порций осуществляется с помощью точечного приклеивания или с использованием hotmelt (смесь восков с плавкими смолами).

Как правило, индивидуальные порции в форме секторов плоского цилиндра помещаются в наружную тару, в качестве которой используются картонные или пластмассовые коробки.

Зачастую плавленые сыры упаковывают в полимерные материалы (в пленку или термоформированную тару).

В этом случае используют: поливинилхлорид для тары, заполнение которой осуществляется при температурах ниже 80 °С; поливинилхлорид в виде соэкструдатов или ламинатов (поливинилхлорид, 0,450 мм/поливинилиденхлорид, 0,20 мм, полиэтилен или полипропилен, 0,050—0,090 мм), вместо ВХВД с недавних пор для обеспечения герметичности упаковки начали использовать EVA (ацетат этиленвинила); полипропилен, диапазон температур плавления которого составляет от 165 до 170 °С, что создает опасность усадки при заполнении расплавленным сыром (в этом диапазоне температур).

5.2. Упаковка ломтевых плавленых сыров

Ломтевые плавленые сыры, впервые появившиеся в 1950 г. на рынке США, получают из полос, подвергающихся резке и упаковке, или же путем формования сыров в виде трубки, покрываемой слоем полимерного материала; затем упакованному сыру придается плоская форма.

В первом случае, учитывая опасность развития плесеней, часто возникает необходимость в вакуумировании оболочки и в замене воздуха смесью углекислого газа и азота (в отношении 80 : 20). Во втором случае упаковка плотно облегает продукт, не допуская проникновения воздуха.

Обычно для этой упаковки используют многослойные материалы типа полиэфир/полиэтилен (0,015/0,070 мм) или (более герметичный по отношению к газам) полиэфир/поливинилиденхлорид/сарлин (0,012/0,010/0,050 мм).

---

* Технология, используемая для формования и упаковки индивидуальных порций.

5.3. Упаковка блочных плавленых сыров

Блоки изготовляются путем заливки сырной массы в форму (с последующей упаковкой) или непосредственно в предварительно заготовленную тару.

Упаковка предварительно формуемых блоков отличается присутствием возможности загрязнения продукта. В любом случае для упаковки используются алюминиевая фольга с покрытием из термосвариваемого лака, поливинилиденхлорид, а также многослойные материалы типа полиэфир/полиэтилен или полиамид/полиэтилен.

При использовании второго метода используется целлофан (0,035 мм) с защитным покрытием из воска (60—80 г/м²), а с недавнего времени стали применять тару, получаемую методом термоформирования различных многослойных материалов (например, полиамид/полиэтилен, ориентированный полиамид/спирт винилэтиленовый/полиэтилен, поливинилхлорид/полиэтилен, поливинилхлорид/поливинилиденхлорид/полиэтилен).

5.4. Упаковка плавленых сыров в специальном исполнении

5.4.1. Колбасные сыры

Технология идентична той, которая используется в производстве колбасных изделий. Если продукт должен пройти через коптильную печь, используется целлофановая оболочка, пропускающая ароматические вещества. Однако для предупреждения чрезмерной потери массы (при испарении) на оболочки из целлофана после заполнения должно наноситься покрытие, состоящее из смеси парафина и микрокристаллических восков.

Полиэфир, поливинилиденхлорид и их соэкструдаты являются газонепроницаемыми, то есть отличаются непроницаемостью по отношению к ароматическим веществам. Это позволяет использовать их в случаях, если продукт не подвергается копчению.

5.4.2. Упаковка плавленых сыров цилиндрической, полусферической и других форм

Плавленые сыры упаковывают в термоформируемую тару, закрываемую крышкой. Этот способ упаковки предпочтителен для тех плавленых сыров, в которых в качестве наполнителей использованы орехи или другие вкусовые добавки.

5.4.3. Упаковка плавленых сыров в тубы

Тубы используются только для упаковки бутербродных плавленых сыров. Они изготавливаются из алюминия, внутренняя поверхность которого обязательно должна защищаться двойным слоем лака, подвергающегося затем высокотемпературной обработке в печи с целью предупреждения появления пор. С недавнего времени в распоряжение изготовителей туб поступили пятислойные комплексы (например, полиэтилен/сополимер/алюминий/сополимер/полиэтилен или полипропилен). Тубы изготавливаются на специализирующихся на выпуске этой продукции предприятиях. Заполнение туб продуктом производится через нижнюю часть, которая затем герметически закрывается с помощью тока высокой частоты. Внутренние слои защитных полимерных материалов отличаются исключительно высокой стойкостью к коррозии, которая может быть вызвана как самим сыром, так и другими компонентами продукта.

5.4.4. Жестяная банка

Этот вид тары, требующей стерилизации, играет второстепенную роль в деле упаковки плавленых сыров. Тем не менее он продолжает существовать. В случае длительного хранения имеется опасность нарушения консистенции, а также внешнего вида и вкуса сыра вследствие реакции Майяра.

5.5. Внешняя упаковка

Коробки, используемые для упаковки индивидуальных порций плавленого сыра, выпускаются в трех следующих формах:

штампованные картонные коробки (используются все реже и реже);
складные;
пластмассовые.

Штампованные коробки изготавливаются из картона 250—600 г/м². В центральной части крышки иногда вырезается «окно» и крышка покрывается целлофановой ацетатцеллюлозной или прозрачной полиэтиленхлоридной пленкой.

Хранение заранее изготовленных коробок сопряжено с определенным риском. В условиях повышенной влажности могут разойтись края, вследствие чего возникнут затруднения при соединении крышки с дном. В сухой атмосфере может произойти усадка коробок, затрудняющая размещение в них индивидуальных порций.

Для изготовления складных коробок необходимо использовать определенные сорта картона для определенных типоразмеров тары и в зависимости от требуемого качества печати.

Это приводит к тому, что речь может идти о применении следующих сортов картона:

печатный картон (350 г/м²);
искусственный печатный картон (300, 350 г/м²);
двухслойный печатный картон (300, 450, 500 г/м²);
двухслойный немелованный картон (300 г/м²);
картон на основе целлюлозы (260 г/м²).

(В качестве данных массы (в г/м²) здесь использованы наиболее распространенные средние значения.)

Во многих случаях картон на основе целлюлозы (не содержащий древесной массы) используется вместе с тонкой алюминиевой фольгой или полимерной пленкой (полиэтилен, полиэфир и т. д.). Для изготовления пластмассовых коробок предпочтителен полистирол.

Используемая технология экструзии — литья под давлением — позволяет выпускать коробки почти любых форм и размеров (цилиндр, восьмигранная призма, трехгранная призма и т. д.; крышка всегда бывает прозрачной, дно часто пигментируется). Как и при хранении в штампованных коробках, могут возникнуть затруднения в плане имеющихся площадей.

В довершение к вышесказанному следует отметить, что операция по укладке индивидуальных порций сыра в коробки, долгое время выполнявшаяся вручную, также была механизирована.

ЛИТЕРАТУРА

1. Becker K., 1960. Verpack Rdsch., 10, 73—78.
2. Mair-Waldburg H., Burk H. et Rohse D., 1962. Molk. Kas. Ztg., 13 (33), 2—8.
3. Bader-Beck H., 1961. Verpack Rdsch., 12 (3), 22—24.
4. Fluckiger E., 1959. Mih. Lebensm. Hyg., 50 (6), 499—506.
5. Lueck E., 1969. Vol. 1, Hambourg.
   1972. Vol. 2, Hambourg.
   1970. Vol. 3, Hambourg.

6. Melnik D. et Luckmann F. H., 1955. Food Res., 19, 28—32.
7. Schoppmeyer W. et Jenne H., 1969. Verpack Rdsch., 1, 546—556.
8. Stehle G., 1977. Milchwirt. Berichte, 53, 303—308.
9. Stehle G., 1966. XVIIème Congrès Intern. Laiterie, vol. D, 87—96.
10. Schulz M. El. et Sydow G., 1958. Milchwiss, 13, 502—506.
11. Meyer A. et Michels P., 1954. Milchwiss, 9, 214—219.
12. Stehle G., 1968. Manuel des Aliments, vol. 3, Springer Ed., 779—789.
13. Erbacher E. et Haug H., 1943. Suddtsch.-Molk. Ztg., 4—5.

Глава 17

ФАСОВКА ЗРЕЛЫХ СЫРОВ

Ж. Стель*

В соответствии с определением, принятым Международной молочной федерацией**, термин «фасовка» подразумевает упаковку как целых сыров, так и индивидуальных порций или ломтей сыра. Однако истолкование этого определения может быть в известной степени сужено, поскольку в большинстве случаев фасовка относится к порциям и ломтям прессуемых сыров. Поводом для появления этой технологии явилось возникновение новых потребностей, связанных с изменением условий реализации сыра в магазинах самообслуживания, где в торговых залах полностью отсутствует персонал, за исключением операторов кассовых аппаратов.

Сыры должны продаваться самостоятельно, что предполагает использование привлекательных упаковок, демонстрирующих продукт потребителю и побуждающих его к покупке.

Принимая во внимание различную продолжительность циклов реализации, следует проводить различие между средней и большой продолжительностью сроков хранения. Разные требования с точки зрения продолжительности хранения приводят к необходимости использования различных по своему составу упаковочных материалов. Разрезанный сыр должен быть защищен от высыхания, потери аромата и окисления содержащегося в нем жира. Кроме этого, следует предупреждать любое загрязнение продукта [1, 2].

1. Подготовка сыров

В некоторых случаях приходится упаковывать порции разной массы, несущие на себе часть сырной корки. Корку счищают щетками или путем оскребки, затем сыр подают на разрезку. Те же операции выполняют и при подготовке сыров, прошедших созревание в полимерных пленках.

Твердые и толстые корки, появляющиеся при использовании традиционной технологии созревания, необходимо удалять вручную или с помощью специального оборудования. Образующиеся отходы должны тщательно отделяться от продукта, чтобы предупредить возможное загрязнение приготовленных порций. Рекомендуется выполнять все эти операции в специально отведенном помещении отдельно от участка упаковки.

Порционирование осуществляется с помощью автоматических машин с режущими рамками струнного типа (из нержавеющей стали).

Для разрезки сыра на ломти используются высокопроизводительные установки типа turboslicer. Эта машина может разрезать сыр на ломти одной массы (если сыр без глазков) или, по крайней мере, одинаковых размеров. При выполнении этих операций было отмечено выделение огромного количества углекислого газа. Коэффициент диффузии CO_2 зависит не от парциального давления газа, а главным образом от температуры. Испытания, проведенные с эмментальским сыром, показали, что уже через 5 ч после разрез-

* G. Stehle.
** La Fédération Internationale de Laiterie.

ки половина углекислого газа (сыр был насыщен CO_2) исчезала. Образец имел форму куска с гранями длиной 7,5 см.

При разрезке целого круга эмментальского сыра обширная поверхность увеличивает потерю продукта углекислого газа. Вследствие этого время между разрезкой сыра и его упаковкой должно быть максимально сокращено с целью снижения потери естественного углекислого газа, необходимого для сохранения качества продукта [3].

2. Упаковочные материалы

В зависимости от технологии при упаковке используются оберточные и термоусадочные пленки, термосвариваемые многослойные материалы для изготовления пакетов или мешков и термоформируемые (или термосвариваемые) комбинированные материалы для различных видов тары, закрываемой крышками. Подбирают упаковочный материал в зависимости от срока хранения продукта.

2.1. Оберточные полимерные пленки

2.1.1. Гидратцеллюлоза

Это производное от природной целлюлозы, получившее название «целлофановая пленка», представляет собой прозрачный, блестящий и почти непроницаемый по отношению к кислороду и углекислому газу материал. Целлофан физиологически инертен. С другой стороны, целлофан марки Р отличается довольно высокой паропроницаемостью. Влагостойкость его может быть повышена с помощью нанесения защитного покрытия из нитроцеллюлозного лака или лака на основе поливинилиденхлорида.

2.1.2. Полиэтилен

Полиэтиленовые пленки подразделяются на две группы. К первой относится полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) ($d=0{,}92$), представляющий собой прозрачный, упругий, гибкий, тянущийся и стойкий к смятию материал. Он отличается высокой разрывной прочностью, обладает весьма низкой паропроницаемостью, и, с другой стороны, его относительно высокая газопроницаемость (особенно по отношению к кислороду) ограничивает сферу его применения. ПЭНП отличается своей физико-химической инертностью (если не говорить о его определенной уязвимости к воздействию жиров, особенно когда речь идет о ПЭНП с наиболее низкими уровнями плотности). Присущий некоторым видам ПЭНП едва уловимый запах погасшей свечи является характерной чертой этого материала и связан с особенностями технологии его производства. Что касается двухосно-ориентированной полиэтиленовой пленки, величина ее усадки под действием высоких температур составляет 60—80% исходного размера.

Полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) ($d=0{,}95$) представляет собой белый, почти непрозрачный (при соприкосновении с продуктом) материал, физико-химические характеристики которого превосходят характеристики ПЭНП. Главным образом это высокая разрывная прочность, позволяющая применять его для упаковки тяжелых товаров. Иногда ПЭВП используется для упаковки блоков сыра, фасовка которых производится в подсобных помещениях магазинов типа универсама.

В настоящее время (1985—1986 гг.) в составе многослойных материалов часто используют пленки из полиэтилена с высокой молекулярной массой или из линейного полиэтилена. В качестве примера можно привести пленки, сополимеризованные с винилэтиленацетатом или изобутиловыми группами. Использование в составе пленочных материалов изобутиловых групп повышает их способность к термоформированию.

2.1.3. Полипропилен

Полипропилен представляет собой прозрачный материал, в чем иногда превосходит линейный полиэтилен низкой плотности. Он отличается также более высокой жиро- и теплостойкостью. В отсутствие пластификаторов это физиологически инертное вещество без характерных запаха или вкуса.

В некоторых случаях полипропиленовая пленка используется в качестве оберточного материала, но, как правило, в сочетании с другими материалами.

2.1.4. Сополимер винилхлорида с винилиденхлоридом (ВХВД)

В большинстве случаев ВХВД встречается в виде защитного покрытия на пленочных материалах или бумаге, но используется также и в виде пленки.

Высокие герметизирующие свойства ВХВД делают его в высшей степени пригодным для упаковки индивидуальных порций сыра. При одинаковой толщине ВХВД обладает более низкой паро- и газопроницаемостью, чем другие пленки на основе полиолефинов. В момент усадки этот двухосно-ориентированный материал (известный под торговой маркой «саран») позволяет обеспечивать плотный контакт между упаковкой и продуктом.

2.1.5. Поливинилхлорид

В этом случае речь идет о гомополимерах (ПВХ) или сополимерах винилхлорида с винилацетатом. Поливинилхлоридная пленка может быть от прозрачной до стекловидной (в зависимости от состава), обладает хорошей механической устойчивостью и жиростойкостью (при изготовлении без пластификатора).

Если не считать США, использование пластифицированного ПВХ для упаковки пищевых продуктов запрещено из-за возможного взаимодействия между жировыми веществами и пластификаторами (миграция в обоих направлениях).

ПВХ был одним из первых полимерных материалов, использованных в молочной промышленности, но его в определенной степени вытеснили с этого рынка менее дорогостоящие материалы. В соответствии с существующей регламентацией этот полимер должен иметь низкое содержание мономера винилхлорида, считающегося веществом с сильными канцерогенными свойствами.

Большинство фирм — изготовителей этой пленки из гомо- и сополимеров способно полностью управлять ее составом, что позволяет им достигать содержаний винилхлорида менее 1%. Это означает, что опасность загрязнения пищевого продукта, соприкасающегося с ПВХ, отсутствует.

2.2. Пакеты и мешки

Механизация процесса упаковки предполагает использование такого упаковочного материала, у которого одна сторона может подвергаться термосварке, а другая выдерживает температуру устройства сварки. Кроме этого, механизация рассчитана на поставку упаковочного материала в виде достаточно больших рулонов для обеспечения непрерывного производства.

Вышесказанное создает необходимость в использовании многослойных материалов, состоящих из различных компонентов и включающих в себя, по меньшей мере, одну пленку с покрытием на одной стороне (например, целлофан с покрытием из ВХВД на стороне, подвергающейся термосварке). Помимо выполнения требований, выдвигаемых упаковочным оборудованием, ис-

17.1. Физико-химические свойства пленок

Пленка	Толщина, мм	Проницаемость, г/м²/24 ч	Проницаемость по отношению к кислороду, см³ кислорода/24 ч
Полиэфир	0,012	160,0	12
ПЭНП	0,050	2,0	3200
Полиэфир — клей — полиэтилен	0,065	1,8	100
Полиэфир — клей — полиэтилен	0,070	0,9	15

пользование многослойных материалов обеспечивает также дополнение физико-химических свойств пленок (см. табл. 17.1) в целях получения требуемых характеристик [4].

Покрытие на основе ВХВД, обозначаемое буквой *X*, в значительной мере снижает проницаемость пленки.

Перед нанесением комбинированного материала на пленку, обращенную к наружной стороне будущей упаковки, наносится печать (методом гелиографии или флексографии). Во многих случаях печать, выполняемая с помощью красящих материалов, используется с различными материалами, наносится на обратную сторону листа с последующим его ламинированием с термосваривающейся пленкой (ПЭНП) или с ее нанесением методом экструзии. Это позволяет защищать печать, находящуюся внутри многослойной структуры, от стирания и других внешних воздействий, одновременно придавая ей больший блеск.

В качестве клеев, необходимых для ламинирования, или адгезивов, служащих для нанесения покрытия методом экструзии, используются однокомпонентные смолы с сетчатой структурой (вступающие в реакцию с влагой) или двухкомпонентные смолы (клей — отвердитель). Несмотря на то что их использование проводится в незначительных количествах (в границах поверхности несущей печать), они несколько снижают проницаемость многослойного материала.

2.2.1. Примеры многослойных материалов, используемых для изготовления пакетов

Экструфан (Extruphan ® 30/60 PE). Целлофановая пленка, двустороннее покрытие из лака на основе ВХВД; чернила для нанесения печати, 0,030 мм; адгезив (primer или клей, образующий сетчатую структуру), ПЭНП, 0,060 мм.

Экструэстер (Extruester ® 15/50 PE). Полиэфир, лакированный с одной стороны, 0,015 мм; печать красочная; адгезив (primer) или сетчатый клей; ПЭНП, 0,050 мм.

Экструамид (Extruamid KO 15/50 PE). Двухосно-ориентированный полиамид, 0,015 мм; специальная красочная печать; адгезив; ПЭНП, 0,050 мм.

Комбинированные материалы, в состав которых входит только один слой ВХВД, можно использовать для упаковки тертого сыра лишь в том случае, если продолжительность хранения составляет не более нескольких недель.

Мелкое измельчение сыра приводит к значительному увеличению его поверхности. Поэтому наибольшую опасность для хранения продукта представляет его окисление. Следовательно, необходимо включать в состав пленок абсолютно герметичный по отношению к кислороду барьер в виде тонкой алюминиевой фольги (0,007—0,012 мм).

Первые металлизованные пленки появились приблизительно в 1980 г. В них использовался весьма тонкий слой алюминия.

Речь идет о полиэфирных пленках (реже о полипропиленовых, из ПЭНП или полиамида), на которые наносится предварительный слой лака для обеспечения лучшего сцепления с алюминием, наносимым методом вакуумного напыления. В результате получается практически монокристаллический слой металла толщиной 0,4 мкм, являющийся практически паро- и газонепроницаемым при условии целостности слоя металлизации (отсутствие царапин, пор и т. д.) в процессе последующих операций (прокатка, нанесение защитного покрытия).

2.2.2. Примеры герметичных комбинированных материалов

Экструминиум (Extruminium ®, полиэтилентерефталат 12/Al 12/50 PE). Полиэфир, 0,012 мм; красочная печать; адгезив; тонкая алюминиевая фольга, 0,012 мм; адгезив (праймер); экструлированный; ПЭНП, 0,050 мм.

Экструэстер (Extruester M®, металлизованный полиэтилентерефталат, 12/50 полиэтилен). Верхний слой защитного лака; красочная печать; металлизованный полиэтилентерефталат; металлизация с внутренней стороны; 0,012 мм; адгезив (праймер); ПЭНП, 0,050 мм.

В зависимости от используемого упаковочного оборудования упаковочный материал должен быть гибким и более или менее упругим. В некоторых случаях стремятся для предупреждения разрыва достигнуть определенной жесткости, особенно в упаковках больших размеров.

Как правило, многослойные материалы, изготовляемые путем склеивания двух или нескольких пленок, более жесткие, чем полученные с помощью ламинирования или нанесения путем экструзии, несмотря на примерно одинаковую общую толщину. Это явление объясняется наличием различий физических свойств полимерных материалов (температура плавления, плотность, модуль упругости, вязкость в расплавленном состоянии и т. д.) и технологий их производства. Полиэтиленовые пленки, изготовляемые с помощью плоских фильер (что обеспечивает более высокую прозрачность), ведут себя иначе, чем те, которые производятся с помощью технологии экструзии с раздувом (то есть с использованием круговых фильер).

Кроме этого, изготовление комбинированного материала в одну операцию обеспечивает экономию промежуточных слоев адгезивов, или праймеров, и, следовательно, придает материалу еще большую упругость.

Соэкструзия позволяет получать ламинаты с помощью одновременной экструзии нескольких пленок из одного и того же или различных материалов (например, полиамид/полиэтилен, полиэтилен/спирт винилэтиленовый/полиэтилен, полиамид/поливинилиденхлорид/полиэтилен и т. д.).

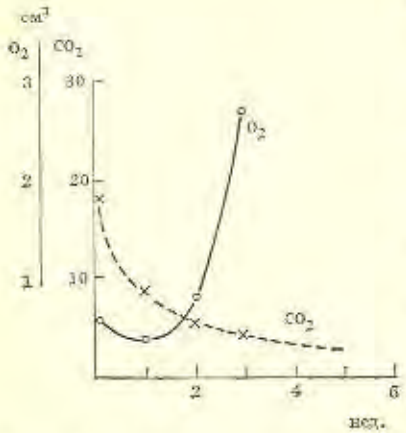
2.3. Термоформируемая упаковка

Для упаковки порций сыра большой массы или неправильной формы (например, ломти сыра том, рокфор и т. д.) стремятся подбирать упаковочные материалы с учетом этих особенностей. В этих случаях, особенно при возможности полной автоматизации упаковки, используется, в частности, способ термоформирования.

Состав комбинированного материала зависит от следующих основных факторов: предполагаемая продолжительность хранения (герметичность) и глубина термоформируемой тары.

Снижение паропроницаемости упаковочного материала легко достигается за счет изменения толщины полиэтиленовой пленки (расположенной внутри многослойного материала) или путем нанесения защитного покрытия (двустороннего) из ВХВД. Термоформирование глубокой тары, особенно тары прямоугольного сечения, создает необходимость в том, чтобы материал легко поддавался вытягиванию.

Степень удлинения комбинированного материала в пластичном состоянии в момент прессования или вакуумного втягивания в установку термоформирования такова, что происходит значительное уменьшение его общей толщи-



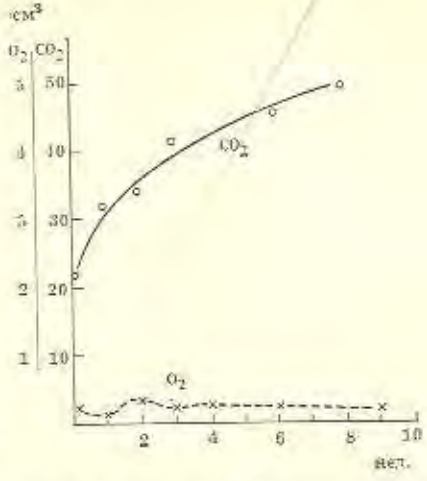


Рис. 17.1. Упаковка порций сыра с высокой температурой второго нагревания. Изменение состава газов в упаковке в зависимости от проницаемости материала и продолжительности хранения (полиэтиленовая пленка имеет чрезмерно высокую проницаемость — 30/60 для длительного хранения в ней сыра потеря CO_2, проникновение кислорода внутрь упаковки [6])

Рис. 17.2. Упаковка порций сыра с высокой температурой второго нагревания. Изменение состава газов в упаковке в зависимости от проницаемости материала и продолжительности хранения (поливинилхлорид — целлофан — поливинилхлорид — полиэтилен, 10/35/10/50 с высокой газопроницаемостью. Содержание CO_2 повышается вследствие десорбции из сыра; содержание кислорода остается на низком уровне после предварительного удаления [6])

ны в направлении днища, особенно у нижних бортов. Иногда эта остаточная толщина составляет лишь незначительную долю исходной. Легко понять, что характеристики проницаемости определяются наиболее тонкими участками материала и отличаются от тех, измерение которых осуществляется на многослойном материале плоской формы без деформации. Именно по этой причине в состав комплекса включается пленка с высокой способностью к вытягиванию, например полиамид. В зависимости от типа полиамида вытягивание до разрыва может составлять от 250 до 800% (при этом следует проводить различие между полиамидами 11, 6, 6,6, 6,10, являющимися частично кристаллическими полимерами, и капролактамом с его диугольной кислотой и диаминами) (рис. 17.1, 17.2, 17.3, 17.4).

Для изготовления крышек используется тот же материал. В некоторых случаях, когда речь идет о комбинированном материале, предназначенном для изготовления глубокой тары, материал, идущий на изготовление крышки, может иметь меньшую толщину. Это позволяет снижать расход целого ряда компонентов (см. также раздел «Упаковка свежих сыров, потребляемых без созревания. Крышки»).

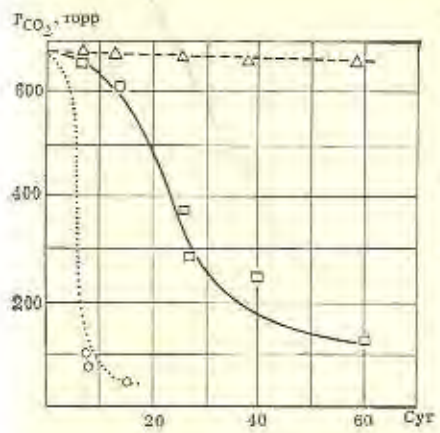
Материалы, используемые для термоформирования:

а) полиамид/полиэтилен, 40/60, 60/100 мкм; материал создается путем склеивания или нанесения методом экструзии или соэкструзии без промежуточного слоя адгезива, иногда лишь с одним слоем праймера;

б) ПВХ; в зависимости от размеров термоформируемой тары толщина пленки может составлять от 0,4 до 1,2 мм;

в) ПВХ/пропилен различной толщины;

г) ПВХ/спирт винилэтиленовый/полиэтилен различной толщины;



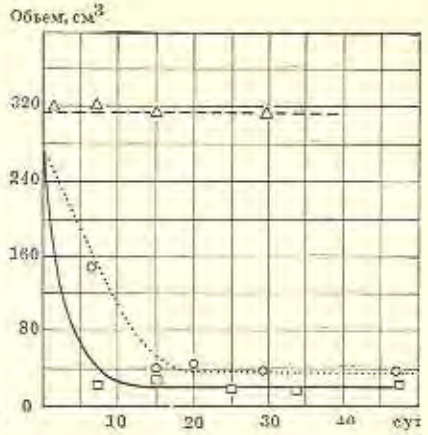


Рис. 17.3. Порции сыра с высокой температурой второго нагревания, упакованные в среде CO_2. Изменения парциального давления CO_2 в упаковке в зависимости от продолжительности хранения при 10 °С (точки измерения, нсм³/м²/сут):

△ — полиэтилентерефталат/поливинилиденхлорид/полиэтилен; □ — полиамид-полиэтилен; ○ — полиэтилен

Рис. 17.4. Упаковка порций сыра с высокой температурой второго нагревания в среде CO_2. Изменение объема упаковки во время хранения в зависимости от газопроницаемости (потеря CO_2) [3]:

△ — полиэтилентерефталат/поливинилиденхлорид/полиэтилен; □ — полиамид/полиэтилен; ○ — полиэтилен

д) полиамид/полиэтилен/поливинилиденхлорид/полиэтилен; полиамид 0,040 мм; клей; ПЭНП, 0,050 мм; адгезив; поливинилиденхлорид, 10 г/м²; адгезив; ПЭНП, 0,050 мм.

3. Процессы, происходящие в фасованном сыре

Анализ атмосферы, содержащейся, например, в глазках круга эмментальского сыра, позволяет установить, что она на 95% состоит из углекислого газа и на 5% — из азота. Эта атмосфера защищает всю массу сыра от развития плесневых микроорганизмов.

Растворенный в сырном тесте кислород не может быть удален. Поэтому рост микроорганизмов обеспечивается за счет газа, находящегося между упаковкой и сыром или диффундирующего через упаковку.

Низкие парциальные давления кислорода способствуют развитию плесневых микроорганизмов даже при давлении кислорода 0,1 кПа, но в отсутствие CO_2. Подавление микроорганизмов становится возможным в присутствии углекислого газа до парциального давления кислорода 2—3 кПа, начиная с давления в 9—15 кПа углекислого газа (8,5—15%) [3].

При частичной кислородопроницаемости упаковки (например, из полиэтилена или полиамида — полиэтилена) продолжительность хранения сыра ограничивается 45 сут; при более продолжительном хранении продукт портится вследствие окисления и явлений биологического характера. При использовании этих материалов следует изготовлять пакеты большего объема, чем тот, который необходим для данного количества сыра, в которых повышение парциального давления кислорода происходит с меньшей скоростью, чем в пакетах меньшего объема. Напротив, использование кислородонепро-

нищаемых материалов позволяет уменьшать объем упаковок и снижать общее давление до 3—4 кПа [5].

Попадание чистого углекислого газа в упаковку часто приводит к появлению внешнего вида вакуумированной упаковки (после определенного периода хранения). Значительная часть углекислого газа поглощается сыром и, с другой стороны, быстрее диффундирует через упаковочный материал, чем в нее проникают кислород и азот из окружающего воздуха. Уменьшение объема тем сильнее, чем больше потеря сыром своего естественного углекислого газа в процессе его изготовления.

В соответствии с этим для упаковки ломтевого сыра рекомендуется использовать смесь газов (углекислого газа и азота в отношении 80/20 или 70/30) для предупреждения прижатия ломтей друг к другу под действием атмосферного давления [6, 7]. В этой защитной атмосфере продолжительность хранения порций сыра достигает 60 сут (в оптимальных условиях температуры и в полной темноте).

ЛИТЕРАТУРА

1. Rasenack D., 1963. Milchwiss., 18 (8), 381—386.
2. Rolle M. et Bachmann M., 1973. Schweiz Milchw. Fortsch., 2, 53—68.
3. Durichern K., Heiss R. et Becker K., 1970. Deutsch Molk. Ztg., 91 (10), 1—7.
4. Stehle G., 1977. Milchwirt. Berichte, 53, 303—308.
5. Buchner N., 1968. Verpack Rdschau, 10, 1072.
6. Fluckiger E. et Roy G., 1961. Schweiz Milch. Ztg., 87, 93.
7. Futschik J., 1961. Oster. Milchwirt., 16, 125—128.

Глава 18

ХРАНЕНИЕ ЗРЕЛЫХ СЫРОВ

Ж. Стель*

Предел мечтаний всех производителей пищевых продуктов, несомненно, заключается в получении возможности предложить своей клиентуре изделия с гарантированной способностью к сохранению свойств в течение определенного периода времени. Тем не менее в любых продуктах происходят процессы, приводящие к изменению их свойств. Это в равной степени относится к сыру и даже к тем его видам, которые считаются способными выдерживать длительное хранение, поскольку их созревание продолжается более года.

Таким образом, логично, что специалисты предпринимали попытки изыскания средств, цель которых заключалась в увеличении продолжительности сохраняемости сыра, для более полного удовлетворения потребности населения в сыре к концу двадцатого века, а также для географического расширения рынка и облегчения использования сыра в других областях пищевой промышленности.

Здесь следует также отметить стремление сыроделов к ускорению созревания [1]. Противоречие между этими понятиями (замедлением и ускорением) лишь чисто внешнее. В действительности же идеальный вариант, по всей вероятности, а возможно, и наверняка заключается в очень быстром (в целях снижения себестоимости продукта за счет сокращения периода созревания**) получении зрелых сыров без признаков каких-либо изменений в процессе их реализации через торговую сеть.

---

* G. Stehle.

** А также для сведения к минимуму риска поздних брожений, приводящих, как правило, к отрицательным результатам.

Ускорение ферментативных процессов с последующей их блокировкой по желанию сыродела — принцип, отличающийся своей ясностью и простотой. Однако до его практической реализации еще очень далеко. Подтверждением тому могут послужить главы данной книги, посвященные созреванию сыра.

Определенное замедление процесса созревания и, таким образом, сдерживание изменений, происходящих в сыре, могут быть достигнуты за счет использования низких температур в сочетании с соответствующим образом подобранными штаммами микроорганизмов.

Сыр, подвергнутый сушке после внесения в него солей-плавителей (эмульгаторов), может использоваться в качестве приправы для приготовления различных соусов. Однако эти технологии применяются прежде всего в чисто практических целях и представляют собой настоящую находку для использующих их предприятий; это относится также и к приготовлению тертого сыра [3].

Авторы считают необходимым сказать несколько слов о технологиях облучения и замораживания.

В отношении первой технологии можно ссылаться только на результаты лабораторных испытаний, которые не были опубликованы. Тем не менее известно, что для инактивации ферментов, содержащихся в мягком сыре, необходима доза облучения в 3—5 мрад. При фасовке сыра в металлические банки (жестяные или алюминиевые) доза облучения должна быть увеличена до 10 мрад, что может отрицательно сказаться на продукте.

Остается заметить, что облучение пищевых продуктов (или импорт пищевых продуктов, прошедших обработку радиоактивным облучением) в странах — членах ЕЭС запрещено, за исключением нескольких особых случаев.

Значительное снижение ферментативной активности (однако без полного ее прекращения) может быть достигнуто за счет замораживания, однако это означает, что после размораживания она может возобновиться. Именно поэтому, а также из-за высокой стоимости энергетических затрат, связанных с замораживанием и хранением при —18 °С, эта технология не получила отклика как со стороны производителей сыра, так и со стороны предприятий, занимающихся его распределением и реализацией*.

С давних пор практикуется такой метод, как стерилизация мягких сыров. Уже в 1895 г. Хофельмайер (ФРГ) выпустил в продажу первую партию камамбера, расфасованного в жестяные банки; его примеру тотчас же последовал Ренар (Франция). За прошедшее с тех пор время технология стала более совершенной, но количество мягких сыров, стерилизуемых в металлической таре, продолжает оставаться ограниченным, и эта технология используется только для поставок в заморские территории.

Успех технологии стерилизации зависит от степени уничтожения спор, а также от уровня инактивации (максимально необратимой) ферментов.

Известно, что ферменты обладают более высокой стойкостью к стерилизации, чем микроорганизмы. Эффективность обработки зависит от используемой технологии (и типа технологического оборудования), а также от присутствия в сыре веществ, активизирующих или подавляющих активность ферментов.

Кроме того, удалось установить, что стойкость ферментов, содержащихся внутри целых клеток, значительно выше стойкости ферментов, выделяющихся из физически разрушенных клеток.

Пока еще не удалось точно установить пределы инактивации ферментов, содержащихся в сыре. Определить условия, необходимые для обеспечения длительного хранения сыра, можно только с помощью испытаний по стерилизации.

---

* Французская регламентация по этому поводу гласит, что из соображений соблюдения требования гигиены замораживанию могут подвергаться лишь молочные продукты, следовательно, и сыры, изготовленные из молока пастеризованного в настоящем смысле этого слова, то есть дающего отрицательную реакцию при фосфатазной пробе. Это вполне объяснимое требование также способствует ограниченному применению технологии замораживания.

Поверхностная пастеризация. В 1951 г. Шульц (Schulz) [3] предложил технологию поверхностной пастеризации камамбера. Производившийся в то время типичный камамбер отличался от современного присутствием на гранях *Brevibacterium linens*. Это оправдывало проведение поверхностной тепловой обработки с целью подавления или, по крайней мере, ограничения высокой протеолитической активности этих микроорганизмов, ферментов красной слизи.

Позднее тот же автор вновь выступил со своими предложениями и выдвинул такие методы, как:

контактная обработка поверхности сыра с помощью нагретых плит;

облучение инфракрасными лучами;

опаливание пламенем газовой горелки;

обработка перегретым водяным паром.

Однако все эти методы создают опасность появления «ожогов» на плесневой корке, а также могут приводить к частичной потере сыром своего аромата. И наконец, простая обработка поверхности совершенно не обеспечивает полной инактивации ферментов.

Кроме того, эта технология не исключает опасность загрязнения обработанных сыров во время фасовки.

Тепловая обработка токами высокой частоты. Высокочастотное изменение полярности электрического тока (27,12—2450 МГц) в определенном электрическом поле полностью преобразуется в перемещения молекул [4]. Это вызывает мгновенное появление теплоты трения. Передача энергии происходит в полном объеме и мгновенно охватывает всю массу сыра (в противоположность тому, что происходит при классической стерилизации, когда источник теплоты находится вне сыра). Кроме того, исключается всякий перегрев.

Помимо таких параметров, как частота и сила электрического поля, эффективность этой технологии обусловливается:

консистенцией сырного теста;

содержанием воды (или сухого вещества) и ее распределением;

содержанием соли.

Имеющиеся в сырном тесте глазки могут явиться причиной возникновения электрической дуги и, следовательно, привести к «ожогам».

Кроме этого, использование температур выше 100 °С заставляет обеспечить противодавление, необходимое для компенсации избыточного парциального давления, возникающего из-за испарения сырной влаги.

Наконец, в целях предупреждения каких бы то ни было последующих загрязнений перед обработкой сыр должен быть упакован.

Для этого рекомендуется использовать термоформируемые многослойные материалы с низкой кислородопроницаемостью [5].

Использование алюминия, образующего абсолютный защитный барьер, герметичный даже по отношению к микроволнам, исключается. Поэтому следует применять многослойные материалы типа полиэтилен/ВХВД/полиэтилен (толщина 50/20/50 мкм) или полипропилен/ВХВД/полипропилен (75/20/75 мкм). Для изготовления глубокой тары практикуют использование дополнительного слоя из ориентированной полиамидной пленки полиамид ориентированный/полипропилен/ВХВД/полипропилен (40/50/20/50 мкм) [6].

Стерилизация в автоклаве. Использование классических методов стерилизации с передачей теплоты снаружи внутрь всегда ведет к определенным потерям теплоты, размер которых зависит от используемого оборудования (автоклава) и природы теплоносителя (вода, водяной пар или воздух) [7, 8].

Это предполагает, что для достижения в центральной части сыра температуры, необходимой для стерилизации, необходимо какое-то время, за которым следует определенный период выдержки при температуре стерилизации (обязательный), сопровождающийся охлаждением. Вследствие этого режим обработки регулируют таким образом, чтобы свести к минимуму разницу температур между наружной и внутренней частями сыра.

Использование температур ниже 110 °С при увеличенном времени выдержки приводит к появлению вкуса и запаха плавленого сыра. Часто наблюдается также появление коричневатой окраски, причина которой заключается в протекании реакции Майяра.

К этому следует добавить, что возможное появление стекловидной консистенции может являться результатом неправильного режима охлаждения.

При правильном проведении стерилизации камамбера его тесто не имеет сколько-нибудь значительных различий с тестом сыра, прошедшего обычный цикл созревания. Это было установлено на разрезах, выполненных микротомом, с последующим исследованием с помощью электронного микроскопа [9].

Результат стерилизации в автоклаве в значительной степени зависит от состояния сыра.

В качестве факторов, способствующих успешному проведению стерилизации, можно назвать:

а) содержание (повышенное) сухого вещества;

б) содержание спор микроорганизмов (молоко, подвергнутое бактоотделению или специально отобранное);

в) степень созревания сыра в момент стерилизации.

Несмотря на возможность стерилизации сыра типа камамбер без упаковки, рекомендуется предварительно упаковывать его в растительный пергамент или многослойный материал алюминий/растительный пергамент, соединенный методом экструзии с полиэтиленовой пленкой.

Для обеспечения сохранности плесневой корки бумага должна иметь возможность поглощать влагу (и конденсат) на поверхности сыра, поскольку повышенная влажность мицелия может привести к его автолизису во время последующего хранения продукта в банке.

В продаже встречаются стандартные банки из белой жести. С целью предупреждения внутренней коррозии поверхность должна покрываться слоем защитного лака (в большинстве случаев используются эпоксидно-фенольные лаки, подвергаемые обработке в печи). Выпускаются также банки, открываемые с помощью ключа.

Преимущество глубоких банок из штампованного алюминия, закрываемых заранее подготовленными крышками, заключается в легкости открытия и меньшей массе.

В любом случае диаметр и высота сыра, направляемого на стерилизацию в таре, должны соответствовать размерам этой тары с тем, чтобы пространство между ее стенками и поверхностью сыра было минимальным.

Для хранения стерилизованных сыров средней продолжительности (от шести до девяти месяцев) можно использовать ячеистую термоформируемую тару в виде ячеек, изготовленную из многослойных материалов, представленных в предыдущей главе (см. 2.3).

Для изготовления крышек используется подобный комбинированный материал меньшей толщины, внешний слой которого образован полиэфирной пленкой. Ввиду того что точка плавления полиэфира лежит выше, чем у полиэтилена или полипропилена, эта пленка не прилипает к оснастке, используемой для закрытия крышек (пример: полиэфир/полипропилен/ВХВД/полипропилен: 12/35/20/50). Термоформируемым ячейкам можно придавать форму, точно соответствующую форме упаковываемых сыров.

Коэффициент теплопередачи, являющийся показателем скорости передачи теплоты при стерилизации, составляет около 0,19 по сравнению с 61 у банки из белой жести. Это позволяет соответственно сократить продолжительность стерилизации, что, в свою очередь, благоприятно сказывается на таких показателях, как внешний вид, вкус и аромат сыра после обработки.

Отношение массы пустой тары к массе порции сыра 125 г составляет 1 : 3,3 при использовании белой жести и оказывается более оптимальным (1 : 28) при использовании полимерных упаковочных материалов.

Во время хранения объем, необходимый для одной банки из белой жести или алюминия, составляет 308 см³, в то время как для хранения комбинированных материалов (в рулоне перед термоформированием) достаточно лишь 2,3 см³.

Следует, однако, заметить, что при стерилизации мягких сыров с использованием полимерной пленки следует принимать определенные меры предосторожности:

а) толщина термоформируемой (штампуемой) пленки (многослойного материала) должна быть не ниже определенного минимума (из соображений проницаемости);

б) сварной шов должен быть герметичным и равномерным;

в) противодавление в автоклаве не должно быть чрезмерным.

В противном случае мицелий будет вдавлен в сырное тесто, расплавится и практически исчезнет с поверхности сыра, которая таким образом будет оголена.

Недавно была запатентована так называемая смешанная технология. После автоматической упаковки головок сыра в комбинированный материал алюминиевая фольга/полиэтиленовая пленка/растительный пергамент (или пергамин) они помещаются в тубы из нержавеющей стали, герметически закрываемые и стерилизуемые в автоклаве без противодавления. Эти тубы, находящиеся под небольшим внутренним давлением, сохраняют форму сыра при размягчении. В соответствии с этим патентом стерилизация проводится при температурах несколько выше 90 °С в течение 30—50 мин.

После охлаждения туб (проводящегося в ускоренном режиме с целью быстрого застывания сыра), фасованный продукт упаковывается в термоформируемую тару, выполненную в виде групповых ячеек из комбинированного материала типа полиамид/полиэтилен, предусмотренную для хранения продукта лишь в течение нескольких недель. Наружная картонная упаковка, форма которой соответствует форме термоформируемой тары, идентична классическим видам упаковки, используемым для сыров типа камамбера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fédération Internationale de Laiterie, 1982. F, Doc. 86.
2. Dubuy, 1980. Food Process Ind., Sept., 52—53.
3. Schulz M. E., 1951. Deutsch. Molk. Ztg., 72658.
4. Bomar M. T. et Grunewald T. H., 1972. Lebensmit. Wiss. u. Techno., vol. 5, 166—171.
5. Heim W., 1972. Verpack Rdschau, 11, 1344—1350.
6. Stehle G., 1980. Verpack Rdschau, 670, 672, 674, 678, 680, 681.
7. Paulus K., 1973. Verpack Rdschau, Sonder, 22—27.
8. Stehle G., 1978. XXème Congrès International de Laiterie, vol. D, 5, 1092—1093.
9. Knoop A. M. et Peiers K. M., 1978. Deutsch. Molk. Ztg., F34, 1186—1187.

Часть V

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА

Глава 19

ПЛАВЛЕНЫЕ СЫРЫ

Ж. П. Патар*

1. Плавление — дополнительный этап технологии производства сыра

В конце XIX — начале XX вв. были предприняты значительные усилия (в частности, в Германии и Швейцарии) по экспорту сыра в страны с жарким климатом. В то время еще не существовало единых систем производства искусственного холода, а население практически не имело бытовых холодильников. В тот период определенные положительные результаты были получены в области фасовки в мелкую металлическую тару (обычно вместимостью до 300 г) мягких сыров (камамбер) или сыров типа голландского; после заполнения металлические банки подвергались тепловой обработке — пастеризации, но не стерилизации. Следует заметить, что зрелый сыр с низким содержанием минеральных солей довольно хорошо выдерживал такую тепловую обработку.

Испытания, проведенные на прессуемых сырах с высокой температурой второго нагревания (грюйер, эмментальский), напротив, потерпели полную неудачу. Эти сыры с очень сильно выраженной структурой полностью распадались, превращаясь в разнородную массу, состоящую из параказеината кальция, жира и водного раствора.

В 1911 г. швейцарской фирме «Жербе» («Gerber») удалось решить эту проблему. Очищенные от корки сыры грюйер и (или) эмментальский тщательно измельчали, а затем нагревали до 80 °С с перемешиванием в растворе цитрата натрия (возможно, что блюдо «фондю», приготовляемое из плавленого сыра с белым вином, содержащим тартраты, натолкнуло исследователей на мысль использовать натриевую соль другой винной кислоты — многоосновной). Кроме этого, преимущество использования цитрата заключалось еще и в том, что он входит в состав основных естественных компонентов молока. Практикой было установлено, что сыр образовывал своего рода «грунт», который можно было упаковывать в металлический лист, а после охлаждения он превращался в «желеобразную» массу без корки с высокими вкусовыми качествами, напоминавшими вкус исходного сыра, и при правильном регулировании кислотности пригодную для длительного хранения. Так родился плавленый сыр.

Проведенные впоследствии исследования позволили установить, что в химическом плане речь идет о внутреннем ионном обмене, когда цитрат натрия связывает кальций и, таким образом, преобразует термолабильный параказеинат кальция в параказеинат натрия, переходящий в состояние теплоустойчивого коллоидного раствора. По мнению авторов, исследователи недостаточно подчеркивают тот факт, что при внесении цитрата натрия присутствуют также все остальные ингредиенты независимо от того, претерпевают они какие-то изменения или нет. В частности, не происходит блоки-

* J. P. Patart.

рования кальция каким-то механизмом. Некоторые формы восстановления, требующие присутствия кальция, могут появляться в ходе охлаждения и после него. Поводом для размышлений может послужить и такой органолептический показатель, как полное отсутствие аромата у плавленого сыра в течение первых часов после его изготовления. Он приобретает весь объем присущего ему аромата спустя неделю.

То, что справедливо в отношении цитрата натрия, в той же мере относится и к другим веществам, образующим комплексы с кальцием; это, если говорить о казеиновой фракции сыра без учета требований к его пищевым свойствам и консистенции, позволяет прийти к следующему схематическому заключению:

сыр (параказеинат кальция)+вода+вещество, образующее комплекс с кальцием+воздействие теплоты+механическая обработка→плавленый сыр (параказеинат натрия) после охлаждения.

Что касается жировых шариков, то при температуре 70—80 °С разрушаются их оболочки, вслед за этим появляются новые защитные оболочки, состоящие главным образом из параказеината натрия.

В продолжение разговора об истории плавленых сыров можно упомянуть тот факт, что начиная с 1917 г. в США используют смесь цитратов и ортофосфатов, а простота плавления сыра чеддер позволила плавленому сыру обрести большой и длительный коммерческий успех на рынке Северной Америки.

В европейских странах решение проблемы потребовало более значительных усилий, поскольку основным исходным материалом долго считались прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания. Весьма крупный шаг вперед был сделан лишь приблизительно в 1930 г. благодаря использованию полифосфатов (линейных) натрия, являющихся продуктом тепловой конденсации ортофосфатов. Параграф 3 настоящей главы содержит ряд объяснений относительно этих полифосфатов. В зависимости от того, доминируют ли в смеси этих солей полифосфаты с длинной (высшие полифосфаты) или короткой цепочкой (дифосфаты), можно получать плавленые сыры с длинноволокнистым тестом (соответствующие отдельно упаковываемым ломтям сыра или ломтям, отрезаемым от блока) или сыры с коротковолокнистым тестом (пастообразные). Последние получают за счет пастообразования, достигаемого при перемешивании сыра в нагретом состоянии; цель этой операции заключается в гидратации претерпевших более или менее значительные изменения мелких частиц «грунта», что улучшает консистенцию (компенсируемую за счет добавки воды) одновременно с повышением намазываемости готового продукта. В этот период в Европе значительно выросло производство плавленых сыров из прессуемых сыров с высокой температурой второго нагревания, отличающихся прочной структурой параказеината кальция.

Производство плавленого сыра, представляющее собой дополнительный этап технологии сыроделия, вносит в эту отрасль пищевой промышленности не только новые элементы с точки зрения исполнения продукта (отсутствие корки, простота фасовки и распределения), его хранения (устойчивость консистенции), гигиены производства (отсутствие патогенных микроорганизмов) и перевариваемости (pH 5,3—5,8), но также и с точки зрения однородности и воспроизводимости качества технологической надежности. Согласно заслуживающим доверия сведениям, полученным из компетентного частного источника, мировой объем производства плавленых сыров в 1981 г. составил 1 355 000 т (во Франции 85 000 т). Перед второй мировой войной в качестве исходного сырья для производства плавленых сыров частично использовали круги сыра с высокой температурой второго нагревания, отличавшегося высокими вкусовыми качествами, но не принимаемого для реализации вследствие различных пороков внешнего вида (например, самокола). В настоящее время можно сказать, что развитие технологии сыроделия в целом позволяет его области, занимающейся выпуском плавленых сыров, использовать высококачественные сыры классических сортов и специально разработанное для нее сырье (с соответствующей величиной показателя pH), отличающееся простотой обработки и использования. Не следует смешивать продукцию,

выпускавшуюся во времена материальных затруднений (во время и после мировых войн), с той, которая выпускается в наши дни. Следует также отметить, что предприятия по производству плавленых сыров могут служить в качестве своеобразных компенсаторов, принимая на себя пиковые нагрузки, имеющие место в сыроделии.

В настоящее время производство плавленых сыров завоевало положенное ему по праву место и представляет собой хотя и дополнительный, но по достоинству оцениваемый всеми этап технологии сыроделия.

2. Оборудование для производства плавленого сыра

Это оборудование значительно отличается от машин, применяемых обычно для выпуска других молочных продуктов.

При рассмотрении теоретического аспекта производства плавленых сыров авторы исходили из того, что этот процесс начинается с получения предварительно очищенных от корки и измельченных сыров. Эти операции выполняют с помощью специальных установок после предварительной очистки поверхности сыра путем резки, дробления, вальцовки сырной массы или с помощью терок или куттеров.

Круглые головки твердого сыра очищают традиционным способом, то есть с помощью скребков. В настоящее время для этого начинают применять методы, разработанные для промышленного производства фасованного ломтевого сыра, например, используют струи горячей воды с высоким давлением. В случае поступления на переплавку сыров прямоугольной формы с восковым покрытием или мягких принимаемое решение зависит от конкретных обстоятельств. Часть сыров, предназначенных для переработки, поступает в виде крупных блоков, упакованных в полимерную пленку, что позволяет заменить операцию очистки от корки простым снятием упаковки без потери продукта.

Долгое время сыры нарезали с помощью устройств, напоминающих бумагорезательные машины — стопорезки, или с помощью машин, в которых головки сыра проталкивались через группы параллельных ножей. Ломти сыра, получавшиеся при резке различных партий, использовались для составления тщательно разработанных смесей (в зависимости от сортов сыра и степени его созревания), позволяя регулировать различные параметры (в частности, консистенцию, вкус, pH готового продукта).

Смесь исходного сырья подавалась в машины для измельчения (волчки, снабженные шнеками большого диаметра, подающими ломти сыра в пространство между неподвижной решеткой и подвижным ножом) и на вальцовку (с валками-измельчителями). Это позволяло получать тонкоизмельченную сырную массу (в США иногда использовались крупные терочные машины). Затем порошкообразная сырная масса подавалась в смесители, подобные тестомесильным машинам, где она соединялась с другими компонентами главным образом молочного происхождения (например, с маслом или сухим молоком), за счет чего получалась более или менее однородная масса.

В настоящее время в производстве плавленых сыров все большее применение находят крупные резательные машины (высокоскоростные куттеры, часто используемые в производстве колбасных изделий), заменяющие прежние резательные машины, волчки, вальцы и смесители. В них можно подавать крупные блоки сыра. Кроме этого, как будет показано ниже, некоторые системы могут обеспечивать варку и даже стерилизацию и откачку продукта.

Основная операция технологии производства плавленого сыра — плавление. В самом начале выпуска такого сыра европейские фирмы использовали круглые котлы-смесители, снабженные месильной лопастью и герметичной крышкой, которые в большинстве случаев подключались к линии частичного вакуума (обеспечивавшей герметичное закрытие крышки и удаление воздуха, присутствие которого всегда отрицательно сказывается на перерабатываемых эмульсиях). Эта установка позволяет осуществлять подачу пара (для

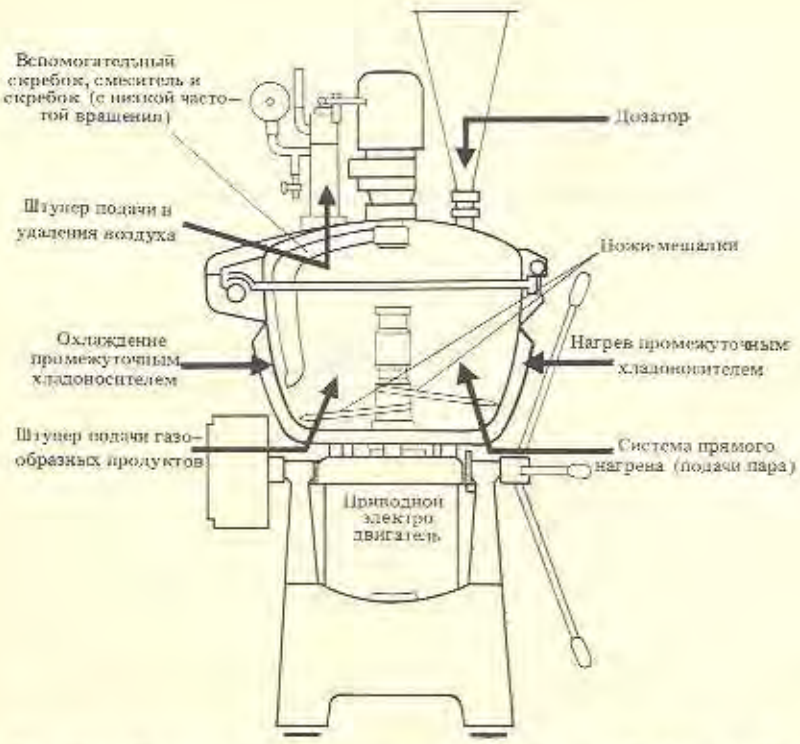


Рис. 19.1. Комплексная куттерная установка (фирма «Стефан», г. Хамельн, ФРГ, модель ИММ/КЕ-11)

нагревания), воды, растворов солей-плавителей и т. д. Двойная стенка установки обеспечивает дополнительный обогрев. Эта система позволяет достигать температуры 75 °С и выше (минимальная температура для плавления сыра; дело в том, что содержащиеся в расплавленном сыре споры микроорганизмов гораздо лучше выдерживают в нем воздействие теплоты, чем в водном растворе или молоке)*.

Некоторые котлы могут работать под давлением, что позволяет поднимать температуру приблизительно до 110 °С. К сожалению, температура повышается довольно медленно. Охлаждают массу путем сброса давления или за счет подачи холодной стерилизованной воды. В США долгое время использовались котлы-смесители горизонтального типа, оснащавшиеся шнеками и двойными теплообменными рубашками, но без вакуум-насосных установок. Круглые и горизонтальные котлы-смесители продолжают применять и в настоящее время, особенно для выработки ломтевых сыров (с длинноволокнистой консистенцией), но их все чаще вытесняют установки типа куттеров (см. выше), снабженные системами подачи пара и служащие для производства пастообразных сыров. Подобные установки выпускаются рядом фирм. В качестве примера на рисунке 19.1 приведена установка фирмы «Стефан» (Stephan») (ФРГ).

* Одна из причин повышенной термостойкости микробных клеток в массе для плавленого сыра — более низкое, чем в молоке, значение активности воды. — *Прим. ред.*

В отношении стерилизации следует отметить, что горячий расплавленный сыр прилипает к нержавеющей стали, поскольку, если он изготовлен с соблюдением всех требований технологического процесса, обладает низким поверхностным натяжением, а жир, находящийся в состоянии однородной эмульсии, не обеспечивает никакого смазывающего эффекта. Стерилизаторы, используемые для молока, как правило, оказываются непригодными, поскольку в них тотчас же наблюдается эффект «пригорания». Хорошие результаты дает использование стерилизаторов, оснащенных скребками, главными составными частями которых являются две коаксиально расположенные трубы. Внутренняя труба, по которой отводится расплавленный сыр, снабжена ножевыми скребками, закрепленными на центральном валу. В наружную трубу подается теплоноситель. Эти установки могут применяться также для более тонкой разработки консистенции продукта (см. ниже) или для его охлаждения, но степень рекуперации теплоты в этом случае незначительна. Существуют также другие типы машин [например, установка «Шок» («Choc»), выпускаемая в Швейцарии фирмой «Кюстнер С. А.» («Kustner S. A.»)], основанные на подаче пара при прохождении продукта через устройство стерилизации (стерилизация продукта может проводиться при температурах, регулируемых в пределах от 100 до 145 °С в течение ≈5—15 с). Последующее расширение в условиях вакуума снижает температуру продукта до 90—93 °С. Несмотря на то что принцип работы этой установки отличается от установок типа куттера, она обеспечивает выполнение технологических операций как на начальном (смешивание и плавление), так и на завершающем этапе (регулирование консистенции) технологического процесса.

Стерилизация хорошо подходит только для пастообразных плавленых сыров, так как она приводит к значительной гидролизации высших и средних полифосфатов в дифосфаты и к расщеплению белковых цепей, в результате чего появляются сырные массы с коротковолокнистой структурой.

В настоящее время сыроделы повсеместно отказались от использования гомогенизаторов в прямом смысле этого слова, поскольку результатом их применения является получение безвкусного готового продукта белого цвета. И напротив, использование установок типа куттеров, их насосных систем или вспомогательных насосов обеспечивает незначительный, но благотворный эффект гомогенизации.

Горячий и жидкий плавленый сыр почти всегда должен подвергаться обработке, цель которой заключается в регулировании его консистенции. Сыр перемешивается либо в установках, аналогичных стерилизаторам со скребками (см. выше), но не имеющих скребков и теплообменных рубашек (ротор снабжен небольшими лопатками), либо в емкостях с месительными лопастями. Температура нагревания и продолжительность нахождения продукта в установке зависят от начального состояния пастообразования и консистенции, необходимой для упаковки.

Во избежание повторного загрязнения продукта подачи сыра на фасовку все чаще осуществляется с использованием трубопроводов из нержавеющей стали, питающих разливочные машины. Эти последние обеспечивают высокоскоростную фасовку (от 60 до нескольких сот порций в минуту) жидкого и горячего плавленого сыра в лакированную алюминиевую фольгу или термосвариваемую тару из полимерного материала. Следует также отметить, что плавленый сыр может упаковываться в тубы или консервные банки, а также в полимерные пленки, придающие ему сходство с колбасой. Для ломтевого сыра можно применять разливочную машину, заполняющую горячим сыром пакеты из полимерной пленки, или использовать в качестве исходного продукта блоки плавленого сыра (охлаждаемые и разрезаемые), или же подавать расплавленный сыр на охлаждаемые и вращающиеся металлические плоскости. В этом случае плавленый сыр образует полосы большой длины (длинноволокнистая структура обязательна), которые затем подаются на резку и автоматическую упаковку. Если речь идет о других способах изготовления ломтей, помимо способа заливки в пакеты, следует обращать внимание на самый строгий контроль чистоты воздуха в производственных помещениях, особенно в отношении возможного присутствия в нем плесневых микроорганизмов.

3. Соли-плавители и другие технологические добавки

Достаточно объемные перечни, фигурирующие как во французской регламентации, так и в стандартах (ФАО/ВОЗ*) [1], предложенных на рассмотрение правительственных органов, могут создать впечатление, что используется большое количество добавок. Практически же в качестве солей-плавителей используются лишь следующие вещества (буква Е, сопровождающаяся цифровым индексом, соответствует нумерации, принятой странами — членами ЕЭС): лимонная кислота (Е 330); цитраты натрия (Е 331); ортофосфаты натрия (Е 339) и полифосфаты натрия (Е 450).

Как уже было показано выше, цитраты натрия являются хорошими комплексообразователями по отношению к кальцию. Они позволяют получать расплавы, имеющие почти одинаковую длину волокна сырного теста, что и исходное сырье, и, таким образом, в случае использования без других технологических добавок плохо подходят для производства бутербродных плавленых сыров, для которых необходима коротка цепочка (за исключением сырья с высоким уровнем зрелости, приводящего к получению неустойчивых по своему характеру плавленых сыров). Цитраты натрия упрекают также в появлении эффектов «мраморности», связанных, как правило, с присутствием микрокристаллов на основе кальция.

В англосаксонских странах ортофосфаты натрия уже давно используются в сочетании с цитратами для плавления чеддера. В европейских странах их применяют также в сочетании с полифосфатами, в частности, из-за их весьма сильно выраженной способности к регулированию pH, а также из-за их буферных свойств.

Линейные полифосфаты** получают из ортофосфатов высокой чистоты путем высокотемпературной конденсации (см. табл. 19.1). В то время как дифосфаты (или пирофосфаты) и триполифосфаты получают в соответствии с четко определенной химической формулой, полифосфаты, содержащие четыре и более атомов фосфора, дают в нагретом состоянии стекловидные продукты, которые после охлаждения превращаются в порошок.

Стекловидные продукты представляют собой смеси полифосфатов с более или менее длинной цепью (так, тетрафосфат представляет собой смесь полифосфатов от дифосфата до октофосфата). Их точный состав можно определить с помощью метода хроматографии. Содержание фосфора в них возрастает вместе со степенью конденсации и достигает (в пересчете на P_2O_5) 68—69% в соли Грахама (Graham). В плане плавления сыра дифосфаты (прежнее название «пирофосфаты») четко отличаются от других полифосфатов своей заметной способностью к пастообразованию. Напротив, высшие полифосфаты обладают низкой способностью формировать пастообразную консистенцию, но высокой — к образованию комплексов с кальцием.

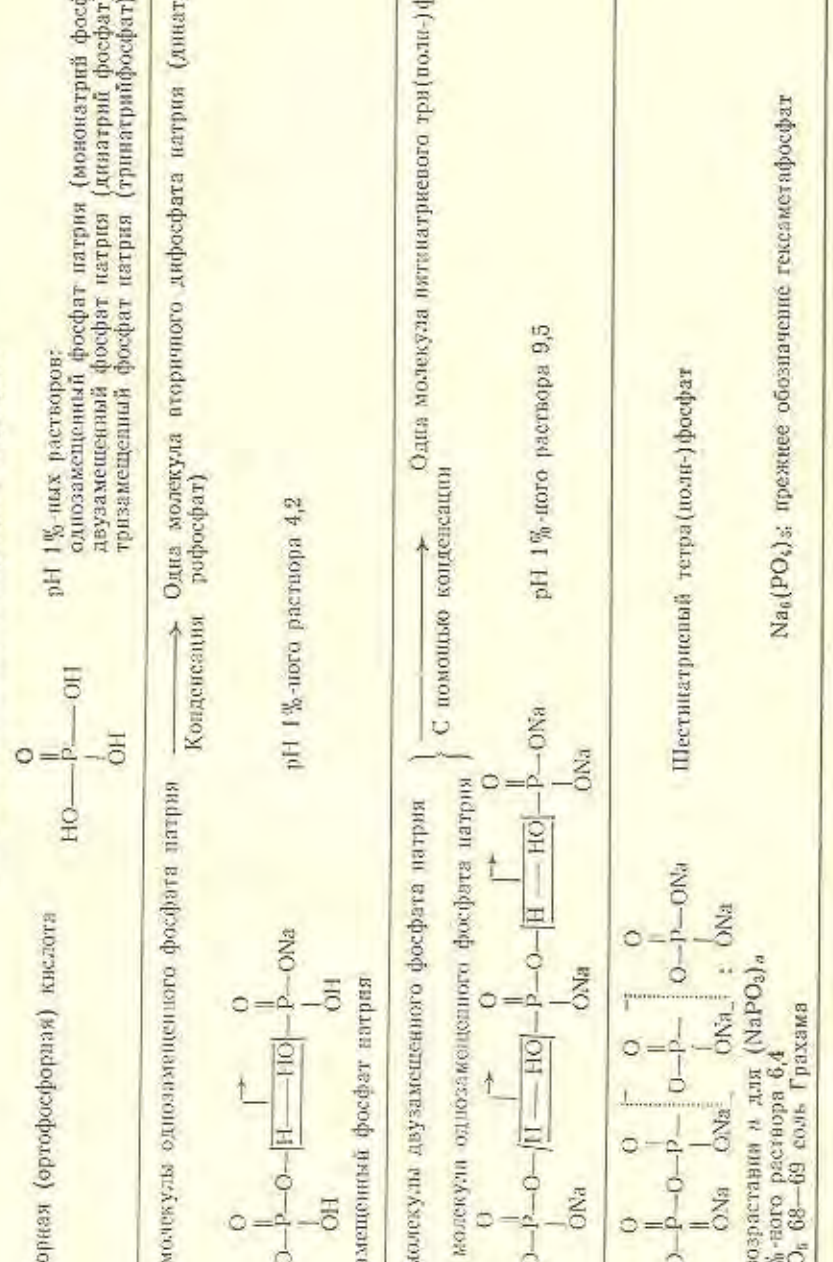
По мнению авторов, следует обратить особое внимание на понятие, которому слишком часто не уделяют достаточного внимания: полифосфаты, действующие в процессе плавления и после него, отличаются от тех, которые вносятся в его ходе. Это объясняется их гидролизом и снижением уровня конденсации в присутствии воды; на заключительном этапе речь идет о дифосфатах и ортофосфатах. Это означает, что соли-плавители в случае их использования в высоко- или среднеконденсированном виде прежде всего действуют как вещества, образующие комплексы без формирования пастообразной консистенции, а затем (ввиду медленного протекания гидролиза дифосфатов в ортофосфаты) в виде агентов пастообразования, при этом происходит повышение содержания дифосфатов. Это явление продолжается и после окончания плавления (при медленном охлаждении) и даже во время хранения готового сыра.

---

* См. с. 468 и 471.

** В процессе их производства происходит образование (в виде неизбежных технологических примесей) метафосфатов (циклических). Последние не оказывают никакого токсического воздействия и в процессе плавления распадаются на ортофосфаты.

19.1. Конденсированные монофосфаты и фосфаты



Этот медленный гидролиз приводит к появлению новых кислотных функций. Он влечет за собой уплотнение сырного теста и блокирует возможное повышение pH.

Само собой разумеется, что эффективность воздействия солей-плавителей достигается только при условии их готовности к использованию. Поэтому они должны растворяться при соприкосновении с перемешиваемым и нагретым сыром или вноситься в него в состоянии раствора. Их воздействие оказывается наиболее эффективным при использовании в состоянии концентрированного раствора. В пастообразном сыре, требующем хорошей способности к формированию пастообразной консистенции, плавление часто начинают с внесения соуса или концентрированного раствора солей-плавителей. На стадии расслоения, соответствующей важному этапу гидратации, в сыр вносится дополнительное количество воды, предусмотренное исходной формулой.

Многие исследователи занимались изучением воздействия полифосфатов на организм человека. Было установлено, что поглощение этих веществ происходит только в виде ортофосфатов [2], в отношении которых не существует никаких противопоказаний. Единственным параметром, подлежащим контролю, является поглощенная человеческим организмом доза фосфора [в отношении дозы неорганического фосфора можно сослаться на работу Пфейфера (Pfeiffer)] [3]. К этому можно добавить, что при изготовлении плавленого сыра хорошие результаты получают при максимальной дозе солей-плавителей в размере 3% объема готового продукта, обычно эта доза бывает гораздо менее значительной. Использование чрезмерно высокого количества солей-плавителей приводит к появлению неустойчивой структуры, слишком плотной консистенции и появлению соленого привкуса, объясняющегося, по всей вероятности, тем, что соли-плавители утрачивают свой вкус только в случае образования ими комплексов с составными частями сыра. Поскольку сыр отличается высоким содержанием кальция и витамина D, специалисты-диетологи считают, что это не дает повода для беспокойства. Как правило, они рекомендуют, чтобы размер добавок фосфора в продукты питания имел тот же порядок величины, что и размер добавок кальция; на деле в режимах питания стран с высоким уровнем благосостояния действительные добавки фосфора имеют более высокие размеры, что, однако, не приводит к сколько-нибудь серьезным проблемам. Не следует переоценивать роли соотношения Ca/P (за исключением продуктов питания для грудных детей), как это делали в 40-х годах [4].

Продолжая разговор о проблемах питания, авторы считают возможным заметить, что плавленый сыр представляет определенный интерес также и с точки зрения кислотности (обычно его pH составляет от 5,3 до 5,8), отсутствия в нем термолабильных бактерий (и, в частности, колиформ), невысокого количественного содержания в нем спор микроорганизмов в целом, а также с точки зрения присутствия в нем жиров в состоянии весьма однородной эмульсии. Наконец, и это достаточно важно, питательная ценность плавленого сыра выше, чем сыра, используемого в качестве исходного сырья для переработки. По этому поводу можно опереться на последние работы и, в частности, на те из них, которые касаются ферментативного переваривания продукта in vitro [2].

В стандартах ФАО/ВОЗ содержатся упоминания о многих других добавках [1], используемых в производстве плавленых сыров. В самом начале освоения этого производства проводились эксперименты по внесению в них различных антисептических препаратов. К тем, которые применялись дольше других, следует отнести перекись водорода высокой степени чистоты (перекись водорода, полученная путем электролиза), а также нитраты, хлораты и броматы. В наше время использование подобных добавок технически не оправдано. Низин и лизоцим не представляют никакой пользы для плавленых сыров, производство которых ведется в условиях высоких температур. Они могут применяться лишь для блочных или ломтевых плавленых сыров. Сорбиновая и пропионовая кислоты и их соли могут оказаться полезными в производстве ломтевых сыров в качестве средств, предупреждающих

развитие плесневых микроорганизмов; камеди или аналогичные им продукты — для продуктов, приготовляемых на основе плавленого сыра. В классических плавленых сырах их не используют.

4. Уточнение некоторых технологических и научных понятий

Исследованию пептизации (фракционирования) белковых веществ на первом этапе плавления был посвящен целый ряд научных работ. Было установлено значительное повышение количественного содержания неосаждающегося азота и свободных аминокислот [5]. Для изучения роли различных солей-плавителей и влияния pH на пептизацию была предложена модель системы, состоящей из параказеината кальция [6].

Все авторы единогласно склоняются к мнению, что плавление не оказывает влияния на жировые вещества и что жировые шарики, содержащиеся в плавленом сыре, защищены оболочкой, состоящей главным образом из параказеината натрия и заменяющей собой прежнюю оболочку. Согласно мнению, выраженному в одной из работ японских исследователей [7], эмульгирующее воздействие, определяемое отношением эмульгированные жировые вещества/белок, тем более ощутимо, чем менее зрелым оказывается сыр, используемый в качестве исходного сырья, и чем выше уровень конденсации фосфатов, используемых в качестве солей-плавителей.

Для получения плавленого сыра с длинноволокнистой структурой следует использовать в качестве исходного сырья сыр с достаточно сильно выраженным сычужным характером в ранней стадии зрелости, то есть с длинноволокнистой структурой. Замена в параказеинате кальция части ионов кальция ионами натрия ведет к разрыву некоторых связей, обеспечивая возможность перехода в коллоидное состояние, но сохраняет неповрежденными многие другие связи. При наблюдении за горячим продуктом после его перехода в состояние коллоида (первая стадия) можно убедиться, что он не теряет своей упругости. Поэтому не вызывает удивления и тот факт, что после охлаждения, несмотря на внешнюю однородность, его структура сходна со структурой того сыра, который был использован в качестве исходного сырья. Может быть, здесь произошла перестройка структуры с помощью кальция, который не выпадал из общего состава смеси?

Но когда на втором этапе плавления применяется более высокая температура, позволяющая перейти от глубокой пастеризации почти к стерилизации, химические взаимодействия в водной слегка подкисленной среде, в которой действуют ионы самого разного происхождения, становятся более интенсивными. Разрушаются другие связи, особенно если белковые вещества, содержащиеся в исходном сырье, уже претерпели определенные «повреждения» под воздействием молочной кислоты и в результате различных видов активности ферментов в процессе созревания. Поливалентные анионы солей-плавителей и, особенно, анион вторичного фосфата натрия (в силу своих небольших размеров) фиксируются на модифицированных белковых веществах, усиливая их гидрофильный характер. Образуются также и другие связи, молекулы увеличиваются в размерах, объединяются в частицы, поглощающие большие количества воды; все это влечет за собой повышение вязкости коллоидной массы. Это явление называется пастообразованием. Оно появляется во время варки, но продолжается при охлаждении и в процессе хранения готового продукта.

В случае, если процесс пастообразования заходит слишком далеко, нарушается целый ряд состояний равновесия, образуются нерастворимые в воде сложные соли фосфопротеиновых соединений, наблюдается разделение жира и влаги, это избыточное пастообразование, которое может наблюдаться также и во время хранения готового продукта. В любом случае это серьезный технологический порок сыра.

До сих пор еще ничего не было сказано о предварительном плавлении, то есть об уже расплавленном сыре, который может или должен вноситься

в сыры, предназначенные для плавления. В случае использования обезжиренного сыра, который не обладает эффектом пастообразования, такое предварительное плавление оказывает незначительное воздействие на структуру продукта, но может оказаться полезным в плане резервирования незрелого сыра, используемого в качестве сырья. Жирный сыр обеспечит возникновение или ускорит процесс пастообразования. Именно поэтому его применяют в больших пропорциях (например, 20 или 30%), если стремятся получить плавленый сыр с хорошей намазываемостью из исходного сырья с достаточно сильно выраженным сычужным характером и к тому же находящегося на ранней стадии созревания. Предварительное плавление сырья с очень высоким (и тем более с чрезмерно высоким) уровнем пастообразования представляет огромную опасность для качества готовой продукции. Такой сыр может быть использован как сырье в незначительных количествах и только в сочетании с основным сыром, предназначенным для плавления, находящимся на самой ранней стадии созревания. Даже в количестве 1% общего объема сырья такой предварительно расплавленный сыр может привести к чрезмерно пластичной консистенции готового продукта. Несмотря на то что специалисту, занимающемуся плавлением сыра, приходится контролировать множество параметров, обусловливающих качество готовой продукции, можно сказать, что его искусство сводится к умению управлять пастообразованием. В таблице 19,2 приведен ряд практических рекомендаций, обеспечивающих получение плавленого сыра с нормальной структурой.

По этому поводу можно также опереться на работу, посвященную влагопоглощению и вязкости плавленого сыра, а также их взаимосвязи. Приведенные в ней данные сравнимы с теми, которые были получены при исследованиях казеина в сычужных сырах [8]. Некоторые параметры структуры явились предметом исследований с использованием электронного микроскопа [9]. Имеется также исследование [10], посвященное влиянию продолжительности выдержки при высокой температуре на содержание в плавленом сыре свободной и связанной воды. Само собой разумеется, необходимо также стремиться к достижению устойчивости плавленого сыра в физико-химическом отношении, в частности, путем регулирования целого ряда взаимосвязанных параметров: отношение «вода/обезжиренный сыр, pH, титруемая кислотность», а также отношение между содержанием азота в осадке, полученном при обработке квасцами (которое рассматривается в производственной практике [11] как показатель содержания нерасщепленных казеинов), и между общим содержанием азота. Положительные результаты по микробиологической сохраняемости достигаются при использовании качественного сырья с нормальной консистенцией, при применении пастеризации, близкой к режиму стерилизации, и при достижении приемлемого конечного значения показателя pH (как правило, в пределах между 5,3 и 5,8). Этот последний должен поддерживаться на низком уровне, но во избежание появления неустойчивости и кислого привкуса у готового продукта недопустимо снижать pH с помощью солей-плавителей более чем на 0,4.

Необходимо также с особой тщательностью относиться к упаковке готового продукта с целью предупреждения его усушки и (или) загрязнения. Это обеспечивается благодаря фасовке плавленого сыра в горячем виде, а также использованию термосвариваемых листовых упаковочных материалов или герметичной тары. Выше уже неоднократно говорилось о сыре, используемом в качестве исходного материала для плавления. Априори, можно было сказать, что их основные качества — пищевая ценность и аромат. В действительности же к ним следует добавить еще одно качество — консистенцию.

Для плавления лучше всего подходят сыры с достаточно сильно выраженным сычужным характером, с относительно низким pH после созревания (порядка 5,3—5,5), сыры, в которых белковые вещества не подвергались чрезмерному расщеплению (чеддер, эдамский, гауда). Сыры типа грюйера и эмментальского отличаются исключительно прочной структурой и более высоким pH, их плавление происходит сложнее.

Относительно высокое содержание влаги в некоторых сырах (например, сен-полэн) является источником дополнительных затруднений, поскольку, если учесть еще и воду, попадающую в состав растворов солей-плавителей, и конденсат, образующийся при подаче пара, оператору плавильной установки бывает трудно выдерживать требования к содержанию воды в готовом продукте.

Мягкие сыры отличаются высоким содержанием влаги и с трудом поддаются поверхностной очистке. Входящие в их состав белковые вещества часто бывают сильно расщеплены. Во многих случаях для таких сыров характерен высокий уровень pH. Если в состав смеси исходного сырья не вносятся сычужные сыры в ранней стадии зрелости, плавление мягких сыров может быть связано с определенными затруднениями.

Как уже было показано авторами при рассмотрении проблемы пастообразования, структурные превращения при созревании сыров, предназначенных для плавления, играют важную роль в их исследование представляет огромный интерес для специалистов, занимающихся производством плавленых сыров. Не претендуя на исчерпывающий характер предлагаемых сведений, авторы считают необходимым привести в качестве примера ряд статей, посвященных сыру грюйер [12], сырам, изготовляемым из кислого молока и хорошо известным в Германии под маркой «Sauermilchkäse» [13], а также таким сырам, как гарцский, тильзит и камамбер [14]. Если после продолжительного созревания в сырной массе наблюдается появление мелких кристаллов, например тирозина, это может создать опасность для будущего плавленого сыра, поскольку кристаллики могут стать очагами роста отдельных кристаллов или их образований.

5. Расширение ассортимента и будущее плавленого сыра

5.1. Порционирование и упаковка

Никакой другой вид сыра, кроме плавленого, не дает столь широких возможностей в плане порционирования и упаковки, возможностей, отвечающих, как правило, требованиям потребительского спроса. Наиболее распространенный вид фасовки плавленого сыра во Франции — упаковки индивидуальных порций треугольной формы (вес которых составляет обычно от 20 до 30 г) в термосвариваемую алюминиевую фольгу, покрытую защитным слоем лака, с последующей их укладкой в круглые картонные коробки. Такая фасовка упрощает распределение сыра в рамках отдельных групп людей (например, в семье и т. д.). Фасовка же с использованием новых форм с внесением соответствующих изменений в структуру и консистенцию продукта может привести к появлению новых видов использования продукта, то есть к появлению новых рынков сбыта. По этому поводу авторы считают необходимым привести два поразительных, на их взгляд, примера: большим спросом пользуются небольшие порции массой 5 г, предлагаемые в качестве закуски для аперитива, и порции в виде тонких квадратных ломтей, используемые для приготовления бутербродов с бескорковым хлебом и горячих сэндвичей.

5.2. Структура, консистенция, вкусовые качества

При получении плавленого сыра, напоминающего исходный сыр, использованный для его изготовления (например, если речь идет о сырах типа грюйера или эмментальского), можно стремиться к получению плавленых сыров, имеющих аналогичный с ними аромат и такое же длинноволокнистое и плотное тесто. У плавленых сыров, отличающихся хорошей намазываемостью (то есть сыров с коротковолокнистой структурой), можно получить аромат, напоминающий аромат того или иного сыра или какой-то смеси сыров.

19.2. Переход структуры сыра, служащего в качестве исходного сырья для плавления, в структуру плавленого сыра

	Длинноволокнистая структура (Незрелый сыр)	Коротковолокнистая структура (Зрелый сыр)	Разрушенная структура (Сыр с дестабилизированной структурой, часто встречаются кристаллы, «слезы» и т. д.)
А — сыр, используемый в качестве исходного сырья для плавления*			
Б — плавление	*b3* *b2* *b1*	(См. ниже)	
В — плавленый сыр			
В1 — для непосредственного употребления	Блоки и ломти (упругое тесто с длинноволокнистой структурой)	Индивидуальные порции, стаканчики (пастообразный сыр)	Продукт, не отвечающий приемочным критериям, с неустойчивой структурой [пудинговая структура с водяными и (или) жировыми подтеками]. Реализации не подлежит
В2 — для повторного использования в плавлении	Предварительное плавление, удобное при резервировании (во всех случаях)	Предварительное плавление, способствующее пастообразованию. Используется при получении пастообразных плавленых сыров из исходных сыров ранней стадии зрелости	Представляет значительную опасность при использовании даже в незначительных количествах. В качестве остального сырьевого материала следует использовать сыры, находящиеся в ранней стадии зрелости, с длинноволокнистой структурой

Примечание. Смеси различных сыров, используемые в качестве сырья для плавления, позволяют опытному специалисту производить готовую продукцию высокого качества (например, внесение небольшого количества зрелого сыра может усилить ценные вкусовые качества готового продукта, а используемый в качестве основного сырья сыр в ранней стадии зрелости обеспечит хорошую структуру ломтевых плавленых сыров).

Г — изменение структуры в процессе плавления может происходить от линий А (сыр, используемый в качестве сырья) к линиям В (плавленый сыр) только почти в вертикальном направлении или в направлении слева направо

b1	*b2*	*b3*
Почти по вертикали ↓	По наклонной линии (слева направо) ↘	Почти по горизонтали (слева направо) →
Умеренные нагрев и перемешивание. Использование незначительных доз цитратов, полифосфатов с высоким уровнем конденсации. Может быть использовано незначительное количество предварительно расплавленного сыра с длинноволокнистой структурой	Энергичные и продолжительные нагрев и перемешивание. Использование обычных доз солей-плавителей, в частности дифосфатов. Во многих случаях необходимость использования значительных количеств предварительно расплавленного пастообразного сыра. Для сыров с высоким содержанием жира количество вносимого сыра в ранней стадии зрелости должно обеспечить стабильное эмульгирование жира	Изменение объясняется внесением (как правило, ненамеренным) сыра с чрезмерной степенью пастообразования (например, сыра, находившегося в нижней части разливочной машины). В результате может слишком быстро измениться структура продукта, и это приведет к расхождению с приемочными критериями

* Степень прилипания сыра к сырному щупу независимо от направления последнего обусловлена длиной белковых цепей продукта.

5.3. Внесение добавок в виде молочных продуктов

В плавленые сыры, особенно в те из них, которые предназначены для использования в качестве бутербродных (вопрос о возможных ограничениях налагаемых действующими правилами и положениями, в данном случае не рассматривается), могут вноситься добавки в виде различных молочных продуктов: сливочное масло, сливки, казеин, а также молоко, пахта [15] и молочная сыворотка (после предварительных сепарации, сгущения, сушки или без них). Это придает плавленому сыру более тонкий вкус. Но в этом случае следует обращать особое внимание как на качество и технологию производства используемых молочных продуктов, так и на соблюдение условий варки и состава плавленого сыра, чтобы предупредить возможные реакции необратимого характера, среди которых можно упомянуть такие, как денатурация белков, реакция Майяра, кристаллизация лактозы и т. д. Возможные результаты с трудом поддаются прогнозированию в силу сложности состава плавленого сыра, вырабатываемого из столь разнообразных исходных продуктов.

5.4. Использование других добавок

Почти одновременно с появлением первых партий плавленого сыра на рынок были выпущены (главным образом в Швейцарии) плавленые сыры с ветчиной, специями и ароматизаторами. Но уже вслед за этим последовал огромный успех плавленого сыра с орехами, объяснявшийся, в частности, его внешним видом: ядра орехов на верхней поверхности круглого плавленого сыра делали его похожим на праздничный пирог. Будучи масличным плодом, орех в большей мере, чем другие ингредиенты (например, пряности, использующиеся в весьма незначительных количествах из-за присущих им сильно выраженных вкуса и аромата), создает проблему замены одной из составных частей молока продуктами немолочного происхождения. Мнения специалистов по этому поводу расходятся; это объясняется различием мотивировок, являющихся, в свою очередь, результатом действия сложившихся традиций, появления новых сведений в области исследования проблем питания и, если говорить о некоторых странах, особенностями местных экономических условий.

5.5. Будущее плавленого сыра

Результаты различных научных исследований все больше подтверждают мнение, что плавленый сыр представляет собой великолепный продукт питания: его основное преимущество — возможность отвечать на новые запросы, возникающие у самых разных групп населения (в частности, у детей школьного возраста) путем расширения выпускаемого ассортимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Comité Mixte FAO/OMS d'Experts Gouvernementaux sur le Code de Principes Concernant le Lait et les Produits Laitiers, 1978. Rapport de la 19ème Session, CX 5/70, FAO, Rome.
2. Lee B. O. et Alais Ch., 1980. Le Lait, 60, 130—139; 1981. Le Lait, 61, 140—148.
3. Peiffer G., 1980. Ann. Fals. Exp. Chim., 73 (783), 69—80
   73 (785), 209—217
   73 (786), 267—287
   73 (787), 319—329.
4. Dupin H. et al., 1981. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Ed. Technique & Documentation, Paris.
5. Lee B. O., Paquel D. et Alais Ch., 1979. Le Lait, 59, 589—596.

6. Lee B. O., Paquel D. et Alais Ch., 1982. Etude biochimique de la fonte des fromages sur un système modèle. 21ème Cong. Inter. Lait., Moscou, vol. 1, livre 1, 503.
7. Tatsumi Ito, Yoko Okanachi, Yoshiko Muguruma, 1976. J. Fac. Agr., Kyushu Univ., 20, 79—85.
8. Kirchmeier O. et Breit F. X., 1982. 21ème Cong. Intern. Lait., Moscou, vol. 1, livre 1, 418.
9. Lee B. O., Kilbertus G. et Alais Ch., 1981. Milchwissen., 36 (6), 343—348.
10. Czok J., 1982. 21ème Cong. Intern. Lait., Moscou, vol. 1, livre 1, 475.
11. Meier A., 1970. Joha Schmelkäse Buch. Ed. Benckiser-Knapsack GmbH, Ludwigshafen-Rhein, p. 37.
12. Ruegg M., Moor U. et Blanc B., 1980. Milchwissen., 35 (6), 329—335.
13. Knoop A. M. et Peters K. H., 1980. Molk. Ztg., 34, 24.
14. Knoop A. M. et Buchheim W., 1980. Milchwissen., 35 (8), 482—488.
15. Kairyukshtene I. P., 1982. 21ème Cong. Intern. Lait., Moscou, vol. 1, livre 1, p. 380.
16. Konovalova T. M. et al., 1982. 21ème Cong. Intern. Lait., Moscou, vol. 1, livre 1, p. 381.

Глава 20

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЫРОДЕЛИИ РЕКОМБИНИРОВАННОГО ИЛИ ВОССТАНОВЛЕННОГО МОЛОКА

1. Общие сведения

Ж. Шерей*

Автор считает, что впервые идея использования обезжиренного сухого молока в сыроделии была выдвинута двумя новозеландскими исследователями Хансеном и Теофилусом (Hansen, Theophilus) в 1930 г. Несмотря на это, первая реализация этой идеи в условиях промышленного производства сыра относится лишь к началу 50-х годов. Во Франции, в частности, начиная с 1952 г., значительные количества обезжиренного сухого молока регулярно используют в производстве мягких сыров.

В то время речь шла лишь о том, чтобы заменить обезжиренное свежее молоко сухим обезжиренным** в целях ограничения маслянокислого брожения, а также для компенсации зимних перебоев в поставке свежего молока на некоторые молокосборные пункты Франции.

Опыт, извлеченный из этой работы, позволил в 1958 г. специалистам Национальной школы молочной промышленности*** Франции приступить к разработке технологии, позволяющей производить сыры типа прессуемых из восстановленного или рекомбинированного молока. Эта технология была практически реализована в 1959 г. на небольшом сыродельном заводе, построенном в Иране вблизи г. Тегеран. Насколько известно, этот завод стал первым предприятием, специально спроектированным для того, чтобы использовать восстановленное или рекомбинированное молоко.

За прошедший период в различных странах мира был построен и пущен в эксплуатацию целый ряд подобных предприятий****.

---

* G. Cherrey.

** Операция, предусмотренная Стандартом ФАО/ВОЗ А6 (см. часть VII, главу 29).

*** L'Ecole Nationale d'Industrie Laitière de Mamirolle.

**** Технология производства молочных продуктов из восстановленного молока, а также специальное оборудование для восстановления молока используются на целом ряде предприятий СССР, где ограничены ресурсы молочного сырья. Такое использование возникло в 30-х годах (Липатов Н. Н., Тарасов К. И. Восстановленное молоко. — М.: Агропромиздат, 1985. — 255 с.) — *Прим. ред.*

1.1. Преимущества производства сыра из рекомбинированного молока

1.1.1. Преимущества для стран, не производящих молоко или производящих его в незначительных количествах

Расширение рациона питания. Почти все страны, не являющиеся производителями молока или производящие его в незначительных количествах, относятся к числу слаборазвитых. Значительная часть населения этих стран страдает белковой недостаточностью. Поэтому сыр — один из наиболее подходящих для этих стран продуктов питания, тем более что в случае организации производства в местных условиях изготовители могут предложить потребителю продукт, наилучшим образом отвечающий традиционным вкусам населения и местным условиям, продукт, стоимость которого будет соответствовать покупательной способности населения данной страны.

Диетологический аспект. Взрослое население стран с жарким климатом и развивающихся стран зачастую отрицательно относится к употреблению молока (из-за лактозы) в пищу; доля этого населения может составлять от 70 до 95%. Это означает, что молоко должно предлагаться этой части населения не в цельном виде, а в виде кисломолочных продуктов или сыров.

Экономический аспект. Использование пастеризованного молока не позволяет решить проблемы, связанные с его распределением в странах с жарким климатом или в странах третьего мира; это объясняется отсутствием единых систем производства искусственного холода, недостаточным развитием дорожной транспортной сети, отсутствием холодильного оборудования в магазинах и у потребителей. Что же касается молока, подвергаемого обработке ультравысокой температурой или обработке стерилизацией, то, если оно и отвечает требованиям, связанным с распределением, на его использовании отрицательно сказываются высокая стоимость упаковки, а также сложность и большой объем необходимых для его производства капиталовложений. И напротив, организация производства сыра с учетом местных условий отличается простотой и не требует закупок дорогостоящего технологического оборудования.

Политический и финансовый аспекты. Большинство стран, находящихся на пути экономического развития, сталкивается по меньшей мере с двумя серьезными внутренними затруднениями; речь идет о безработице и недостатке иностранной валюты.

Создание местной сыродельной промышленности позволяет обеспечить:

а) рабочими местами, соответствующими уровню квалификации местной рабочей силы;

б) обучение специалистов простейшим технологическим навыкам;

в) весьма значительную экономию иностранной валюты при данном количестве произведенной продукции (от 50 до 70%).

1.1.2. Преимущества использования в сыроделии рекомбинированного или восстановленного молока для стран — производителей молока

Географический аспект. В странах с обширной территорией, в которых производство молока осуществляется лишь в некоторых областях, удаленных от центров его потребления (например, в Бразилии), единственным выходом будет переработка молока на местах производства с последующей поставкой сухого молока в крупные населенные пункты, расположенные в нескольких тысячах километров от пастбищ.

Практический аспект. Климатические и финансовые условия некоторых стран, а также существующие в них религиозные обычаи и особенности, связанные с приемом иностранных туристов, приводят к тому, что становится невозможным или просто нерентабельным совместить производство молока с потребительским спросом. Это относится к тем из них, где:

а) в некоторые периоды года уровень потребления молока удваивается или даже утраивается по причинам религиозного характера или из-за притока иностранных туристов;

б) необходимо распределять на весь год объем производства, рентабельного лишь в определенные периоды;

в) необходимо обеспечивать снабжение населения молоком и молочными продуктами, несмотря на определенные климатические условия (например, несмотря на обильные снегопады).

Формальные обстоятельства. Использование рекомбинированного и восстановленного молока может оказаться необходимым для ликвидации последствий больших эпидемий крупного рогатого скота, а также в случаях продолжительной засухи или политических событий, носящих кризисный характер.

Причины технического характера. Было установлено, что некоторые виды сыра непригодны для перевозки на большие расстояния. Это привело к необходимости создания специальных сортов сыра, предназначенных для экспорта в отдаленные районы земного шара (например, стерилизованного камамбера); в конечном итоге пришлось констатировать, что их качество оказывается ниже качества сыров, изготавливаемых на месте из сухого молока.

Кроме этого, в развивающихся странах импортируемые сыры зачастую рассматриваются как предмет роскоши, вследствие чего на них накладываются повышенные таможенные пошлины; этого осложнения можно избежать путем организации местной сыродельной промышленности.

1.2. Сырье

1.2.1. Определение восстановленного и рекомбинированного молока в соответствии с «Кодекс Алиментариус»*

Восстановленное молоко: смесь сухого цельного молока и воды в пропорциях, обеспечивающих получение продукта, идентичного по своему составу свежему молоку.

Рекомбинированное молоко: смесь сухого обезжиренного молока и воды, в которую вносится молочный жир в виде сливок, масла, безводного молочного жира или топленого масла в целях получения продукта, идентичного по своему составу свежему молоку.

1.2.2. Требования к качеству сырья

Сухое цельное или обезжиренное молоко. Речь может идти о продуктах, качество которых позволяет использовать их в питании людей и, разумеется, отвечает установленным техническим условиям. Их пригодность к использованию в сыроделии в значительной мере зависит от следующих факторов:

качество молока, использованного для их изготовления: его микробиологическая чистота, рацион кормления и порода животных;

виды тепловой обработки, использовавшиеся в процессе производства сухого молока; в этом случае важен индекс содержания азота сывороточ-

* См. главу 29.

ных белков (АСБ), который позволяет классифицировать молоко в зависимости от степени расщепления содержащихся в нем белков на категории: низкотемпературное (НТ), среднетемпературное (СТ) и высокотемпературное (ВТ).

Молочный жир. На некоторых заводах используются сливки или сливочное масло, но в большинстве случаев предпочтение отдается безводному молочному жиру (БМЖ) (английское обозначение anhydrous milk fat) или топленому маслу (английское название butter oil). Эти вещества получаются путем разделения пежировых компонентов сливочного масла и БМЖ из свежего молока, а топленое масло — из готового сливочного масла. Максимальное содержание воды в этих продуктах составляет 0,1%, максимальное содержание обезжиренного сухого вещества равно 0,1%, а различие между ними определяется различными величинами перекисного числа. В сыроделии предпочтительно использовать БМЖ.

Теоретически восстановленное молоко является более простым в использовании. Практически же получается так, что более широкое применение находит рекомбинированное молоко. Это объясняется следующим.

Технологические причины: рекомбинированное молоко позволяет упрощать решение проблем, связанных с обеспеченнем связности получаемого сгустка.

Экономические причины: в то время как сухое цельное молоко должно использоваться не позднее чем через шесть месяцев после изготовления, а хранить его необходимо при температуре не выше 15 °С, сухое обезжиренное молоко и БМЖ можно хранить более года при температуре окружающей среды.

Сухой ретентат. Возможности использования этих продуктов в сыроделии (самостоятельно или в смеси с различными видами сухого молока) изучены пока еще не полностью. Впрочем, авторам представляется вполне вероятным, что в будущем их использование позволит решить проблему изготовления некоторых видов сыра.

Тем не менее уже сейчас можно сделать определенные выводы: дело в том, что даже при использовании обычных видов сухого цельного или обезжиренного молока не представляется возможным разработать технические условия, позволившие бы дать правильное определение всем требованиям, которым должно удовлетворять сухое молоко. Самое большее, что удалось установить, это то, что для изготовления сыра лучше подходит сухое молоко категории НТ. Но этого недостаточно. Весьма интересные результаты дает испытание на сыропригодность, описание которого дано ниже (см. 2.2) и которое уже принято на вооружение рядом сыродельных заводов. Следует также обратить внимание на реологические измерения или определение скоростей среза. Возможно, что уже в ближайшем будущем проведение сравнительных испытаний позволит установить хотя бы временные нормы, определяющие сыропригодность сухого молока.

1.3. Развитие технологий использования в сыроделии восстановленного и рекомбинированного молока

В самом начале использования в сыроделии восстановленного и рекомбинированного молока бытовало мнение, что для этого требовалась какая-то специальная технология.

Однако повышение качества сухого молока (в частности, появление сорта НТ) позволяет получать такое восстановленное или рекомбинированное молоко, которое с точки зрения своего поведения в рамках технологии сыроделия все больше приближается к пастеризованному свежему молоку.

Это позволяет предположить, что в будущем сыроделы смогут, используя обычное оборудование, с равным успехом работать как со свежим, так и с восстановленным или рекомбинированным молоком.

Поэтому авторы считают возможным выдвинуть предположение о том, что в настоящее время технологическая концепция производства сыра из рекомбинированного молока все в большей степени сближается с традиционной концепцией сыроделия, основанной на использовании свежего молока, особенно если речь идет о сухом молоке типа НТ. Для других типов сухого молока могут быть использованы более совершенные технологии, предназначавшиеся вначале для переработки свежего молока [например, технология «Стэн Ютэн 13», модифицированная Лабле («Stenne Hutin 13» modifiée Lablée)*], позволяющие использовать сухое молоко обычного качества.

1.4. Сыры, изготовляемые из рекомбинированного молока, и рынки их реализации

Реализация этого вида продукции может быть обеспечена на трех рынках:

рынок сыров европейского типа, встретивших положительный прием у потребителей всех стран Северной и Южной Америки, а также у наиболее европеизированной части населения многих развивающихся стран;

рынок традиционных сыров развивающихся стран — в прошлом производителей молока, в которых объем его производства снизился до уровня, не позволяющего удовлетворять широкие слои местных потребителей. Это относится, например, к сыру фета и его многочисленным вариантам, выпускаемым в странах Среднего Востока; панир (panir), домиати (domiati) и т. д. Эти сыры, неизвестные жителям европейских стран, отвечают потребностям стран, в которых их производство существует уже тысячелетия, и они подобно другим видам сыра могут изготовляться из рекомбинированного молока;

рынок тех развивающихся стран, в которых молочного производства ранее не существовало. В этом случае речь идет о том, чтобы предложить населению этих стран такие виды сыра, которые отвечали бы местным условиям и могли удовлетворять вкусам большей части потребителей. Авторы считают, что для этого рынка больше других подходят плавленые сыры, которые также могут быть изготовлены из рекомбинированного молока.

2. Производство сыров из рекомбинированного или восстановленного молока

Ж. Лабле**

2.1. Общие сведения

Прочность структуры сгустка, приготовленного из свежего молока, зависит от факторов, определяющих его свертывание (количество сычужного препарата, присутствие кальция, температурный режим, кислотность), и от степени сближения между собой частиц параказеина вследствие выделения сыворотки.

Структура сгустка может изменяться в зависимости от того, происходит ли это сближение до начала процесса молочнокислого брожения, во время его или после его окончания. Она имеет более выраженный молочнокислый характер в случае, если молочнокислое нарастание кислотности в достаточной степени происходит до начала сближения частиц параказеина, и, напротив, имеет более сычужный характер, если молочнокислое брожение происходит главным образом после того, как произошло это сближение.

Молочнокислые сыры типа свежих сыров, потребляемых без созревания, изготовленные из рекомбинированного молока, не создают особых проблем. Технология их производства близка к используемой для сыров из свежего молока. В этом случае монофосфат кальция может не понадобиться. Отличительная черта рекомбинированного молока — тенденция к естественному

* См. 2.2.

** J. Lablée.

образованию молочнокислых сгустков, предназначаемых обычно для производства свежих сыров, потребляемых без созревания.

При изготовлении сыра из рекомбинированного молока с более высоким содержанием сухого вещества или большей степенью связности сгустка основная трудность заключается в том, чтобы в процессе выделения сыворотки придать сгустку более выраженный сычужный характер. Для этого вместо того, чтобы идти по пути увеличения доз используемого сычужного препарата, следует:

1) внести монофосфат кальция в количестве 8 г/кг сухого молока; результаты работы, посвященной внесению в свежее молоко монофосфата кальция и выполненной Воробьевым (Ленинградский технологический институт холодильной промышленности, СССР), были опубликованы в трудах конгресса Международной молочной федерации, состоявшегося в 1962 г. в Копенгагене, и, начиная с 1963 г., начали использоваться в производстве сыра из рекомбинированного молока;

2) поддерживать относительно высокую температуру во время свертывания: 30 °С (в некоторых случаях) в классической технологии; от 45 до 50° С при непрерывном производстве из сгущенного рекомбинированного молока (в случае выдерживания с сычужным препаратом в условиях низких температур).

Повышение температуры свертывания сычужным препаратом и дробление сгустка позволяют значительно повысить связность сгустка на дальнейших этапах производства сыра; оценка связности проводится на основе сопротивления сгустка разрезке.

Это повышение связности объясняется сближением частиц параказеина и снижением альвеолярной пористости сгустка вследствие выделения сыворотки.

Если рассматривать структуру сгустка, полученного из рекомбинированного молока, главным образом как совокупность связей, существующих между частицами, она окажется более непрочной, и именно поэтому для получения повышенного содержания сухого вещества следует способствовать сближению твердых частиц параказеина до начала развития молочнокислого нарастания кислотности.

Далее, выделение сыворотки должно обеспечиваться за счет сжатия сыра в форме при одновременном воздействии молочной кислоты, выделяющейся в результате действия заквасок, и температуры.

Начиная с 1970 г. в сыроделии используются сыроизготовители непрерывного действия, позволившие значительно повысить надежность производства полутвердых сыров из обычного сухого обезжиренного молока пищевого качества и молочного жира. В условиях этого непрерывного технологического процесса происходит немедленное объединение параказеина в довольно плотный сгусток с низким уровнем пористости. В определенном режиме работы для создания оптимальных условий с целью образования сгустка авторы прибегали не только к повышению температуры свертывания, но также устанавливали pH во время свертывания на уровне 6,2.

На формовании сыра в форме благоприятно сказывается прессование в сочетании с быстрым выделением сыворотки.

Сыры, изготовленные из рекомбинированного молока, удерживают большее количество сыворотки при формовании. По мнению авторов, причина этого явления заключается в заполнении макропор формованного сыра мелкими частицами, появляющимися при сдавливании сгустка, который, несмотря ни на что, продолжает оставаться достаточно рыхлым. Поэтому прессование не должно производиться слишком быстро, а промывка сырного зерна перед формованием должна в достаточной степени сдерживать нарастание кислотности.

При изготовлении некоторых партий сыра, содержащего 50% сухого вещества после прессования, удавалось повысить этот показатель более чем до 65% после 6—8 мес созревания. Созревание в условиях повышенной влажности проводить не рекомендуется.

Наконец, автор считает необходимым сообщить, что, начиная с 1978 г., им было осуществлено внедрение упрощенной технологии изготовления исходного сырья для последующего плавления с нулевым содержанием жира. Жир вносится в варочный котел вместе с другими ингредиентами.

2.2. Используемые технологические процессы

Специалистами Национальной школы молочной промышленности (Мамироль, Франция) были проведены исследования, касавшиеся четырех сортов сыра [1]. В отношении всех этих четырех сортов:

а) не рекомендуется превышать максимальный порог содержания сухого вещества 45%;

б) во всех случаях было использовано следующее сырье: сухое обезжиренное молоко обычного качества (то есть, не обязательно НТ) и обезвоженный молочный жир.

Для изготовления мягких и полутвердых сыров необходимо использовать первичный монофосфат кальция.

И наконец, настоятельно рекомендуется проводить пастеризацию воды, используемой для восстановления молока.

2.2.1. Изготовление мягких сыров по традиционной технологии

Великолепные результаты были достигнуты в рамках традиционной технологии [1] при использовании закваски, состоящей главным образом из термофильных молочнокислых стрептококков. Полученное сырное тесто отличалось хорошей растворимостью и более нейтральным вкусом.

По мнению авторов, прямое внесение в сырную смесь лиофилизированных бактериальных концентратов представляет определенный интерес для производства мягких сыров из рекомбинированного молока. Получаемые продукты отличаются более стабильными показателями качества, а результаты обследования достаточно больших партий сыра многообещающие. Молочнокислое нарастание кислотности должно начинаться только после достаточного удаления сыворотки.

Кроме этого, отмечены случаи изготовления ряда полутвердых сыров с помощью классической технологии из сухого молока сорта НТ и даже из смеси сухого молока обычного качества с безводным молочным жиром.

2.2.2. Изготовление полутвердого прессуемого сыра с использованием модифицированной технологии свертывания молока «Стэн Ютэн 13» [2]

Преимущество технологии «Стэн Ютэн 13» заключается в том, что она позволяет производить сырное зерно без разрезки сгустка.

Технология основана на принципе смешивания в горизонтальной цилиндрической установке U-образной формы длиной в несколько метров: рекомбинированного молока, содержание сухого вещества в котором вдвое выше, чем в обычном молоке, с внесенным в него в холодном состоянии сычужного препарата; горячей воды в количестве, равном количеству молока, в целях мгновенного свертывания при температуре в пределах от 45 до 50 °С.

Базовое оборудование типа «Паракюрд» («Paracurd») претерпело определенные изменения в сторону его упрощения, в результате чего в составе технологической линии остался лишь цилиндрический коагулятор, напрямую соединенный с установкой формования отпрессованной сырной массы. Не исключено, что может возникнуть необходимость в использовании промежуточной емкости для проведения промывки сгустка.

2.2.3. Производство свежих сыров (35% сухого вещества) методом ультрафильтрации

Величина показателя pH в момент внесения сычужного препарата должна составлять 6,2 при температуре 35 °С.

Свежий сыр, содержащий 35% сухих веществ, изготовляемый методом ультрафильтрации восстановленного сухого обезжиренного молока без использования монофосфата кальция с последующим внесением жира в виде БМЖ, отличается однородной консистенцией при разрезке.

Сырная масса, получаемая методом ультрафильтрации, легко поддается обработке с целью получения сыра с нежной консистенцией в таких установках, как резальные машины, вальцы и т. д. Масса может смешиваться с другими ингредиентами, помимо молочных продуктов.

2.2.4. Использование сырья с нулевым содержанием жира для производства плавленого сыра

Начиная с 1978 г. был выпущен определенный объем продукции из сухого обезжиренного молока обычного качества методом мгновенного смешивания этого восстановленного концентрированного молока с внесенным в него в холодном состоянии сычужным препаратом с горячей водой. Смесь готовится с помощью соединительной линии типа «тройник», соединяющей выход резервуара с молоком с выходом емкости с горячей водой и направляющей смесь в ряд последовательно расположенных емкостей, в которых происходит агломерация. В настоящее время ведутся исследования, касающиеся необходимости внесения в молоко солей кальция для оптимизации решения проблемы плавления при одновременном обеспечении нормального свертывания.

Содержание сухого вещества в сыре после прессования составляет около 35%, а pH зависит от степени промывки.

Плавленые сыры изготовляются из этого сырья в смеси с БМЖ и солями-плавителями. Можно также добавлять (это по меньшей мере не противоречит технологии) растительные жиры*.

2.2.5. Новая технология упрощенного мгновенного свертывания

Эта технология была разработана в г. Мамироль (Франция) в начале 1985 г. Цель ее создания заключалась в изготовлении свежего сыра с содержанием жира в сухом веществе в пределах 45% при содержании сухого вещества на уровне 45—50% с возможностью последующего проведения созревания и получения конечного продукта типа гауды с 53% сухого вещества.

При использовании 1 кг сухого обезжиренного молока обычного качества (то есть 960 г сухого вещества) технологический процесс складывается за сутки до начала производства сыра следующим образом.

1. Проводится восстановление 5,33 кг обезжиренного молока (концентрация сухих веществ 18%). Для этого используется 4,33 кг питьевой воды (при необходимости предварительно пастеризованной) и 1 кг сухого молока. Восстановление проходит при температуре 35 °С и с перемешиванием (вначале с помощью мешалки, затем миксером).

2. Проводится получение 1,07 кг сливок с 30%-ным содержанием жира (смешением 0,75 кг восстановленного обезжиренного молока с 0,32 кг безводного молочного жира):

а) молоко, содержащее 18% обезжиренных сухих веществ, предварительно нагревается до 60 °С;

б) безводный молочный жир предварительно расплавляется в водяной бане и в момент смешивания должен иметь температуру 60 °С.

Полученные сливки в течение 6—10 мин обрабатываются миксером при температуре 60 °С (используется миксер того же типа, что и при восстановлении молока).

3. Оставшиеся 4,58 кг обезжиренного восстановленного молока смешиваются при температуре 30 °С с 1,07 кг сливок температурой 55 °С, что позволяет получить после перемешивания мешалкой 5,65 кг цельного молока, температура которого будет составлять 35 °С.

В полученном молоке общее содержание сухого вещества составляет 22,7%, жира — 5,7, обезжиренного сухого вещества — 17%, pH находится в пределах 6,35—6,4.

4. В это молоко, приготовленное из 1 кг сухого обезжиренного молока и 0,32 кг БМЖ, вносятся следующие бактериальные культуры, %: мезофильные (молочнокислые стрептококки) — 50; термофильные стрептококки — 25; термофильные лактобациллы — 25.

В качестве термофильных палочек могут использоваться *Lactobacterium helveticum* и *Lbm. bulgaricum*.

5. После достижения pH молока с внесенными в него заквасками уровня 6,25/6,3 оно охлаждается до 6 °С за 30 мин (максимум, за 1 ч). После этого в молоко вносят 8 г монофосфата кальция, предварительно подготовленного в виде суспензии в 1 л молока, взятом из общего количества, и в течение 5 мин перемешивают полученную смесь (мешалкой).

6. Затем в смесь вносят 1,7 мл препарата, состоящего из 520 мг химозина, предварительно разведенного в 20 мл воды, и перемешивают в течение 2 мин (мешалкой).

7. Молоко с внесенным в него в холодном состоянии препаратом в течение 8—12 ч выдерживается при температуре 6 °С.

В день начала производства сыра:

8. Подготавливают 5,77 кг питьевой воды (нагревают до 84 °С) и вносят 4% соли NaCl. Эта вода заливается в емкость, предназначенную для производства продукта.

9. В нагретую до 84 °С подсоленную воду мгновенно выливают предварительно подготовленное согласно приведенному выше описанию молоко (5,77 кг). При температуре 45 °С молоко мгновенно свертывается.

10. Полученную смесь можно медленно перемешивать (мешалкой). В этот момент происходит агломерация сгустка.

11. Через 10—15 мин после свертывания сгусток переносится в формы с тканевыми вставками (типа тех, которые используются в производстве прессуемых сыров).

12. В течение 6 ч проводится легкое прессование (5 кг на 1,2 кг сыра, получаемого из 1 кг обезжиренного сухого молока).

Представленная технология отличается простотой с точки зрения самого процесса изготовления сыра. Она позволяет персоналу, не имеющему никаких навыков производства сыра, получать свежий сыр, имеющий несколько подкисленный вкус, с консистенцией, легко поддающейся разрезке на куски правильной формы. Этот сыр подобно свежему хлебу может направляться на реализацию через несколько часов после изготовления в готовом к потреблению виде.

2.3. Использование смесей свежего молока с сухим молоком или различными видами сухого молока

Учитывая изменения, происходящие с мицеллой казеина в процессе регидратации, продолжительность регидратации казеина в начале технологического процесса приобретает огромную важность, особенно в условиях использования классической технологии. Обычно считается, что это время долж-

* Как показали результаты исследований, проведенных в Научно-произ-[illegible]ном объединении «Углич», растительные жиры в состав плавленых [illegible]ны вводиться по специальной технологии. Кроме того, и сами рас-[illegible]ны должны отвечать целому ряду требований. — *Прим. ред.*

но составлять не менее 12 ч. При переработке смеси, состоящей из сухого и свежего молока, предварительная регидратация также необходима.

Оптимальный состав смеси тот, в котором количество свежего молока меньше или равно количеству рекомбинированного молока. Это повышает связность получаемого сгустка и в значительной мере упрощает решение технологических проблем по сравнению с теми случаями, когда используется только рекомбинированное молоко. Это относится также и к использованию смеси сухого обезжиренного молока сорта НТ (отличающегося весьма высокой сыропригодностью) с низкосортным сухим молоком.

2.4. Другие технологии

Одновременное использование монофосфата кальция, хлористого кальция и кислотного казеина или казеината позволяет получать хорошие результаты при производстве сыров с чеддеризацией и плавлением сырной массы (типа моццарелла) из рекомбинированного молока низкотемпературной сушки.

2.5. Оценка сыропригодности сухого обезжиренного молока

Ж. Л. Тест*

2.5.1. Процесс испытания

Каждый образец подвергается следующему испытанию на способность к синерезису:

а) восстановление 500 мл обезжиренного молока (18% сухого вещества) без внесения закваски; внесение монофосфата кальция (8 г/кг сухого молока);

б) быстрое охлаждение до 5—6 °С;

в) внесение сычужного препарата (520 мг химозина/л препарата) из расчета 0,03 части сычужного препарата на 100 частей концентрированного молока (температура 5—6 °С, продолжительность 10—16 ч);

г) одновременное вливание в подготовленную емкость объемом 1 л 500 мл молока с внесением в него в холодном состоянии сычужного препарата и 500 мл горячей воды. Температура смеси 45 °С;

д) перемешивание смеси с отстаиванием 20 мин;

е) с помощью воронки с ситом, сдерживающим сгусток (без забивания), переливание содержимого сосуда с образцом в пластмассовый химический стакан с перфорированным дном (А), насажденным на идентичный стакан (Б), но без перфорированного дна;

ж) отстаивание в течение 5 мин сгустка, оставшегося на сите, установленном в верхней части воронки;

з) перенесение этого оставшегося сгустка в химический стакан (А) и прессование с помощью цилиндра массой 1150 г, плотно перемещающегося внутри стакана (А);

и) измерение спустя 5 мин количества сыворотки, собравшейся в стакане (Б).

При проведении этого испытания на различных сортах сухого молока НТ, СТ и ВТ количество сыворотки соответственно изменялось в пределах от 890 до 845 мл.

Примечание. Для проведения этого испытания восстановление молока проводится при температуре 25—30 °С. При взбалтывании смеси молока и горячей воды закрытую емкость с образцом переворачивают два раза.

* J. L. Test.

В начале смешивания молока с сычужным препаратом и горячей водой рекомендуется располагать небольшим избыточным количеством горячей воды.

Размер ячеек сита 1×1 мм.

Внутренний диаметр химического стакана с перфорированным дном 105 мм.

Стакан Б (с расширенной верхней частью и носиком для перелива) имеет внутренний диаметр 105 мм.

Может быть использован химический стакан из нержавеющей стали типа «цилиндр» (наружный диаметр 103 мм).

Диаметр отверстия в дне стакана А 1,5 мм.

В заключение следует отметить, что в случае использования самого низкосортного сухого молока количество собранной в конце испытания сыворотки может составлять менее 800 мл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lablee J., 1982. Fédération Internationale de Laiterie, Doc. 142. 1979. Res. Lait. Fr., 373.
2. Stenne P., 1965. Le Lait, 45, 143.

Часть VI

ОСНОВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА

Глава 21

ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

1. Производство свежего сыра, потребляемого без созревания

Ф. Бертран*

Технологии производства сыров, потребляемых без созревания, называемых также свежими сырами, можно подразделить на следующие категории:

ручные способы производства (удаление сыворотки производится с помощью цедилок или мешков);

технологии с низким уровнем механизации (выделение сывороток производится с помощью тканевых или металлических фильтров);

поточные технологии производства с высоким уровнем механизации — центрифугирование сгустка с ультрафильтрацией молока (или без нее).

1.1. Немеханизированные способы производства

Особенность этих технологий заключается в простоте используемого оборудования и большом объеме трудовых затрат. В рамках этих технологий могут быть использованы два следующих способа удаления сыворотки: с помощью цедилок или с помощью мешков; после этого следует операция формования, отличающаяся определенным уровнем механизации.

1.1.1. Ручное формование с помощью ковшей

Эта операция наиболее близка к используемой в традиционной технологии производства свежих сыров. Она позволяет получать формованные сыры, называемые во Франции крестьянскими.

Возрастающий коммерческий успех этого продукта создал необходимость в строительстве предприятий, перерабатывающих до 100 000 л/сут, что может показаться поразительным для полностью ручной технологии производства.

Представленная технология позволяет получать палитру сыров с содержанием жира в сухом веществе от 0 до 45 и даже до 60% при содержании сухого вещества от 180 до 220 г/кг.

Свертывание молока проводится в ваннах из полимерного материала или нержавеющей стали вместимостью порядка 100 л, имеющих форму усеченного конуса или цилиндра. Продолжительность свертывания составляет от 20 до 24 ч. Заполнение этих емкостей осуществляется гравитационным способом с использованием буферного резервуара объемом в несколько сотен литров, расположенного выше помещения свертывания. На следующий день емкости трудят на тележку и подают к формовочным столам, представляющим собой обычные плоскости, выполненные из нержавеющей стали или алюминия. Как правило, эти столы снабжены желобами для стока сыворотки. Формование с помощью перфорированных цедилок, имеющих форму усеченного конуса и изготовленных из полимерного материала, проводится с использованием ковшей; обычно эту операцию выполняет женский персонал завода.

После разгрузки емкость направляют на мойку, которая выполняется вручную на небольших предприятиях и механизированным способом на более крупных. Решетки с сырными ковшами направляют в помещение, предназначенное для удаления сыворотки.

Продолжительность выделения сыворотки представляет собой параметр, с помощью которого оптимизируется соответствие между объемами производства и реализации. Так, выделение сыворотки частично производится в условиях температуры окружающей среды (20—25 °С), а частично — в холодильной камере (4 ... 5 °С). Продолжительность пребывания в каждой из камер определяется требованиями покупательского спроса. В случае значительного спроса выделение сыворотки проводится в условиях окружающей среды, а его продолжительность составляет менее 24 ч. В условиях низкого покупательского спроса оно проводится в холодильной камере; его продолжительность в этом случае превышает 24 ч. Для более полного удаления сыворотки под сырными ковшами укладывается слой полимерной пленки, в штабелю решеток с ковшами в процессе выделения сыворотки придается наклонное положение.

После фасовки сырной массы (вручную) в пластмассовые стаканчики сырные ковши вновь устанавливают на решетки и направляют на мойку вместе с последними; мойка поочередно производится в ваннах предварительной мойки, собственно мойки и ополаскивания.

Значительное развитие в настоящее время приобретает технология формования в ковшах, предназначенных для разового употребления и вкладываемых в стаканчики в процессе фасовки.

Одним из недостатков этой технологии, помимо ее большой трудоемкости, является то, что она затрудняет контроль за массой головок сыра, предназначенных для поштучной реализации.

Эта масса зависит от интенсивности выделения сыворотки. При выпуске полукилограммовых головок считается, что средняя масса головок должна составлять 520 г. Снижение средней массы нежелательно из-за опасности появления большого количества головок массой менее 500 г. Это означает, что в этом случае может произойти значительная потеря сырной массы (≈4%).

1.1.2. Выделение сыворотки с использованием мешков

Этот ручной способ производства очень трудоемок. Его применяют лишь в рамках небольших производств (перерабатывающих до 50 000 л/сут).

Свертывание молока проводится в резервуарах, снабженных мешалками. Продолжительность свертывания составляет 16—18 ч (при 20—23 °С). По истечении этого времени на 10—20 мин включаются мешалки, что необходимо для разрезки полученного сгустка. Затем в резервуарах создается повышенное давление, обеспечивающее подачу сгустка к машинам, осуществляющим его упаковку в нейлоновые мешки вместимостью около 35 л каждый. Мешки перевязываются бечевками и складываются на пол цеха штабелями приблизительно по 50 мешков. Спустя определенный промежуток времени (18—24 ч) они подаются на прессование (партиями по ≈50). Прессование продолжается 2—3 ч, его цель заключается в усилении выделения сыворотки.

Затем мешки раскрываются, а их содержимое перегружается в емкости из нержавеющей стали (вместимостью ≈500 кг каждая). Заполненные емкости помещаются в холодильную камеру (4 °С). Цель этого охлаждения заключается в придании сырной массе большей плотности. После этого сгусток может непрямую направляться на формование, и в этом случае получается обычная сырная масса.

* F. Bertrand.

Сгусток можно также направлять на гомогенизацию с помощью центробежных насосов, это позволяет получать сырную массу однородной консистенции. Гомогенизация проводится в плунжерном гомогенизаторе, работающем, как правило, при давлениях от 5 до 10 МПа. После придания однородности сырную массу напрямую направляют на фасовочную машину. В составе технологической линии не предусмотрено использование буферного резервуара, поскольку подача емкостей с сырной массой на фасовку осуществляется по мере надобности.

Перед повторным использованием мешки направляются в моечные машины, конструкции которых в большинстве случаев идентичны конструкции бытовых стиральных машин.

Внедрение описанной технологии предполагает использование значительных производственных площадей (400 м² на каждые 10 000 л/сут); в конце каждого рабочего дня должна производиться тщательная мойка полов (во время выделения сыворотки с использованием мешков последняя непосредственно соприкасается с полами технологических помещений).

Основной недостаток данной технологии заключается в том, что она затрудняет контроль влажности готового продукта.

1.2. Технология с низким уровнем механизации

К таким технологиям относятся технология с использованием фильтров Берже и технология «Шулембург» («Schulemburg»).

Обе эти технологии можно рассматривать как усовершенствование способа выделения сыворотки в мешках. Цель их применения заключается в снижении трудоемкости и облегчении выполняемых операций. По сравнению с описанной выше технологией продолжительность выделения сыворотки остается практически неизменной.

1.2.1. Технология «Шулембург»

Эта технология была разработана западногерманской фирмой «Вальднер» («Waldner») и приводится авторами книги только в качестве напоминания о самом факте ее существования, поскольку число случаев ее применения во Франции невелико.

Технология основана на следующем принципе: свертывание молока проводится в открытой ванне, имеющей вытянутую или полуцилиндрическую форму. После достижения молоком необходимого уровня свертывания в ванну опускают сито из нержавеющей стали, форма которого соответствует форме самой ванны, но с несколько меньшими размерами. Это сито обеспечивает отделение сгустка от сыворотки, откачиваемой с помощью насосов и подаваемой в полуцилиндрический резервуар, прикрепленный к верхней части сита. Поскольку по мере выделения сыворотки происходит увеличение ее откачиваемого объема, усиливается тенденция к опусканию сита вниз под действием массы сыворотки.

1.2.2. Выделение сыворотки с использованием фильтров Берже

Свертывание молока проводится в танках для созревания вместимостью 10 000 л; эта вместимость соответствует пропускной способности одного фильтра Берже. Свертывание молока происходит при температуре 23—24 °С, его продолжительность составляет около 20 ч. По достижении необходимого уровня кислотности включаются мешалки, цель работы которых заключается в разрезке сгустка. По окончании разрезки содержимое танка перегружается на фильтрующие полотна фильтра Берже (гравитационным способом, и в этом случае танк устанавливается над фильтром Берже, или с помощью подачи в танк сжатого воздуха).

Фильтры для сырного сгустка типа Берже состоят из ряда нейлоновых фильтрующих полотен (каждое из которых может принимать до 250 л сгустка), подвешенных к горизонтальным направляющим.

Сразу после окончания заполнения фильтра карманам фильтра придается знакопеременное вертикальное перемещение с помощью системы направляющих, эксцентриков, штоков подвески и приводного электродвигателя. Это позволяет сыворотке выделяться из сгустка по всей поверхности фильтрующих полотен. Затем автоматически включается боковое прессующее устройство, действующее в течение всего оставшегося времени выделения сыворотки. Усилие, развиваемое этим устройством, может в любой момент регулироваться оператором установки с помощью имеющейся системы изменения усилия.

Сказанное выше сводится к тому, что фильтрующие полотна установки подвергаются двум дополняющим друг друга воздействиям: колебательному перемещению, сталкивающему их друг с другом, и прессованию.

Выделение сыворотки в установках типа Берже проводится при температурах окружающей среды (≈20 °С) и продолжается от 16 до 18 ч. Разумеется, его продолжительность может быть сокращена за счет повышения температуры.

По окончании выделения сыворотки содержимое фильтров перегружается в пластмассовые емкости объемом 500 л каждая. Фильтрующие полотна снимаются с установки и направляются на моечную машину. Что касается приемных емкостей, то после заполнения сырной массой их помещают в холодильную камеру (4 °С) с целью повышения плотности. Затем, как и в случае выделения сыворотки с использованием мешков, сгусток перекачивается центробежным насосом в гомогенизатор для придания однородной консистенции.

Эта операция может выполняться с производительностью, идентичной производительности фасовочного оборудования, что снимает необходимость в использовании емкостей башенного типа для хранения сырной массы.

1.3. Выделение сыворотки с помощью центрифугирования сгустка

Именно эта технология используется для производства большинства бесструктурных сыров и сливочных сырков. Непрерывный характер и высокий уровень механизации этой технологии создают необходимость в крупных капиталовложениях. Это объясняет существование небольшого количества производств мощностью до 50 000 л/сут и заводов, способных перерабатывать более 200 000 л/сут.

1.3.1. Технология выделения сыворотки центрифугированием

Этот метод полностью отличается от предшествующих, при использовании которых выделение сыворотки из сгустка происходит медленно и в статическом режиме. Отделение сыворотки методом центрифугирования, напротив, происходит очень быстро и в динамическом режиме.

Сгусток, предназначенный для изготовления свежих сыров, отличается высоким содержанием воды и обладает достаточной текучестью для проведения обработки центрифугированием, в процессе которой происходит отделение сыворотки от сгустка (предполагающей существование достаточного различия в плотности между сывороткой и сгустком). В зависимости от жирности перерабатываемого молока, то есть в зависимости от плотности более или менее жирного сгустка по сравнению с сывороткой, появляется возможность (или нет) обеспечения их достаточного разделения.

Это разделение проводят двумя следующими способами:

а) полное обезжиривание молока. В этом случае тяжелой фазой является обезжиренный сгусток, а легкой — сыворотка;

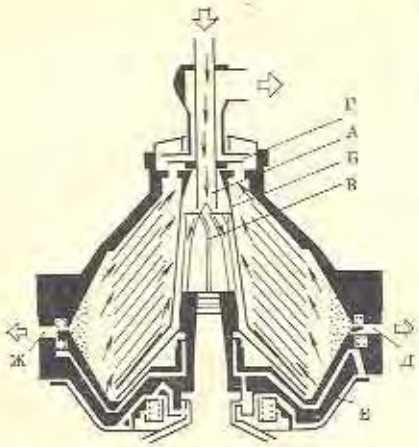


Рис. 21.1. Вид в разрезе барабана сепаратора (в собранном положении):

А — питающая труба; *Б* — распределительное устройство; *В* — гайка; *Г* — центростремительная турбина линии отвода сыворотки; *Д* — отводящие сопла для сгустка; *Е* — подвижное днище барабана; *Ж* — отводящие сопла для сгустка (техдокументация фирмы «Альфа-Лаваль»)

б) обогащение молока жиром. В этом случае тяжелой фазой становится сыворотка, а легкой — сгусток с высоким содержанием жира.

В действительности же оба этих метода дополняют друг друга, обеспечивая возможность получения различных продуктов. Первый позволяет изготовлять бесструктурные сыры (свежие сыры и сливочные сырки) с любыми необходимыми концентрациями жира в сухом веществе, обеспечиваемыми внесением тех или иных количеств сливок после разрезки сгустка.

Второй способ позволяет производить сливочные сыры, отличающиеся более высокими содержаниями сухого вещества.

1.3.2. Оборудование, используемое для выделения сыворотки

1.3.2.1. Выделение сыворотки из обезжиренного сгустка

Центробежные сепараторы, позволяющие выделять сыворотку (легкая фаза) из обезжиренного сгустка (тяжелая фаза), выпускаются двумя фирмами: «Альфа-Лаваль» и «Вестфалия Сепаратор» («Alfa-Laval», «Westfalia Separator»)* (рис. 21.1).

Самоочищающийся сепаратор для обезвоживания сгустка фирмы «Альфа-Лаваль». Сгусток из обезжиренного молока подается в сепаратор по установленной в его верхней части неподвижной линии *А*. Распределительное устройство *Б* обеспечивает подачу молока в зависимости от производительности установки и уровня выходного давления. Сквашенное молоко проходит через отверстие *В*, с помощью которого его струе придается ускорение, позволяющее ему почти достигать скорости вращения барабана при поступлении на тарелки барабана со стороны его периферии. Отвод сыворотки обеспечивается центростремительной турбиной *Г*. Отвод сгустка осуществляется непрерывно через форсунки, расположенные в крышке приемника в касательной плоскости по отношению к периферии барабана.

Эта установка, очистку которой предусмотрено проводить без разборки, должна быть включена в состав общецеховой системы мойки технологического оборудования. Периодически для удаления шламов и других накапливающихся в нем загрязнений барабан в автоматическом режиме останавливается и открывается (периодичность устанавливается обслуживающим персоналом). Частота вращения барабана 4160 об/мин; объем грязевого пространства 25 л.

* Отечественная машиностроительная промышленность выпускает несколько типов сепараторов аналогичного назначения. — *Прим. ред.*

Сепараторы фирмы «Вестфалия Сепаратор» КДА с форсунками для отвода сгустка из барабана. Эти устройства основаны на том же принципе, что и предыдущие.

Фирма выпускает две модели сепараторов производительностью 1500 и 2000 кг/ч. Установки снабжены автоматическими системами опорожнения и мойки. Частота вращения обеих моделей 5500 об/мин.

1.3.2.2. Выделение сыворотки из сгустка повышенной жирности

В этом случае тяжелой фазой является сыворотка, а легкой — сгусток.

Сепараторы этого типа выпускаются двумя фирмами: «Шарпле-Стокс» («Sharples-Stocks») и «Вестфалия Сепаратор».

Саморазгружающиеся сепараторы фирмы «Вестфалия» типа KSA. Сгусток повышенной жирности подается в барабан через центральную питательную трубку, в камеру сепарации поступает через наружные подъемные каналы.

Концентрирующаяся сырная масса повышенной жирности стекает во внутреннюю часть установки через диафрагму, попадая в камеру нагнетания, откуда отводится из сепаратора с помощью турбины. Более тяжелая сыворотка стекает в сторону наружной части установки, попадая во вторую нагнетательную камеру, из которой ее отвод осуществляется под действием повышенного давления.

Программирование и очистка установки осуществляются автоматически. Мойка проводится с использованием внутризаводской системы мойки технологического оборудования.

Существует два типа подобных установок:

1) KSA 6 — вместимость барабана 17 л; частота вращения барабана 7500 об/мин; производительность 1000—2000 л/ч; выход сыра 300—700 кг/ч;

2) KSA 20 — вместимость барабана 45 л; частота вращения барабана 4500 об/мин; производительность 2500—7000 л/ч; выход сыра 750—2100 кг/ч.

Установка DS 2 фирмы «Шарпле-Стокс». Установка основана на том же принципе, что и предыдущие, но в ней отсутствует система автоматической очистки барабана, который приходится разбирать при каждой остановке для очистки и мойки. Эта система рассчитана на переработку от 1200 до 1500 кг сгустка с сывороткой в час, что обеспечивает выход сыра в пределах от 350 до 500 кг/ч. Частота вращения барабана 7500 об/мин.

1.4. Производство свежих сыров, потребляемых без созревания, из молока, подвергнутого ультрафильтрации (технология MMV)

Принцип данной технологии и технология производства мембран, предназначенных для ультрафильтрации, были представлены выше*.

Технология MMV применяется только в производстве свежих сыров, потребляемых без созревания, если сыворотку выделяют с использованием ковшей. Это объясняется тем, что устанавливающийся при этом уровень концентрации растворимых белков приводит к увеличению их буферной способности, вследствие чего для достижения pH свертывания требуется большее количество (приблизительно в 1,7 раза) молочной кислоты. Эта повышенная кислотность лучше воспринимается бесструктурным сыром, чем сыром, выделение сыворотки из которого проводилось с использованием ковшей; это объясняется самой структурой сырного теста, а также тем, что в ковше происходит частичное выделение сыворотки, позволяющее удалять часть молочной кислоты и опускаться ниже порога ее восприятия вкусовыми сосочками потребителя.

* См. часть II, главу 6; 2.4.2.

Технологический процесс может быть разделен на две следующие части:

первая, выполняемая в день D, заключается в концентрации молока методом ультрафильтрации и заканчивается этапом предварительного формования жидкой массы;

вторая, осуществляемая в день $D+1$, заключается в изготовлении сыра из предварительно сформованной жидкой массы.

Технологические операции, необходимые для изготовления сыра, выполняются следующим образом:

а) ультрафильтрации подвергается обезжиренное пастеризованное молоко при температуре 10 °С. При концентрации до половины первоначального объема и при этой относительно низкой температуре производительность составляет около 30—40 л молока/г/м² мембраны при использовании модулей фирмы Рон-Пуленк» («Rhône-Poulenc»), работающих в полунепрерывном режиме;

б) подача молока из исходного резервуара в модули ультрафильтрации производится с помощью нагнетательных центробежных насосов, каждый из которых обслуживает несколько модулей. Каждый модуль последовательно соединен с циркуляционным насосом;

в) при достижении объемом концентрированного молока в исходном резервуаре уровня, при котором отношение количества исходного сырья соответствует необходимой степени концентрации, содержимое исходного резервуара автоматически подается в танк — хранилище ретентата; после этого исходный резервуар вновь заполняется свежим молоком. Таким образом, ультрафильтрация молока осуществляется методом последовательной загрузки и разгрузки исходного резервуара;

г) после концентрации молока проводится его повторная пастеризация. Необходимость в этой обработке молока объясняется тем фактом, что в ретентате одновременно с концентрацией белков происходит концентрация микроорганизмов;

д) после пастеризации ретентат направляется в танки-коагуляторы ($\approx$25 °С). Количества используемого сычужного препарата и молочнокислых заквасок в этом случае почти идентичны их количествам, используемым в случае применения центробежных сепараторов: 1 см³ сычужного препарата активностью 1/10 000 на 100 л ретентата и 0,5—2% молочнокислых заквасок;

е) по истечении времени, необходимого для свертывания предварительно сформованного жидкого продукта, проводится разрезка сгустка, сопровождающаяся его первым охлаждением до $\approx$12 °С с помощью пластинчатого теплообменника. После этого с помощью смесителя в сгусток вносятся пастеризованные сливки, а затем полученная смесь подвергается вторичному охлаждению (до $\approx$4 °С) с помощью второй охладительной установки (пластинчатой или трубчатой). Наконец, продукт подается в башенные хранилища в ожидании фасовки.

2. Производство мягких и голубых сыров

Ф. Бертран*

Технологии производства сыров этих типов очень близки друг к другу, что позволяет одновременно говорить об оборудовании, использующемся, как правило, в рамках обеих технологий.

Однако разнообразие существующего ассортимента этих продуктов настолько богаче ассортимента свежих сыров, потребляемых без созревания, что это позволяет говорить не только о существовании технологических линий, основанных на самых разных концепциях, но также о почти бесконечном множестве видов применения и технологических режимов использования этого оборудования, существование которого обеспечивается возможностью изменения относительных величин различных технологических параметров (повышения кислотности сквашивания, размеров доз сычужного препарата, временного и температурного режимов, степени разрезки сгустка и т. д.).

Изучение технологического процесса позволяет установить следующие его этапы исторического развития:

а) применение традиционных технологий и оборудования (кустарных и фермерских);

б) более или менее комплексная механизация этих технологий, идущих иногда в не совсем одинаковых направлениях (снижение трудоемкости, экономия сырья);

в) внедрение технологии MMV, которая в силу самой своей природы открывает возможности для появления на рынке новых видов сыра, отличающихся от сыров, производимых с использованием традиционных технологий независимо от уровня их механизации.

2.1. Традиционные технологии и оборудование

2.1.1. Производство мягких сыров

Молоко свертывается в сыродельных ваннах, затем вручную формуется с помощью сырных ковшей (или черпаков). Цилиндрические формы укладываются на столы, снабженные решетками, роль которых заключается в усилении выделения сыворотки.

В зависимости от вида изготовляемого сыра сгусток перед формованием может разрезаться (или нет) в сыродельной ванне.

После переворачивания в формах и выделения сыворотки извлеченные из форм сыры подвергаются ручной посолке мелкой и сухой солью, помещаются на решетки или стеллажи и направляются на обсушку и созревание.

2.1.2. Производство голубых сыров

Свертывание молока проводят в небольших ваннах или котлах (вместимостью не более нескольких сотен литров). После разрезки на небольшие кубики сгусток переливается на натянутые тканевые полки тележек, предназначенных для выделения сыворотки путем ускорения синерезиса. Затем проводится ручная заливка сырной массы в формы с помощью сырного ковша, за которой проводится внесение порошкообразного препарата на основе *Penicillium*. Окончательное выделение сыворотки постепенно происходит в формах, где сыры несколько раз переворачивают. После посолки крупнокристаллической солью сыры подаются на созревание в естественном (рокфор) или искусственном (сыры типа голубого) режиме в сырохранилища. Во время созревания сыры прокалывают для обеспечения внутренней вентиляции, необходимой для развития плесневых микроорганизмов.

2.2. Механизированные технологии производства

2.2.1. Общий характер эволюции технологического оборудования

Прежде чем приступить к рассмотрению основных видов технологического оборудования, авторы считают необходимым напомнить читателю о том, что механизация технологических процессов в сыроделии носила постепенный характер и в настоящее время на французских сыродельных заводах можно встретиться практически со всеми технологическими решениями, которые когда-либо имели место на пути от традиционных способов производства к наиболее совершенным и роботизированным технологиям. Как правило, уровень механизации прямо пропорционален объему перерабатываемого молока.

* F. Bertrand.

но тип используемых средств механизации зависит от вида выпускаемой продукции (от большей или меньшей степени непрочности сырного сгустка), а также от способа реализации готовых сыров (развес или поштучно). Преимущество механизации до сих пор заключается в снижении стоимости рабочей силы, но оно не всегда должно быть основным критерием для подбора технологического оборудования. Часто гораздо больший вес приобретают критерии, касающиеся обеспечения высокого качества готовой продукции (внешний вид, консистенция, вкус...), экономии сырья (снижение уноса сырной пыли выделяющейся сывороткой) и однородности индивидуальной массы сыров, предназначенных для поштучной продажи.

Наконец, следует обратить внимание на изменения, происшедшие в области используемых материалов: дерево, луженое или оцинкованное железо и даже алюминиевые сплавы практически исчезли, а им на смену пришли нержавеющая сталь и полимерные материалы. Это относится к сточным столам, матам, формам и разного рода вспомогательным установкам, а также и стеллажам, используемым для размещения сыра на период его созревания.

2.2.2. Выделение сыворотки методом фильтрации и механизации процесса формования сгустка после фильтрации

Эта технология нашла наиболее широкое применение в производстве некоторых сортов козьего сыра. Используемый метод идентичен тому, который был описан в отношении изготовления свежих сыров, потребляемых без созревания (см. с. 372 и 373 книги).

После выделения сыворотки с использованием мешков или фильтров Берже сгусток формуется на машинах, конструкция которых аналогична конструкции фасовочных машин для сливочного масла: формование заготовок пирамидальной формы штампованием или формование прессованием цилиндрического жгута, разрезаемого на длинные (сыр Сент-Мор — Sainte-Maure) или короткие отрезки (сыр шабишу — chabichou). Режим посолки и созревания полученных таким образом сыров идентичен тому, который применяется в производстве других мягких сыров.

2.2.3. Технологии с низким уровнем механизации, реализуемые без изменения традиционных технологических схем

Первый шаг внедрения механизации заключался в использовании групповых форм взамен индивидуальных.

Групповая форма состоит из определенного количества форм, установленных на мате для стекания сыворотки и помещенных на единый желобчатый поддон с перфорацией для отвода сыворотки, используемый также для выполнения подъемно-транспортных операций с групповыми формами.

Формы закрываются распределителем (щитом с перфорациями), отверстия в котором соответствуют отверстиям форм и который подобен многососковой воронке.

После разрезки сгустка в коагуляторах (котлах или ваннах) сырное зерно, смешанное с сывороткой, переливается на распределитель, обеспечивающий разливку по формам.

В большинстве случаев рационализация системы идет по пути использования блок-форм (групповых форм из полимерных материалов, изготовленных методом литья на одной несущей раме) вместо индивидуальных форм, что облегчает выполнение подъемно-транспортных операций. Можно также использовать разъемные групповые формы увеличенной высоты. В этом случае блок-формы выпускаются в виде двух отдельных, устанавливаемых друг на друга частей: нижняя часть образует собственно форму, а ее высота равна высоте головки сыра в середине этапа выделения сыворотки. Верхняя

часть, обеспечивающая необходимую высоту всего устройства, может содержать необходимое количество сгустка и сыворотки в момент формования. Использование такой системы позволяет снизить объем капиталовложений, связанный с приобретением форм, и обеспечивает экономию производственных площадей на участке выделения сыворотки, поскольку разъемные формы могут сниматься и вновь направляться на участок формования сразу после того, как это позволяет ход выделения сыворотки.

Достигаемое в этом случае снижение трудоемкости прямо пропорционально увеличению количества и уменьшению объема сыров, изготовляемых с помощью групповых форм. Однако дозировка смеси сгустка и сыворотки в формах, всегда носящая приблизительный характер, не позволяет обеспечивать однородность массы изготовляемых сыров; поэтому основным элементом всех технологий остается способ распределения сырной массы по формам; в порядке возрастания точности и однородности массы готовых сыров можно назвать следующие способы:

прямая дозировка смеси сгустка и сыворотки;

дозировка сгустка после предварительного удаления сыворотки;

предварительная дозировка перерабатываемого молока.

2.2.3.1. Технология производства сыров с использованием системы прямой дозировки смеси сгустка и сыворотки в групповые формы

Возможные различия между этими технологиями зависят от оборудования, используемого для свертывания молока, и от способов перемещения групповых форм.

Свертывание молока в котлах. Наиболее простой способ заключается в том, что после ручной разрезки сгустка в котлах последние переворачивают над групповыми формами; после ручного выравнивания сгустка в формах распределитель убирается, а поддоны с групповыми формами штабелируются и подаются на участок выделения сыворотки.

Использование такой технологии вынудило специалистов задуматься над решением проблемы механизации трудоемкой операции переворачивания котлов, приводившей к повреждению структуры сгустка и снижению выхода сыра.

Для этого была предложена так называемая первая система Герена, принцип которой заключается в следующем:

котлы вместимостью 80—160 л заполняются с помощью гибкого трубопровода, снабженного счетчиком молока, соединенным с устройством автоматической дозировки и внесения сычужного препарата: количество молока в каждом котле соответствует целому числу групповых форм (как правило, от 1 до 4), закрываемых одним общим распределителем;

в течение всей продолжительности свертывания молока котлы стоят на полу цеха. После свертывания проводится ручная резка сгустка (за одну операцию): в котлы опускаются ножи для резки, состоящие из нескольких рядов проволоки из нержавеющей стали, натянутых на рамку точно установленных размеров;

в определенный момент синерезиса котлы вручную устанавливаются на тележки и подаются на автоматические опрокидывающие устройства, переворачивающие их над блок-формами, перемещающимися с помощью горизонтального конвейера; после выравнивания сгустка в формах распределительные щиты вновь возвращаются на участок формования с помощью подвесного конвейера. Блок-формы продолжают движение в сторону участка выделения сыворотки, где происходит снятие верхних половин разъемных форм. Блок-формы снимаются с движущегося конвейера и штабелируются на столах или в стационарных стеллажах, где остаются до окончания выделения сыворотки; в этот период сыр несколько раз переворачивают.

Свертывание молока в горизонтальных сыродельных ваннах: система «Корблен» («Corblin»). Свертывание молока проводят в горизонтально расположенных вытянутых ваннах полуцилиндрической формы, вместимость которых может составлять от 400 до 1800 л.

Разрезку сгустка осуществляют с помощью последовательного использования ножей для резки сгустка, один из которых перемещается вдоль ванны, а другой — перпендикулярно к нему. Часть сыворотки удаляется до формования с помощью полуцилиндрического перфорированного желоба, установленного над сгустком. Во время формования ванна разделяется на отсеки с помощью вертикальных перегородок, устанавливаемых перпендикулярно по отношению к ее оси; в небольших ваннах эти перегородки соединены с ваннами, в крупных ваннах они устанавливаются на специальные устройства.

Объем сгустка, оказывающегося между перегородками, точно соответствует вместимости одной или двух блок-форм. Формование осуществляется путем поочередного поднятия перегородок, что позволяет переливать (с помощью желоба, устанавливаемого на краю ванны) смесь сгустка и сыворотки на распределительные щиты, закрывающие блок-формы, перемещаемые перед ванной с помощью механического конвейера. Остальное вспомогательное оборудование и оставшиеся технологические операции идентичны описанным в предшествующем случае. Следует отметить возможность механизации операций штабелирования и переворачивания поддонов на участке выделения сыворотки.

Свертывание молока в вертикальных ваннах большой вместимости. Свертывание молока может проводиться в сыродельных ваннах большого объема (порядка 5000 л) многоцелевого назначения, аналогичных тем, которые используются в производстве прессуемых сыров. Недостаток этой системы заключается в том, что из нее поступает на участок прессования разнородная по составу смесь, в которой концентрации сыворотки и сгустка изменяются в течение периода между началом и окончанием процесса удаления сыворотки. Она предназначена только для изготовления крупных головок сыра, продаваемых развес, для производства сортов сыра с предварительно обсушиваемым и относительно прочным зерном (в частности, для производства голубых сыров). Остальное оборудование остается без изменений.

2.2.3.2. Технология производства сыра с использованием системы предварительного распределения сгустка для промежуточного выделения сыворотки перед формованием

Вторая система типа «Герен» («Guerin») (автоматизированная): свертывание молока в котлах с использованием устройства предварительного распределения. Пройдя через счетчик, молоко с внесенным в него сычужным препаратом подается (по наклонно расположенному рукану) в ванны кубической формы из полимерного материала (полезная вместимость 120 л), снабженные колесиками для перемещения.

Ванны устанавливаются на специальные направляющие и остаются на них в течение всего времени выделения сыворотки и ручной разрезки сгустка. Затем они вручную устанавливаются на шаговый конвейер, обеспечивающий их автоматическую подачу на участок частичной откачки сыворотки, а затем на опрокидыватель, где весь объем смеси сгустка и сыворотки выливается в устройство предварительного распределения; это неподвижно расположенное устройство обеспечивает выравнивание сгустка перед формованием и его предварительное статическое распределение в границах емкости прямоугольной формы, в нижней части которой установлены заслонки, размеры которых соответствуют размерам одной или нескольких групповых форм: открытие заслонок обеспечивает равномерное заполнение групповых форм, а затем и блок-форм.

Работа устройства предварительного распределения синхронизирована с перемещениями опрокидывателя и движением конвейера, несущего блок-

формы. Это позволяет значительно снизить отклонения в массе сыров по сравнению с ранее описанными системами.

Свертывание молока в сыродельных ваннах и предварительное формование сгустка: технология «Валднер» («Waldner»). В рамках этой технологии вначале использовались вертикальные цилиндрические горизонтальные резервуары вместимостью от 2000 до 5000 л (которые обеспечивают более низкий уровень сгустка, то есть меньший объем потерь сырной пыли, уносимой сывороткой). Разрезка сгустка проводится вручную или механизированным способом. Мостовые краны, перемещающиеся по рельсовому пути, несут автоматические мешалки и фильтр для частичного удаления сыворотки методом отсасывания. Затем сгусток переливается в промежуточный резервуар, откуда осуществляется его подача под действием струи сжатого воздуха в формовочную машину; там проводится его отжатие на сите с изменяемым углом наклона, после чего он распределяется (с помощью распределительной тележки) по вертикальным формовочным трубкам, в нижней части которых установлено горизонтальное отрезное устройство, разрезающее столбики сгустка на куски разной толщины, соответствующие определенному количеству порций сыра. Эта система резки обеспечивает точность дозировки сгустка (после предварительного выделения сыворотки) в гнезда установленной на решетку для стекания сыворотки блок-формы, подача и точное позиционирование которой осуществляются автоматически с помощью специальной системы, расположенной в нижней части этой формовочной машины.

Коагулятор непрерывного действия* и формовочная машина типа «Алпма» («Alpma»). Коагулятор, производительность которого может достигать 25 000 л молока в час, состоит из бесконечного ленточного конвейера, выполненного из полимерного материала, с низкой скоростью перемещения (от 16 до 70 см/мин). Эта лента приобретает полуцилиндрическую форму несущей ее ванны из нержавеющей стали, по которой она скользит с помощью промежуточной водяной пленки, играющей роль смазки.

После предварительного созревания и внесения сычужного препарата молоко подается на эту ленту, приобретающую форму огромного гамака. Оно подается в технологическую линию в той ее оконечности, где установлены специальные разделительные перегородки, обеспечивающие стабилизацию и разделение молока на равные объемы величиной 400—450 л. Эти перегородки и молоко перемещаются на одной скорости с конвейером. Свертывание молока происходит во время его перемещения. В определенный момент перегородки поднимаются вверх, подается разряд электрического тока, предупреждающий прилипание сгустка к их поверхности; затем сгусток разрезается на кубики полностью механизированными ножами. Во время синерезиса сгусток подается к устройству отделения сыворотки и формовочной машине.

Система снабжена автоматическими устройствами мойки конвейерной ленты и разделительных перегородок после каждого прохода через установку, что обеспечивает непрерывность работы коагулятора.

В зависимости от типа выпускаемого сыра и необходимого уровня синерезиса в момент помещения сгустка в формы система разрезки сгустка может быть дополнена устройствами, обеспечивающими перемешивание и более или менее полное удаление сыворотки. Формовочная машина может иметь более или менее сложную конструкцию, начиная от обычного устройства предварительного распределения и кончая сложной вертикальной системой, довольно близкой той, которая была представлена в описании технологии «Валднер».

Все операции по транспортировке, извлечению из форм, мойке и т. д. могут быть полностью механизированы.

---

* Конвейерный коагулятор непрерывного действия впервые разработан в Институте молочной промышленности в г. Видине, НРБ. — *Прим. ред.*

2.2.3.3. Технологии изготовления сыра с использованием систем предварительной дозировки молока

Коагуляция молока в котлах: технология «Картье» («Cartier»). Молоко с внесенными в него заквасками и сычужным препаратом автоматически дозируется и подается в емкости прямоугольной формы вместимостью от 40 до 80 л. Количество молока в каждой емкости точно соответствует количеству головок сыра, которое будет из него получено. Свертывание молока, сопровождающееся разрезкой сгустка и синерезисом, может происходить в одной точке или с использованием перемещающейся бесконечной конвейерной ленты.

После разрезки сгустка, выполняемого путем вертикального погружения в емкость точно откалиброванной рамки с установленными на нее через строго определенные промежутки рядами проволоки из нержавеющей стали, в каждую емкость устанавливается сепаратор (группа перегородок, разделяющих емкость на ряд элементарных объемов, каждый из которых соответствует одной головке сыра).

По окончании синерезиса емкость и распределитель закрываются групповой формой (перевернутой), состоящей из следующих частей (снизу вверх): распределительный щит с воронками, блок-форма, решетка и поддон для стекания сыворотки. В нужный момент формование проводится путем автоматического и полного переворачивания емкости и групповой формы. Остальные операции, касающиеся выделения сыворотки, переворачиваний сыров и т. д., могут быть полностью механизированы и не отличаются от того, что было представлено в других системах.

Преимущество данной технологии, помимо простоты, заключается в однородности индивидуальной массы получаемых сыров... при условии отсутствия случайной деформации сепараторов.

Свертывание молока в микрованнах. Принцип использования микроемкости с автоматической дозировкой молока в объеме, соответствующем одной головке сыра, был использован в целом ряде технологий, в частности в забытых в наши дни технологиях «Рематом» и «Югоне» («Rematom», «Hugonnet»).

После разрезки и частичного синерезиса сырную массу помещали в групповые формы с помощью опрокидывания соответствующих частей микрованн.

Эти технологии были предшественниками технологии «Картье», но, возможно, отличались слишком высоким для своего времени уровнем механической сложности. Они позволяли достигать невиданной ранее однородности индивидуальной массы головок сыра. Принцип использования микроемкости был, однако, использован в технологической линии «Каматик» («Camatic»), работавшей на основе технологии ММВ (MMV).

2.2.4. Производство мягких сыров по технологии ММВ

Пастеризованное молоко подается в модули ультрафильтрации температурой, достаточной для снижения его вязкости и обеспечения достаточной подачи через мембраны (около 55 °С).

Уровень концентрации составляет чуть меньше одной пятой первоначального объема (это осуществляется в несколько этапов); степень концентрации контролируется с помощью рефрактометра.

Ретентат, охлажденный до 30 °С, подается в танк после внесения в него молочнокислой закваски. После одно-двухчасового созревания при этой температуре он охлаждается, и проходит медленное созревание в течение 12—15 ч.

После этого смесь, подвергнутая предварительному формованию, нагревается приблизительно до 30 °С, а затем подается в автоматическую линию «Каматик» производства фирмы «Альфа-Лаваль», перерабатывающую ее в свежий сыр. Вначале проводится дозированная подача предварительно сформованной смеси с внесенным в нее сычужным препаратом (0,02%; 1/10 000).

Микроемкости соединяются между собой и перемещаются горизонтальными рядами. Свертывание молока и уплотнение сгустка осуществляются в полностью закрытой установке, через которую медленно проходит продукт.

На выходе из установки сыры отделяются от микроемкостей с помощью электродиза, а группы емкостей автоматически закрываются групповой крышкой (идентичной верхним частям блок-форм), которая, в свою очередь, закрывается щитом из полимерного материала.

Затем вся эта сборка переворачивается. Сыры извлекаются из микроемкостей с помощью сжатого воздуха и укладываются на поддоне под крышкой, где остаются до посолки. Микроемкости направляются на мойку и повторное использование.

Остальные операции, поддающиеся полной механизации, выполняются классическим путем.

Линия «Каматик 5000» позволяет производить до 5000 головок сыра в час. Использование двух линий увеличивает производительность в два раза.

Преимущество используемой технологии заключается в повышении выхода сыра (минимум на 12%, по данным фирмы «Альфа-Лаваль») и улучшении однородности индивидуальной массы сыров, обеспечивающей экономию на передозировке в размере 3% по сравнению с обычными технологиями.

В настоящее время сохранение в сыре сывороточных белков затрудняет применение этой технологии для изготовления продуктов традиционного качества, но делает ее в высшей степени пригодной для выпуска специальных и новых продуктов.

2.2.5. Механизация операций посолки

На смену прежним методам ручной посолки мягких и голубых сыров быстро пришли две технологии с высоким уровнем механизации: посолка сухой солью и посолка в рассоле.

2.2.5.1. Машинная посолка

Вначале оборудование для проведения посолки состояло из обычного бункера с солью, установленного над вращающимся распределительным валиком, подающим соль на проходящие под ним стеллажи с сырами. Эта технология предполагала переворачивание стеллажей и второй проход для посолки другой стороны сыров.

Выпускаемая в настоящее время установка «Саласек» («Salasec») фирмы «Серви» («Servi») позволяет проводить посолку непосредственно при извлечении сыра из форм за один проход стеллажей. Производительность этой установки может достигать 800 стеллажей с сырами в час.

Сухая соль приводится во взвешенное состояние в струе сухого воздуха, нагреваемого электрическими нагревательными элементами. Сложная система форсунок подает соль в посолочный туннель, обеспечивая посолку нижней и боковой частей сыров. Регулирование оседания оставшейся соли на верхней части сыров осуществляется путем изменения всасывающей мощности системы, отводящей избыток соли из туннеля и обеспечивающей ее рециркуляцию. Регулирование количества соли, наносимых на поверхность головок сыра, обеспечивается изменением скорости перемещения бесконечного ленточного конвейера, несущего стеллажи с сырами.

2.2.5.2. Посолка в рассоле

Сыры после извлечения из форм очень часто укладываются на специальные посолочные полки, устанавливаемые друг на друга с минимальным зазором в вертикальной плоскости. Во многих случаях полки снабжены устройствами, предназначенными для предупреждения или ограничения смещения головок сыра во время перемещений и при погружении в рассол.

Полки с сырами устанавливаются в стандартные контейнеры, подвешиваемые к электрическому тельферу, погружающему их в бассейн с насыщенным рассолом. Как правило, рассол находится в резервуарах из нержавеющей стали, размеры которых соответствуют размерам контейнеров, но в практике встречаются также бассейны, выполненные из полимерных материалов.

Штабеля полок с сырами, снятые с крюка тельфера, выдерживаются в рассоле в течение определенного времени, зависящего от вида сыра. Затем их вынимают из бассейна (также с помощью тельфера).

Концентрация солильного рассола периодически контролируется и восстанавливается. Управление температурой рассола в момент посолки сыра, которая должна быть постоянной и достаточно низкой (11—14 °С), в большинстве случаев обеспечивается с помощью пластинчатых или трубчатых теплообменников, охлаждающих рассол.

После посолки сыры перегружаются на стеллажи, предназначенные для их размещения на период созревания, и спустя некоторое время, необходимое для обсушки, подаются в сыроподвал.

3. Производство прессуемых сыров

Ж.-Л. Эвет*

Особенность всех прессуемых сыров заключается в том, что свертывание молока, необходимого для их производства, проводится в сыродельных ваннах, где также разрезается сгусток и вымешивается зерно с целью ускорения выделения сыворотки. На всех производствах, помимо тех, которые применяют традиционную технологию, речь идет о ваннах большой вместимости, снабженных системами регулирования температурного режима их содержимого.

3.1. Сыродельные ванны

3.1.1. Сыродельные ванны открытого и закрытого типа

Сыродельные ванны могут быть открытого или закрытого типа. Основное преимущество последних заключается в возможности их мойки в замкнутом цикле. Это сокращает продолжительность мойки и обеспечивает экономию энергии и моющих средств.

Крышки, которыми снабжаются ванны этого типа, предупреждают разбрызгивание продукта, его атмосферное загрязнение, а также снижают уровень тепловых потерь. Закрытые сыродельные ванны оснащаются специальными устройствами, позволяющими одновременно проводить дробление сгустка и вымешивание зерна без смены оснастки. Работа этих систем может управляться программируемыми автоматами.

В настоящее время на рынок выпускаются два типа закрытых сыродельных ванн. Первый тип — это вертикальные ванны, предлагаемые всеми изготовителями (фирмами «Герен», «Шалон-Мегар», «Альфа-Лаваль», «Ост», МКТ), ванны, выпускаемые фирмой «Гоавек» («Goavec») и т. д.

Второй тип — горизонтальные цилиндрические сыроизготовители. Они только начинают появляться на рынке и выпускаются такой фирмой, как «Колдинг» («Colding»). Продажей этих ванн занимаются фирмы «Бюртон Корблен» («Burton Corblin») и «Альфа-Лаваль».

Объем капиталовложений, связанных с приобретением и установкой сыродельных ванн закрытого типа, в полтора раза превышает объем, необходимый для приобретения и установки открытых сыродельных ванн.

---

* J. L. Evette.

3.1.2. Критерии выбора сыродельных ванн

Выбор сыродельной ванны определяется целым рядом критериев.

Форма. Излишняя высота ванны может быть причиной уплотнения сгустка, что приводит к образованию разнородного и более сухого зерна.

Объем. В сыродельной ванне чрезмерного объема может нарушиться равномерность подачи сгустка в систему перелива, а время заполнения такой ванны будет слишком продолжительным.

Характер движения мешалок. Этот параметр определяет характеристики сырного зерна и должен предупреждать вращение смеси сыворотки и сгустка в сыродельной ванне.

3.1.3. Типы сыродельных ванн

Классические ванны для изготовления сыров с высокой температурой второго нагревания имеют плоское днище и цилиндрическую форму. Ванны снабжены теплообменными рубашками, позволяющими вести работу в определенных температурных режимах. Разрезка сгустка проводится с помощью устройств, оснащенных плоскими или проволочными ножами. Для вымешивания зерна ножи заменяются мешалками. В некоторых моделях в целях облегчения слива сыворотки и сгустка устанавливаются подъемные устройства. Придание сыродельной ванне наклонного положения способствует сливу смеси сыворотки и сгустка через отверстие, расположенное в ее периферийной части. Некоторые модели сыродельных ванн имеют коническое дно с расположенным в его центре сливным отверстием; это снимает необходимость в придании им наклонного положения.

Недавно начали выпускаться сыродельные ванны закрытого типа, конструкция которых не позволяет проводить замену ножей мешалками в процессе работы. Поэтому эти ванны оснащаются универсальным инструментом. В ваннах вертикального типа инструменты вращаются вокруг вертикальных осей, в ваннах горизонтального типа — вокруг горизонтальной оси.

Выпускаемые в настоящее время сыродельные ванны могут использоваться для изготовления любых видов продукции (прессуемых сыров с высокой и низкой температурами второго нагревания). Однако авторы считают необходимым обратить особое внимание читателя на выпускаемые в Голландии сыродельные ванны, предназначенные для производства сыров с низкой температурой второго нагревания. Эти ванны имеют сильно вытянутую форму. Разрезка сгустка и вымешивание зерна осуществляются с помощью вращательно-поступательно-перемещающихся инструментов. Эти ванны могут использоваться также при выделении сыворотки и прессовании. Вместимость ванн, предназначенных для свертывания молока, может составлять от 5000 до 15 000 л.

3.2. Системы удаления сыворотки и предварительного прессования, используемые для изготовления прессуемых сыров с низкой температурой второго нагревания

Сыворотку можно удалять двумя способами: с использованием бака для стекания сыворотки, снабженного (или нет) средствами механизации, или через формовочную машину, позволяющую одновременно проводить удаление сыворотки, предварительное прессование и формование.

3.2.1. Аппараты для отделения сыворотки

3.2.1.1. Аппарат для удаления сыворотки при ручной разрезке сырного пласта

Аппараты этого типа выпускаются фирмами «Герен» и «Шалон-Магар». Аппарат состоит из емкости прямоугольной формы, установленной на прочную раму сварной конструкции, выполненную из стального профиля.

С обеих сторон сырного пласта устанавливаются фильтрующие сита (жесткие рамы с фильтрующим экраном, выполненным из нержавеющей сетки). Одна из рам закреплена неподвижно, а вторая перемещается под действием телескопических труб. Это позволяет регулировать высоту блоков сырного пласта. Разрезка пласта на блоки проводится с помощью ножа с выемкой, лезвия которого расположены перпендикулярно друг к другу и определяют формат головок сыра.

Предварительное формование можно проводить с помощью перфорированных пластин и гидроцилиндров, точками опоры для которых служат три рамы, установленные на продольных стенках бака.

После разрезки куски сырного пласта подаются в формы вручную.

3.2.1.2. Аппарат для удаления сыворотки с встроенной системой разрезки сырного пласта

Конструкция этих аппаратов основана на том же принципе, что и предыдущего, но они имеют подвижное дно, а их выходное отверстие снабжено гильотинным ножом и вертикальными ножами, обеспечивающими разрезку пласта.

Аппарат состоит из прямоугольного контейнера, в днище которого установлена подвижная дренажная плита, состоящая из скрепленных между собой перфорированных листов. В поверхности этих листов имеется паз, идущий в продольном направлении. Он служит для установки вертикальной перегородки, позволяющей регулировать толщину и длину сырного пласта.

После удаления сыворотки и выравнивания пласта дренажную плиту перемещают с помощью гидропневматической системы, расположенной под днищем бака. При перемещении пласт разрезается вертикальными ножами, проходя через проем в одной из боковых стенок аппарата. Затем по достижении необходимой длины опускается гильотинный нож, и отрезанные блоки подаются в формы.

Этот аппарат позволяет также проводить предварительное прессование сырной массы с помощью щита, установленного перед выходным проемом аппарата с гильотинным ножом.

3.2.2. Оборудование формования с встроенными системами предварительного прессования

Эти установки состоят из цилиндров, внутри которых установлены перфорированные трубы. После удаления сыворотки смесь сырного зерна и сыворотки опускается в эти колонны, где происходят ее предварительное прессование под действием собственной массы и удаление сыворотки. В этот момент ножи, установленные в нижней части цилиндров, раскрываются, освобождая блок сырной массы заранее определенной длины. Ножи возвращаются в исходное положение, отрезая блок, падающий прямо в форму или на конвейер, подающий его на участок формования.

Подобные системы выпускают различные фирмы; все они построены на одном основном принципе, и единственное различие, которое может иметь место, заключается в деталях исполнения узлов подачи и резки блоков сгустка.

Подача может проводиться с помощью насоса: при этом необходимо предусматривать в составе системы наличие дополнительной буферной емкости. Прерывистый режим подачи может быть обеспечен с помощью вакуумнасосной установки. Это устраняет необходимость в буферной емкости, но, поскольку опускание колонны сырной массы происходит по мере ее отрезания, блоки в разной степени подвергаются прессованию.

В формовочных машинах статического типа трубы устанавливаются в два параллельных ряда, а резка обеспечивается ножами, совершающими возвратно-поступательное движение в горизонтальной плоскости. Блоки сырной массы всегда выдавливаются наружу под действием поршня с регулируемой длиной хода; это позволяет регулировать высоту каждого блока сгустка. Трубы могут быть взаимозаменяемыми, что создает возможность для изменения формата головок сыра.

Если формовочная машина ротационного типа, то в ее состав входит резервуар, окруженный непрерывно питаемыми дренажными трубками. Столб сгустка опирается на поршни, закрывающие основания цилиндров. Поршни могут вертикально перемещаться, периодически выдавая порцию сгустка, отрезаемую ножом, установленным на станине формовочной машины.

3.3. Различные способы прессования сырной массы при изготовлении сыров с низкой температурой второго нагревания

3.3.1. Пневматический пресс вертикального типа

Пресс состоит из основания, на которое устанавливают формы с сырной массой; между ними помещают прессующие полки. Полки нажимают на верхние формы, усилие прессования создается пневмоцилиндром.

3.3.2. Туннельный конвейерный пресс

Этот пресс состоит из рамы, прикрепленной к полу цеха, несущей прессующие полки, приводимые в действие траверсами. Усилие прессования сыров создается пневмоцилиндрами, расположенными на верхней раме пресса. Формы с прессующими крышками устанавливаются на конвейер, проходящий через установку.

Эта система снижает трудоемкость операции прессования, расширяет диапазон усилия прессования и вследствие этого сокращает его продолжительность, обеспечивая экономию на количестве необходимых форм.

3.3.3. Туннельный пресс с автоматической подачей сырной массы

Эта установка, выпускаемая фирмами «Тебел» («Tebel»), «Альфа-Лаваль», «Гадан-Пасилак» («Gadan-Pasilak»), обеспечивает непрерывность выполнения операций прессования. Она состоит из стола, несущего подвижную ленту, на которую с помощью системы из роликовой цепи и тяг автоматически загружаются формы с сырной массой.

Прессование проводится таким же образом, как и в обычном туннельном прессе, но с использованием гидроцилиндров. После загрузки форм на входном участке установки с другой ее стороны выходит партия отпрессованного сыра. Контроль позиционирования форм обеспечивается фотоэлектрическими датчиками.

3.3.4. Кассетный пресс фирмы «Гадан-Пасилак»

Установка состоит из основания с двенадцатью парами рычагов, распределенных по окружности вращающегося цилиндра. Каждая пара рычагов несет кассету, которая в соответствии с заранее установленной программой осуществляет прессование группы форм (длина 2,3 м). Операции загрузки и разгрузки установки могут быть механизированы за счет использования роликовых конвейеров.

3.4. Технологические линии для производства сыра чеддер

3.4.1. Технология «Белл С.И.Р.О.» («Bell S.I.R.O.»)

Эта технология, родиной которой является Австралия, основана на разделении производственных операций на четыре следующих этапа:

свертывание молока и синерезис;

выделение сыворотки и чеддеризация;

дробление сгустка, посолка и формование;

прессование, нанесение защитного покрытия и фасовка.

Свертывание молока проводится в сыродельных ваннах большой вместимости, описание которых было дано выше.

Сгусток и сыворотка подаются насосами в бункер для удаления сыворотки, где происходит удаление большей ее части. Сгусток выгружается на конвейерную ленту для выдержки, имеющую несколько выпуклую форму (для дополнительного удаления сыворотки). Лента выполнена из ПВХ и служит для подачи сгустка в мешалки, где происходит дальнейшее выделение сыворотки. Затем сгусток вновь перемещается на ленте в виде пласта толщиной около 25 см. В конце конвейера пласт разрезается на блоки, направляемые на прессование.

В технологической линии этого типа используется большое количество установок для прессования (42 при производительности 3 т/ч). Они обеспечивают постепенное прессование сырной массы в течение часа, в процессе чего происходит чеддеризация. Затем блоки разрезаются на кусочки и измельчаются.

3.4.2. Технология «Чеддер Мастер» («Cheddar Master»)

Эта технология была разработана в Новой Зеландии. В ней используется колонна, в которую с помощью пневматической транспортной системы загружается сырная масса. Из колонны масса подается в резервуар, в котором приблизительно за два часа происходит нарастание кислотности. Выделение сыворотки на этом этапе производства осуществляется с помощью системы трубопроводов и узких щелей в стенках резервуара.

После того как в первой партии сгустка произойдет необходимое нарастание кислотности, открываются проемы в боковых частях резервуара, через которые выходит чеддеризованная сырная масса, попадающая на обеспечивающие ее разделение решетки с ножами; затем срабатывают дверцы с гильотинными ножами, позволяющие удалять блоки сгустка.

3.4.3. Классическая технологическая линия для производства сыра чеддер фирмы «Альфа-Лаваль»

Сырное зерно подается насосами в емкость для чеддеризации, снабженную крышкой с пневматической системой закрытия и состоящую из шести отсеков, каждый из которых закрывается своей собственной крышкой.

Смесь сырного зерна и сыворотки поступает в верхнюю часть резервуара. Зерно распределяется по шести отсекам, сыворотка проходит через сито и отводится с помощью дренажной системы, снабженной автоматическим сливным клапаном. После заполнения всех шести отсеков резервуар закрывается и в течение двух часов чеддеризации периодически поворачивается на 90°.

Затем содержимое резервуара подается в измельчитель, где режется на полоски. Затем эти полоски измельчаются на кусочки или в стружку и направляются на посолку.

3.4.4. Технологическая линия «Альфоматик» («Alfomatic») фирмы «Альфа-Лаваль»

Приготовление сгустка проводится в закрытой сыродельной ванне горизонтального типа. Затем он распределяется по нескольким уровням конвейера, служащего для выделения сыворотки и обеспечивающего его перемещение во время фазы чеддеризации, включающей в себя посолку и измельчение сгустка. Затем сырной массе придается форма блоков в формовочной колонне, подача в которую осуществляется с помощью вакуум-насосной установки. В основании колонны установлены ножи, отрезающие блоки сырной массы, напрямую направляемые на созревание под пленкой.

3.4.5. Технология «Лактоматик» («Lactomatic»)

В этой системе, как и в предшествующих, свертывание молока и разрезка сгустка проводятся в сыродельных ваннах большого объема.

Затем сгусток подается на наклонный вибротранспортер. Он перемещается по нему, выделяя сыворотку, к установке агломерации, расположенной в нижней части системы. После агломерации сгустка в единую массу он режется ножами и выгружается на пластинчатый конвейер, состоящий из пластин нержавеющей стали. Нарастание кислотности в сырной массе происходит во время его перемещения по конвейеру. В конце конвейера масса направляется на резку и измельчение. На следующем этапе производится его посолка. После этого сгусток отводится через трубу фасовочной машины, в которой незначительно перемешивается, а оттуда выходит готовым к разрезке и загрузке в формы.

3.5. Удаление сыворотки и формование сыров с высокой температурой второго нагревания

Выделение сыворотки из сгустка осуществляется в формах из перфорированного металлического листа. Оно может проводиться гравитационным способом, с помощью откачки или вакуумной аспирации. В случае использования последнего метода, разработанного фирмой «Шалон-Мегар» («Chalon-Megard»), формы помещаются под вакуумный колпак, а последующее создание частичного вакуума обеспечивает всасывание смеси сгустка и сыворотки и ее заливку в формы.

Удаление сыворотки может проводиться с использованием аппаратов, предназначенных для формования и прессования сырной массы.

Аппарат МКТ для формования сырной массы состоит из станины, установленной на двух основаниях и вращающейся вокруг своей оси. Он включает в себя от четырех до восьми встроенных форм, снабженных прессующим цилиндром; это позволяет ему совмещать операции удаления сыворотки, формования и прессования.

Сырное зерно подается в формы; после заполнения нижней части формы устанавливается крышка и подается давление. С момента изменения давления и переворачивания форм, следуют заранее установленной программе. По окончании прессования аппарат переворачивают отверстиями для заполнения вниз и извлекают сыры из форм с помощью выдвижных кареток.

3.6. Прессование сыров с высокой температурой второго нагревания

Эта операция осуществляется с помощью прессов с расширительными камерами или гидравлических прессов и проводится как на отдельных головках сыра, так и на партиях сыров.

Прессование можно также проводить на заполненных поддонах прессов, перемещающихся по какому-то пути качения или подвешиваемых к подвесному пути во время прессования.

3.7. Посолка в рассоле

Посолка в рассоле может проводиться как в статическом, так и в динамическом режиме.

Посолка в статическом режиме заключается в погружении головок сыра в бассейны из железобетона или полиэфира, заполненные рассолом. Сыры помещают на полки контейнеров, перемещаемых с помощью тельферов. В производстве прессуемых сыров этот способ получил наибольшее распространение. При посолке можно обойтись без полок, но в этом случае головки сыра, плотность которых ниже плотности рассола, будут всплывать, что создаст необходимость в посолке их верхней части.

Посолка в динамическом режиме используется, как правило, на средних и крупных сыродельных заводах. Рассол циркулирует в замкнутом цикле, проходя через систему регенерации. При изготовлении прессуемых сыров можно предусматривать выполнение этой операции с использованием определенного уровня механизации. Головки сыра, плавающие в емкости, заполненной рассолом, подгоняются течением, создаваемым за счет вращения имеющихся в емкости винтов, и поступают в контейнер, постепенно погружающийся в рассол по мере его заполнения. Этот способ обеспечивает полное погружение головок сыра в рассол и позволяет экономить производственные площади.

На достаточно крупных сыродельных заводах, занимающихся выпуском сыров с высокой температурой второго нагревания, круги сыра помещают на поддоны для посолки, а затем с помощью погрузчика опускают в солильный бассейн из железобетона, закрываемый дверью из нержавеющей стали, герметичность которой обеспечивается с помощью пневматического уплотнения.

3.8. Созревание прессуемых сыров

Прессуемые сыры с низкой и средней температурами второго нагревания созревают при температуре 12—15° С. Продолжительность созревания может составлять от трех (сен-полэн) до двух недель (мимолет) и даже четырех месяцев (кантал, чеддер).

3.8.1. Технология «Элтен» («Elten»)

Фирма «Элтен Энжиниринг» разработала и создала полностью механизированную систему для выполнения операций по созреванию прессуемых сыров и уходу за ними. Помимо комплекта автоматического подъемно-транспортного оборудования, эта система снабжена средствами контроля и регулирования атмосферы в помещениях для созревания сыра.

Основная часть подъемно-транспортной системы — деревянная доска длиной 230 см, рассчитанная на шесть головок сыра гауда. Эти доски устанавливаются в стеллажи с опорными боковыми стенками. Конвейер позволяет перемещать доски и подавать их на различные участки обработки (переворачивание, упаковка в полимерную пленку, взвешивание, очистка и мойка досок). Кондиционированный воздух проходит между боковыми стенками и циркулирует между всеми стеллажами. Для обеспечения достаточного поступления воздуха ко всем стеллажам направление его подачи периодически изменяется.

Система управления может быть снабжена устройствами обработки данных и программирования, обеспечивая одновременный уход за несколькими категориями сыров, обработка которых ведется с помощью разбивки сырохранилища на отдельные участки.

3.8.2. Созревание сыров с высокой температурой второго нагревания

Как правило, этот процесс продолжается не менее двух месяцев. В это время проводятся такие работы, как переворачивание головок сыра и обтирка их солью для наведения корки. Эти операции могут проводиться ежедневно или через день. Раньше эти работы выполнялись в сырохранилищах вручную, а поскольку масса отдельных сыров (от 40 до 80 кг) делала их весьма трудоемкими, на помощь были призваны современные средства механизации.

Самый простой способ заключается в ограничении количества переворачиваний: это приводит к тому, что немытая корка покрывается слоем плесени, удаляемой с помощью скребков перед отгрузкой сыра в торговую сеть.

Для уменьшения количества переворачиваний используется метод созревания на воздушной подушке. В сыроподвале обычно сыры укладывают на деревянные полки, при этом их нижняя поверхность лишена доступа воздуха, что приводит к снижению до недопустимо низкого уровня процессов газового обмена, необходимых для созревания продукта. Было предложено укладывать головки сыра на стеллажи, на поверхности которых имелись спиралевидные канавки. В центре стеллажа имеется штуцер, обеспечивающий подачу под сыры воздуха, нагнетаемого компрессором. Этот воздух проходит по канавке, что обеспечивает одновременную вентиляцию обеих сторон сыра и позволяет сократить число переворачиваний до трех или четырех.

Две фирмы занимались разработкой систем мойки: МКТ и «Грензбах» («Grenzebach»). Доски, на которые укладываются сыры, в 5—6 рядов устанавливаются на поддоны, перемещаемые с помощью подъемников типа «Фенвик» («Fenwick»). Поддон, поступающий в конец технологической линии, разгружается, доски по одной снимаются с него по мере того, как новые полки на опускающемся поддоне оказываются на одном уровне с конвейером. Сыры переворачиваются, доски забираются и подаются в систему мойки. Сыры попадают на другой транспортер, подающий их в сыромоечную машину, на выходе из которой они укладываются на вымытую доску и помещаются на поддон, поданный в этот конец технологической линии. Эти машины могут обрабатывать до нескольких сотен головок эмментальского сыра в час, и их применение оправдано лишь в очень крупных сырохранилищах при больших объемах созревающих сыров.

Созревание сыра может проводиться также в полимерной пленке; этот способ предупреждает высушивание сыров, а также развитие на корке плесени.

4. Кондиционирование воздуха в помещениях для созревания сыра

Ф. Бертран*

Все виды сыра (за исключением, разумеется, свежих, потребляемых без созревания), направляемого на реализацию сразу после изготовления, проходят стадию созревания: их тесто и корка становятся местом протекания более или менее медленных сложных биохимических реакций, возможность управления и овладения которыми зависит главным образом от возможности воздействия на три следующих параметра:

продолжительность созревания;

температурный режим;

влажность воздуха в помещениях, отведенных для созревания.

---

* F. Bertrand.

4.1. Виды и роль различных производственных помещений, используемых на этапе между завершением производства сыра и его реализацией

На всех сыродельных заводах всегда имеются три типа последовательно используемых помещений, роль которых оказывается более или менее значительной в зависимости от вида выпускаемого сыра и сроков его реализации.

Речь идет о следующих помещениях (в порядке их использования):

сушильня;

сыроподвалы, предназначенные для созревания сыра в прямом смысле этого слова;

холодильные камеры, предназначенные для хранения и складирования сыра до реализации.

4.1.1. Сушильня

После посолки (в рассоле или сухой солью) сыр следует обсушить. Эта операция заключается в его выдержке на период от нескольких часов до нескольких суток в помещении с достаточно низкой температурой (от 10 до 14 °С), относительно низкая влажность воздуха в котором довольно быстро удаляет выходящую на поверхность сыра избыточную влагу. В случае необходимости для этого может быть использовано то же помещение, в котором проводилась посолка, но в данном случае следует установить в нем соответствующий температурно-влажностный режим, поскольку чрезмерно активная сушка может привести к образованию чрезмерно толстой корки, а недостаточно быстрая сушка может привести к изменению нормального поведения головок сыра во время созревания.

4.1.2. Сушильни и сыроподвалы, предназначенные для созревания сыра

Различие между операциями, касающимися обсушки и созревания сыров, постепенно стирается. Однако по сложившейся традиции следовало бы оставить термин «обсушка» за первым периодом созревания мягких сыров, следующим непосредственно после посолки и протекающим при несколько более высоких температурах и в условиях более низкой относительной влажности, чем на конечном этапе созревания этих сыров. Существующая в настоящее время тенденция заключается в том, чтобы проводить созревание в практически постоянных условиях, что делает оба используемых термина синонимами.

Авторы не видят необходимости в том, чтобы вновь возвращаться к природе биохимических явлений, происходящих во время созревания, считая своим долгом лишь напомнить ту важную роль, которую оно играет в деле формирования консистенции, вкуса и внешнего вида (индивидуальной массы головок) сыра, а также обратить внимание читателя на особую тщательность, с которой необходимо относиться к проектированию, строительству и эксплуатации этих помещений.

Следует также отметить высокий уровень расходов, связанных с проведением созревания: значительный объем капиталовложений, вызываемых их строительством, созданием в них систем теплоизоляции и кондиционирования воздуха, зачастую еще более отягощается за счет так называемого мелкого оборудования, необходимого для хранения сыра (стеллажей из нержавеющей стали). И наконец, действующие в настоящее время повышенные банковские ставки на кредиты создают все большие затруднения для руководства сыродельных предприятий в плане финансирования работ по сооружению хранилищ, предназначенных для медленного созревания продукта в полном его объеме, при котором к увеличению оборотного капитала следует добавить

21.1. Сроки созревания основных типов сыра

Тип сыра	Условия созревания		
	продолжительность, сут	температура, °С	относительная влажность, %
Мягкие сыры	12—30	10—14	90—95
Голубые сыры	15—60	4—12	85—95
Прессуемые сыры:			
сен-полэн, эдамский	12—40	12—15	90—95
кантал, чеддер	45—300	5—12	87—95
Сыры с высокой температурой второго нагревания:			
эмментальский:			
в холодном сыроподвале	7—25	10—15	80—85
в теплом сыроподвале	25—60	18—25	80—85
контэ:			
в холодном сыроподвале	7—25	8—10	80—85
в теплом сыроподвале	30—90	15—20	80—85

повышение опасности (против этого почти никогда не удается найти достаточной защиты), связанной с невозможностью повышения цен на готовую продукцию.

Все это объясняет тот факт, что в условиях промышленного сыроделия продолжительность созревания сокращается до минимума. Наиболее распространенные и принятые в настоящее время сыродельными предприятиями сроки созревания основных типов сыра показаны в таблице 21.1, приведенной лишь в качестве примера ввиду значительных различий в методах, применяемых разными заводами даже в отношении продуктов одной группы, а также потому, что эти методы довольно часто претерпевают изменения, вызываемые, в свою очередь, изменениями потребительского спроса.

Обычно в условиях ускоренного созревания используют более высокую температуру, а влажность воздуха регулируется таким образом, чтобы управлять режимом высыхания головок сыра и, если потребуется, осуществлять селекцию их поверхностной микрофлоры.

4.1.3. Помещения для хранения и складирования сыра

Проектирование некоторых помещений для созревания проводится с таким расчетом, чтобы их можно было использовать в качестве холодильных камер для складирования готовой продукции, то есть с возможностью регулирования температуры в пределах 1—5 °С с сохранением достаточно высокой относительной влажности (95—98%), предупреждающей высушивание неупакованных головок сыра. Однако во многих случаях рациональнее располагать специальными холодильными камерами-хранилищами (1—5 °С), предназначенными для хранения упакованных сыров, помещенных в наружную тару, обладающую достаточной паронепроницаемостью для того, чтобы не приходилось прибегать к поддержанию в хранилищах высокого уровня относительной влажности, что, как правило, связано с крупными расходами электроэнергии.

Кроме этого, плотность укладки головок сыра в таких условиях может быть в несколько раз выше, чем при хранении сыров перед фасовкой на стеллажах или полках.

4.2. Принципы проектирования и расчета помещений для созревания и хранения сыра

Сушильни, сыроподвалы и камеры для хранения имеют идентичную конструкцию. Это помещения, снабженные теплоизоляцией, температурно-влажностный режим в которых регулируется с помощью систем кондиционирования воздуха.

4.2.1. Стены и теплоизоляция

4.2.1.1. Используемые материалы

Наружные стены помещений снабжаются слоем теплоизоляционного материала. Классические теплоизоляционные материалы (пробка, стекловолокно), помещаемые внутрь кирпичной кладки, все чаще уступают место пенопластам, в частности, полистиролу (этот материал отличается довольно высокой хрупкостью и поэтому используется в сочетании со слоем защитного материала и пароизоляционным слоем) и полиуретану (он все чаще встречается в виде многослойных панелей, в которых теплоизоляционный материал помещается между двумя твердыми пластинами из полимерного материала или стали с лаковым покрытием, обеспечивающими механическую защиту и образующими, если потребуется, пароизоляционный слой).

Внутренние перегородки и потолки все чаще выполняются из сборных конструкций такого же типа.

4.2.1.2. Толщина слоев теплоизоляции

Расчет толщины слоя теплоизоляции проводится с учетом коэффициента теплопередачи используемого материала и температурных градиентов, действующих с обеих сторон стены. В целях экономической оптимизации принимаемого решения может быть использован метод последовательного моделирования (позволяющий установить равновесие между стоимостью теплоизоляции и обеспечиваемой ей экономией энергии). Теплоизоляция должна быть достаточной для того, чтобы предупреждать конденсацию на стене атмосферной влаги, происходящую при слишком большой разнице между наружной температурой и температурой внутренней поверхности стены. В ряде случаев можно использовать интересное решение, заключающееся в обогреве этой стены теплоносителем (например, горячей водой) для предупреждения достижения этой «точки росы».

4.2.2. Кондиционирование воздуха

Во всех помещениях, предназначенных для созревания сыра, система кондиционирования воздуха должна обеспечивать выполнение следующих функций:

а) поддержание практически постоянного температурно-влажностного режима, выбранного как наиболее оптимального для биохимических явлений, происходящих при созревании сыра;

б) удаление из сыра определенного количества воды со скоростью, наиболее благоприятной для нормального прохождения созревания.

Для осуществления этой работы существует два возможных технических решения; выбор одного из этих решений определяется степенью точности, с которой необходимо управлять ходом сушки (то есть температурно-влажностным режимом), и оптимальным соотношением между повышением себестоимости, связанным повышением эксплуатационных расходов, и повышением качества готовых продуктов, которое предполагается получить в результате создания столь сложной установки, а также, разумеется, количеством сыра, подлежащего созреванию и хранению.

4.2.2.1. Упрощенное решение

Как правило, это решение используется на небольших сыродельных заводах или в отношении тех продуктов, которые рассматриваются изготовителем как малочувствительные к более или менее значительным колебаниям температуры и относительной влажности.

Воздух, содержащийся в помещении, охлаждается с помощью специальной батареи, состоящей из испарителя холодильной установки (в которой в качестве хладагента используется фреон или аммиак). Обеспечивается циркуляция воздуха с помощью вентилятора, который нагревается и насыщается влагой при соприкосновении с сыром. Затем, проходя через охлаждающую батарею, он охлаждается и высушивается, отдавая (путем конденсации на холодной поверхности испарителя) часть содержащейся в нем влаги. После этого он возвращается в сырохранилище, где вновь нагревается, насыщается влагой, и цикл продолжается.

Летом используется только охлаждающая батарея, поскольку температура воздуха в сырохранилище должна быть ниже температуры наружного воздуха. Зимой же, напротив, необходимо обогревать помещение не только для поддержания в нем определенной температуры, но также и для создания условий для включения охлаждающих батарей, роль которых заключается в высушивании воздуха. В подобных системах крайне трудно регулировать количество воды, выделяющейся из сыра. Этого более или менее удается достигнуть ручной регулировкой, а также с помощью работающих независимо от холодильной установки увлажнителей воздуха, которые включаются по мере необходимости (водяные форсунки), или же путем увлажнения пола и даже с помощью емкостей с влажным песком или вермикулитом, когда содержащаяся в них вода «приходит на помощь» слишком быстро высыхающему сыру.

4.2.2.2. Решение, отвечающее условиям промышленного производства сыра

Настоящая камера с системой кондиционирования воздуха представляет собой сложную систему, которую можно схематически представить в виде вентилятора, поочередно подающего содержащийся в помещении воздух на охлаждающую батарею, затем на нагревательную батарею и, наконец, на испарительную установку с последующим возвращением этого воздуха в сырохранилище с температурой и относительной влажностью, необходимыми для проведения требуемого режима созревания сыра (сушка и созревание сырного теста).

В системе используется тот же основной принцип, что и в представленном выше упрощенном решении, за тем исключением, что высушивание и охлаждение воздуха, поступающего в батарею охлаждения, проводятся до уровней, превышающих теоретически необходимые. Этот несколько переохлажденный и пересушенный воздух доводится затем до необходимой температуры с помощью нагревательной батареи, а его относительная влажность регулируется путем подачи необходимого количества водяного пара. Совмещение всех этих функций в рамках одной системы и вытекающие из этого возможности в плане регулирования температуры и относительной влажности представляют собой суть настоящей промышленной системы кондиционирования воздуха.

Для того чтобы представленная система стала более понятной читателю, можно рассмотреть процессы, происходящие с воздухом, проходящим через систему кондиционирования, на конкретном примере. Допустим, что температура и влажность воздуха в помещении, отведенном для созревания сыра, должны оставаться в следующих пределах: воздух, насыщенный влагой, выделяющейся из сыра, и поступающий в систему кондиционирования с температурой 12 °С, относительная влажность 90%; воздух, поступающий в сырохранилище из системы кондиционирования с температурой 10 °С; относи-

тельная влажность 75%. Роль различных составных элементов системы схематически представлена в таблице 21.2 (значения получены с помощью диаграммы Молье).

При рассмотрении таблицы 21.2 можно констатировать, что для точного регулирования температурно-влажностного режима путем пересушивания и повторного увлажнения необходимо использовать установки повышенных размеров (с точки зрения мощности и площади батарей охлаждения и нагревания). Это предполагает также увеличение объема потребляемой энергии по сравнению с оптимальным расчетным режимом. К этому следует добавить еще расходы, связанные с установкой датчиков и сложных исполнительных механизмов. В результате создание такого рода систем оказывается дорогостоящим делом. Тем не менее оно оправдывает себя теми возможностями регулирования качества и индивидуальной массы сыров, которые предоставляют эти системы.

Определение мощности установок, входящих в состав системы кондиционирования воздуха, приведено ниже.

Вентиляторы. Зная среднюю массу влаги, выделяющейся в течение часа из сыров, находящихся в сушильне, количество воды, удаляемой с помощью 1 кг кондиционированного воздуха, и удельный объем воздуха, можно легко рассчитать объем воздуха, который должен проходить в течение одного часа через систему кондиционирования, то есть мощность вентиляторов.

Батарея охлаждения. Мощность холодильной установки, испаритель которой служит батареей охлаждения системы кондиционирования воздуха, определяется с помощью моделирования максимально возможной потребности в холоде в критический летний период, а именно:

а) охлаждение и высушивание воздуха, необходимого для обсушки сыра (расход, умноженный на общую разность тепловой энергии между воздухом, входящим в батарею охлаждения и выходящим из нее);

б) охлаждение наружного воздуха, подаваемого в систему для обеспечения воздухообмена в сырохранилище (например, 5% количества ранее подававшегося воздуха, умноженные на разность общей тепловой энергии между наружным воздухом и воздухом, содержащимся в сырохранилище);

в) охлаждение сыров, поступающих в сырохранилище, и вспомогательного технологического оборудования (поддонов, стеллажей, упаковки);

г) компенсация тепловой энергии, привнесенной процессами брожения, происходящими в сыре; рабочим персоналом; системами вентиляции и освещения;

д) компенсация тепловой энергии, поступающей через стены и потолок, несмотря на слой теплоизоляции;

е) резерв на непредвиденные обстоятельства и другие расходы.

Нагревательная батарея. Нагревание воздуха может осуществляться с помощью группы электрических нагревательных элементов, теплообменника или горячей воды. В целях экономии энергии можно использовать конденсатор (источник тепла) холодильной установки, испаритель которого играет роль батареи охлаждения системы кондиционирования.

Мощность этой установки определяется с помощью моделирования максимальных потребностей в теплоте в критический зимний период:

а) нагревание воздуха, выходящего из батареи охлаждения, для подачи его в сырохранилище с необходимой температурой;

б) подогрев наружного воздуха, используемого для воздухообмена;

в) компенсация тепловых потерь через стены и потолок, происходящих, несмотря на теплоизоляцию;

г) резерв на непредвиденные обстоятельства и другие расходы.

Мощность системы повторного увлажнения зависит от возможных максимальных колебаний относительной влажности (пересушивание): вода будет подаваться в воздух с помощью системы подачи водяного пара или горячей воды; в некоторых случаях может использоваться дополнительная установка для промывки воздуха, потребляющая гораздо больше воды (жидкой), предназначенной для удаления загрязнений из воздуха, циркулирующего в системе.

Кроме этого, при проектировании установок, входящих в состав системы кондиционирования воздуха, следует принимать следующие меры предосторожности:

предупреждать появление чрезмерной разности температур теплообменников (батареи охлаждения и нагревательной батареи), то есть обеспечивать их достаточную площадь;

уравновешивать объем продукции в сыроподвале с его собственным объемом, с тем чтобы не возникало необходимости в чрезмерно интенсивной циркуляции воздуха, приводящей, несмотря на использование распределительных воздуховодов и подвижных распределительных заслонок, к появлению слишком высоких скоростей циркуляции воздуха и неравномерной сушки продукта;

воздухообмен должен проводиться только в пределах строго необходимого. Следует предупреждать излишнее открытие дверей и их неплотное закрытие;

в целях предупреждения загрязнения помещений следует, если потребуется, проводить фильтрацию и промывку наружного воздуха, подаваемого в систему в рамках воздухообмена;

следует помнить о высокой коррозионной способности воздуха, содержащегося в сырохранилищах, а также о том, что установки, входящие в состав системы кондиционирования, должны изготавливаться из нержавеющей стали или специальных алюминиевых сплавов. Использование обычного стального листа (окрашенного или оцинкованного) может привести к выходу оборудования из строя после нескольких месяцев эксплуатации.

Глава 22

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

1. Мойка и дезинфекция

Ж. Дофен, Ж.-П. Экалар, Л. Керерв*

Основные заслуживающие внимания проблемы мойки и дезинфекции технологического оборудования имеют общий характер или являются специфическими только для сыроделия. В последнем случае они обязательно связаны с особой природой загрязнений (сгусток, молочный камень...), загрязнениями сырья (колиформы...), а также с загрязнениями окружающей атмосферы во время созревания сыра (*Mucor mucedo*) или с активностью молочнокислых заквасок, заражение которых фагами должно быть предметом постоянной борьбы сыродела, в частности, начиная с момента внедрения в сыроделие средств автоматизации.

1.1. Моющие и дезинфицирующие средства

Для проведения мойки и дезинфекции технологического оборудования сыродел располагает целым арсеналом химических средств. Выбор средств должен основываться на существующем перечне, включающем такие, которые положительно проявили себя главным образом с точки зрения своей нетоксичности при попадании в пищевые продукты. Каждое исходное средство обладает собственными характеристиками моющей способности и может использоваться отдельно или в сочетании с другими; главная цель при этом заключается в обеспечении следующих основных свойств: способность к растворению или переводу в состояние суспензии органических (средства с основными pH) или минеральных веществ (средства с кислыми pH), смачивающая способность, эмульсирующая способность и диспергирующая спо-

* G. Daufin, J. P. Ecalard, L. Kerherve.

Операции, выполняемые в процессе кондиционирования воздуха. Характеристики воздуха во время обработки

Операция		Пример работы установки кондиционирования в режиме пересушивания и повторного увлажнения			
		температура, °С	влажность: относительная, %	влажность: г воды/кг сухого воздуха	общая тепловая энергия, ккал/кг воздуха
1. Подача воздуха из сыроподвала вентилятором: воздух, подлежащий обработке системой кондиционирования		12	90	7,9	7,6
2. Подача воздуха в батарею охлаждения: охлаждение и осушивание	Начало конденсации на холодной поверхности	10,5	100	7,9	
	Окончание конденсации	5,0	100	5,4	4,4
	Количество воды, удаленной из воздуха батареей охлаждения			2,5	
	Расход холода/кг обработанного воздуха				3,2
3. Подача воздуха в нагревательную батарею: нагревание	Подача охлажденного воздуха	5,0	100	5,4	4,4
	Выход нагретого воздуха	10,0	71	5,4	5,6
	Расход теплоты/кг обработанного воздуха				1,2
4. Регулирование относительной влажности выходящего воздуха с помощью распыления воды	Перед увлажнением	10,0	71	5,4	5,6
	После увлажнения	10,0	75	5,7	6,0
	Расход энергии на увлажнение воздуха			0,3	0,4
5. Подача обработанного воздуха в сырохранилище		10,0	75	5,7	6,0
6. Результаты обработки воздуха системой кондиционирования	Количество воды, удаленной из сыроподвала, из расчета на 1 кг кондиционированного воздуха			2,2	
	Расход энергии, ккал/кг воздуха:				
	охлаждение				3,2
	нагревание				1,6

Пример работы в теоретическом оптимальном режиме

1. Подача воздуха из сыроподвала вентилятором: воздух, подлежащий обработке системой кондиционирования		12,0	90	7,9	7,6
2. Подача воздуха в батарею охлаждения: охлаждение и осушивание	Начало конденсации на холодной поверхности	10,5	100	7,9	
	Окончание конденсации	6,0	100	5,7	4,9
	Количество воды, удаленной из воздуха батареей охлаждения			2,2	2,7
	Расход холода/кг обработанного воздуха				
3. Подача воздуха в нагревательную батарею	Подача охлажденного воздуха	6,0	100	5,7	4,9
	Выход нагретого воздуха	10,0	75	5,7	6,0
	Расход теплоты/кг обработанного воздуха				1,0
4. Регулирование относительной влажности выходящего воздуха с помощью распыления воды	Перед увлажнением	10,0	75	5,7	6,0
	После увлажнения	10,0	75	5,7	6,0
	Расход энергии на увлажнение воздуха		0	0	0
5. Подача обработанного воздуха в сырохранилище		10,0	75	5,7	6,0
6. Результаты обработки воздуха системой кондиционирования	Количество воды, удаленной из сыроподвала/кг кондиционированного воздуха			2,2	
	Расход энергии, ккал/кг воздуха:				
	охлаждение				2,7
	нагревание				1,1

собность и способность к удержанию загрязнений в состоянии взвеси (поверхностно-активные вещества). Что касается дезинфицирующих средств, то они должны обладать максимально широким бактерицидным спектром. Кроме того, моюще-дезинфицирующие средства не должны вызывать коррозии материалов, с которыми им приходится соприкасаться, и, наконец, они должны легко удаляться при ополаскивании.

1.2. Способы проведения и оптимизация мойки

Первый этап мойки технологического оборудования, соприкасающегося с молочными продуктами, заключается в предварительном ополаскивании холодной водой с целью удаления загрязнений, обладающих низким уровнем сцепления с поверхностью машин и аппаратов, и веществ, растворимых в холодной воде. При проведении собственно мойки используются растворы химических веществ, имеющих выраженный основной (органические загрязнения на основе белков или жиров), или кислый характер (загрязнения минерального происхождения). На практике полная последовательность операций мойки может включать в себя кислую или основную фазу (или обе, проходящие в той или иной последовательности). Так, мойка цистерн, служащих для сбора молока, емкостей (для молока, заквасок, молочной сыворотки), трубопроводов (приемных, для скваженного молока, свежей сырной массы, отвода сыворотки...) и ванн (сыродельных, для прессования) проводится в последовательности основная — кислая фазы. Та же или обратная последовательность используется для мойки пастеризаторов и установок ультрафильтрации. Мойка форм и крышек форм проводится только в щелочной или только в кислой среде (иногда при одноразовой еженедельной мойке в щелочной среде). В зависимости от природы материала, использованного для изготовления ванн, применяют щелочные (для полимерных материалов) или кислотные (для алюминиевых сплавов) средства.

Маты и столы, используемые на этапе свертывания молока, моют с помощью кислотных растворов; это относится также и к некоторым стеллажам (которые, однако, в некоторых случаях моют поочередно щелочными и кислотными растворами) и решеткам, применяемым при выделении сыворотки (при этом иногда проводят одноразовую еженедельную мойку щелочными растворами).

Ознакомление с настоящим разделом позволит читателю заметить, что мойка одного и того же оборудования, работающего в близких технологических условиях, может проводиться с использованием самых разных последовательностей операций. Кроме этого, мойка с использованием кислой фазы (одной или в сочетании с основной фазой) доминирует в отношении оборудования, непосредственно относящегося к изготовлению сыра (за исключением, как уже было сказано, оборудования, используемого для подготовки молока), что объясняется главным образом минеральной природой остаточных пленок или осадков (на основе трикальцийфосфата), образующихся из молочной сыворотки. Для предупреждения роста таких трудносмываемых осадков следует использовать средства, в состав которых входят вещества с высокой комплексообразующей способностью (если речь идет о щелочных моющих растворах). Наконец, следует отметить, что поочередное использование кислотных и щелочных моющих растворов способствует предупреждению развития ацидофильной флоры (дрожжей, плесеней).

[illegible]ждый этап мойки всегда сопровождается ополаскиванием водой в [illegible]—10 мин.

[illegible]вательные этапы проведения мойки выполняются с использова-[illegible]овных категорий моечных систем. Системы централизованной [illegible]стки и мойки (NEP, английское обозначение CIP) с авто-[illegible]ным управлением подробно представлены в документе [illegible]ой федерации [1]. Этот документ содержит все дан-[illegible]хнологии, используемой в сыроделии для оборудо-[illegible]ки и подготовки молока (емкости для хранения [illegible]ники, теплообменники, установки ультрафиль-

трации, сепараторы, трубопроводы). Туннельные моечные установки предназначены для обработки мелких машин и аппаратов, используемых для свертывания молока, формирования сырной массы и выделения сыворотки. Наконец, мойка ручным способом предназначена для оборудования старых типов оборудования (открытых сыродельных ванн); эта мойка проводится в той же последовательности, что и при использовании безразборной централизованной мойки. Она предусматривает главным образом мойку поверхностей, не соприкасающихся с продуктами (полы, стены, конвейеры, оборудование, используемое для взвешивания и сортировки продуктов). Для мойки таких поверхностей, отличающихся трудностью доступа к ним и кратковременностью контакта с продуктами, лучше всего подходят насос высокого давления или гидропистолет, подающие под давлением кислотные или щелочные моющие растворы.

В настоящее время качество мойки бывает, как правило, высоким, но продолжает оставаться предметом дальнейшего совершенствования, цель которого заключается в обеспечении экономии времени, воды, химических продуктов, энергии, а также в снижении объема подлежащих очистке стоков, появляющихся после мойки.

1.2.1. Мойка закрытых систем

Несмотря на то что в сыроделии тепловая обработка сводится скорее к термизации, а не к пастеризации, загрязнения, появляющиеся в системах, работающих в условиях высоких температур, представляют собой гораздо более трудносмываемые осадки, чем загрязнения, появляющиеся на холодных поверхностях. Это объясняется как выпадением в осадок солей кальция, так и денатурацией растворимых белков. Предварительное ополаскивание в течение нескольких минут холодной водой, следующее за усиленной промывкой водой, позволяет удалять от 60 до 80% загрязнений и играет важную роль в регидратации осадка. Мойка проводится с использованием щелочных (75—80 °С) или кислотных (60 °С) растворов (или тех и других) в течение нескольких десятков минут; при этом мойка кислотными растворами может проводиться в первую очередь. Таким же образом (несмотря на принадлежность к так называемым холодным системам) проводится мойка установок ультрафильтрации.

В холодных системах в большинстве случаев приходится иметь дело со следами молока или молочной сыворотки и тонкими осадками, состоящими из свернутого казеина. Весьма непродолжительное предварительное ополаскивание (не более нескольких минут) небольшим количеством холодной воды (5—6 л/м²) оказывается достаточным для удаления 100% лактозы и 90% липидов, содержащихся в тонкой остаточной пленке (15—20 мл/м²). Правильный выбор конструкции установки позволяет избежать образования пены, которая может в два-три раза увеличивать толщину пленки. Предварительное ополаскивание с использованием небольших количеств моющих средств всегда приводит к отрицательным результатам, поэтому для него всегда следует применять только чистую воду без детергентов. Мойка может проводиться при достаточно низких температурах (50—60 °С), а ее продолжительность должна приблизительно в десять раз превышать продолжительность предварительного ополаскивания. Продолжительность завершающего ополаскивания холодной водой систем обоих типов зависит от большого количества факторов, роль которых была подробно изучена Тором и Лонсеном (Thor, Loncin) [2] и Кесслером (Kessler) [3]. Для сокращения продолжительности этой операции следует исключить из состава системы все зоны, из которых моющий раствор можно удалить лишь с небольшой скоростью.

Централизованная система мойки (NEP) оказывается недостаточно гибкой в случаях одновременной мойки оборудования различных цехов. Это заставляет искать компромисс (который иногда отрицательно сказывается на качестве мойки некоторых систем) в отношении концентрации и температуры моющего раствора, возможности его повторного использования и предельного уровня его использования. Поэтому, видимо, предпочтительнее ис-

пользовать небольшие системы безразборной мойки, полностью отвечающие требованиям каждой технологической системы.

Циркуляция моющих растворов обеспечивается за счет насосов, характеристики которых должны быть рассчитаны таким образом, чтобы обеспечивать турбулентный поток в любой точке системы (следует избегать использования трубопроводов разных диаметров).

Располагать точки подачи моющих растворов в резервуарах и танках необходимо таким образом, чтобы обеспечивать возможность этим растворам достигать всех точек поверхности резервуаров, в частности зон размещения самих точек или зоны расположения мешалок. Это означает, что, в принципе, следует избегать появления каких бы то ни было «узких мест» или «мертвых зон», а в случаях, когда это неизбежно, следует обеспечивать возможность их мойки.

Иногда для борьбы с развитием колиформ в резервуарах большого объема прибегают к использованию моющих растворов при высоких температурах, порядка 80—90 °С (в момент приготовления). Этот метод неверен как с точки зрения расхода энергии, так и его эффективности, что объясняется значительным охлаждением моющих растворов при стекании по стенкам резервуаров. Эта проблема может быть решена путем подбора соответствующего моющего средства и процедуры мойки в условиях низких температур.

Автоматическая запорная арматура технологических линий никогда не разбирается для мойки, и для того, чтобы предупредить ее быстрое превращение в залежи грязи, во время мойки следует устанавливать ее в режим пульсации.

Управлять мойкой можно на основании показаний различных датчиков, обеспечивающих автоматизацию работы системы. Контроль за ходом ополаскиваний и предварительной мойки основан, как правило, на принципе измерения проводимости. Для контроля предварительной мойки можно также использовать оптический датчик, служащий для измерения непрозрачности. Роль этих датчиков заключается в определении двух основных моментов мойки: окончания усиленной промывки водой (прохождения первых литров молока или моющего раствора, слегка разбавленных водой) и окончания фазы смешивания (прохождения первых литров практически чистой воды). Этот метод позволяет достигать весьма высоких результатов при условии использования надежных датчиков, устанавливаемых на минимальном расстоянии от емкостей, через которые осуществляется возврат моющих растворов (танк для сырого молока, емкости централизованной системы мойки), а также при наличии надежной электронной системы, обеспечивающей точность и постоянство уровней срабатывания исполнительных механизмов. В отсутствие датчиков можно использовать кривые, построенные на основе результатов титрования кислотных и щелочных моющих растворов (являющегося гораздо более предпочтительным по сравнению с измерением pH), позволяющих программировать продолжительность ополаскиваний.

При мойке теплообменников определение дозировки кальция в кислотном и органического вещества в щелочном растворе позволят строить подобные кривые. Наконец, можно надеяться, что в ближайшем будущем (для мойки теплообменников и модулей ультрафильтрации) будет разработан такой датчик загрязнения и степени промывки, который позволит осуществить оптимизацию управления мойкой систем этого типа (с остановкой тепловой обработки на уровне, выше которого мойка может стать затруднительной, а также с прекращением мойки в нужный момент).

1.2.2. Туннельные моечные установки

Мелкое технологическое оборудование, мойка которого проводится с использованием туннельных установок, может быть самым разнообразным, но [illegible]речающиеся в нем загрязнения могут обладать сходной природой (пленки, [illegible]щие из казеина, жира, молочного камня...). Это упрощает выбор [illegible]средств, но главная роль все же принадлежит конструкции моечной установки. Качество мойки может быть значительно повышено за счет увеличения продолжительности различных этапов мойки, путем замедления скорости ее работы (однако этот диапазон изменения скорости невелик) или с помощью увеличения длины моечной установки. С повышением давлений возрастает роль форсунок. Существующая в настоящее время тенденция заключается в использовании невысоких давлений (0,2 МПа) и больших подач (что предполагает необходимость правильного подбора насосов). Применение более высоких давлений оправдано для мойки стеллажей. Расположение форсунок должно обеспечивать подачу моющих растворов в направлении по касательной к обрабатываемым плоскостям. Кроме этого, предпочтительно оснащать моечные установки двумя рядами форсунок, направленных в противоположные стороны; один ряд служит для мойки самого туннеля (особенно зон предварительной мойки и ополаскивания), а другой — для мойки технологического оборудования. Наконец, следует избегать чрезмерно быстрого смешивания моющих растворов. Наличие подвижных перегородок между резервуарами с различными моющими растворами и отключение насосов во время перемещения оборудования внутри установки и при открытии перегородок (моечная установка работает в прерывистом режиме) являются эффективными средствами предупреждения этого явления.

Наконец, следует следить за доступностью всех точек оборудования для различных моющих растворов и сред. Это обеспечивается, с одной стороны, за счет правильного подбора оборудования и, с другой стороны, за счет равномерного распределения технологического оборудования (на прокладках) на проходящем через установку транспортере (без нагромождения).

Использование противовспенивателя и поверхностно-активных веществ предполагает установку резервного пускового резервуара, объем которого должен быть достаточным для обеспечения минимальной продолжительности пребывания моющих растворов, составляющей 2 мин.

В системах автоматизации могут также использоваться датчики температуры (служащие для открытия электроклапанов подачи горячей воды или пара) и датчики проводимости (необходимые для непрерывного обновления моющих растворов).

1.3. Проведение дезинфекции

Роль дезинфекции, как представляется авторам, не до конца понята многими сыроделами, которые отказываются от ее проведения. Дезинфекция может осуществляться как сразу после мойки, так и непосредственно перед началом работы технологических линий. Последний метод более предпочтителен в плане обеспечения чистоты поверхностей технологического оборудования и борьбы с коррозией, но он не нашел должного распространения в условиях промышленного сыроделия. Проведение дезинфекции предварительно вымытых поверхностей несет в себе два неоспоримых преимущества: при полном отсутствии или в присутствии не более чем следов органических веществ активные молекулы остаются полностью свободными для борьбы с микроорганизмами; в этом случае можно обеспечить оптимальные для использования дезинфицирующих средств условия: pH; t, °С; концентрация.

Несмотря на возможную значительную экономию времени и воды, не следует проводить мойку и дезинфекцию одновременно с использованием универсальных хлорсодержащих средств или иодофоров вследствие полного поглощения их активного вещества органическими веществами.

В сыроделии используются дезинфицирующие средства трех следующих основных групп:

а) *хлорсодержащие продукты* (типа гипохлорита натрия). Считается, что концентрации около 150—300 мг/л Cl_2 необходимо и достаточно для уничтожения бактерий (включая многие виды *Clostridia*), дрожжей и фагов при том, однако, условии, что продолжительность обработки будет составлять 10—15 мин. Напротив, для борьбы с плесенями содержание Cl_2 должно составлять около 1000 мг/л (что значительно превышает используемые обычно количества), что гарантирует их полное уничтожение. Хлорсодержащие сред-

ства эффективны при использовании в условиях окружающей среды, и, напротив, не рекомендуется применять их в негативном состоянии (вследствие появления неустойчивости дезинфицирующих растворов, опасности возникновения коррозии и энергетических потерь). При соблюдении этих требований микроорганизмы не выдерживают воздействия указанных средств;

б) *растворы надуксусной кислоты.* С помощью этих средств можно уничтожать бактерии, дрожжи и бактериофаги в условиях температуры окружающей среды (содержание активного вещества составляет в этом случае 20—50 мг/л) при продолжительности обработки около 10 мин. Для уничтожения спор плесеней концентрация должна быть гораздо более высокой (до 1000 мг/л для спор *Mucor rasemosus*). Малоэффективно в отношении большинства микроорганизмов использование перекиси водорода даже при высоких ее концентрациях;

в) *формалин.* Формалин в виде альдегида (HCHO) часто используется для дезинфекции помещений или сырохранилищ большого объема. Он отличается неприятным запахом и вызывает раздражение слизистой оболочки (эти недостатки в значительной мере могут быть ослаблены за счет внесения в него полигликолей). И наконец, эффективным средством борьбы с бактериями, дрожжами и большинством плесеней являются иодофоры (50 мг I_2/л).

Дезинфекция с помощью горячей воды или водяного пара не рекомендуется, поскольку слишком короткая продолжительность пребывания дезинфицируемых поверхностей в условиях высоких температур приводит к возникновению и развитию на них терморезистентных видов микроорганизмов.

Завершающим этапом должна быть дезинфекция атмосферы производственных помещений (участков выделения сыворотки, сушилен). Этот этап заключается в распылении формалина или окуривании фунгицидными дымами. Указанные помещения необходимо изолировать от окружающей среды тамбурами или путем поддержания в них избыточного давления с помощью нагнетания стерилизованного воздуха. Фильтрация известного объема воздуха позволяет определить уровень загрязнения атмосферы (общую флору, количественное содержание колиформ, плесеней, дрожжей).

Для устранения затруднений, возникающих в процессе дезинфекции, могут быть использованы три основные группы мер: а) удаление органических веществ и молочного камня перед дезинфекцией; б) поддержание pH на оптимальном для дезинфекции уровне (9—10 для Cl_2; 4 для I_2) независимо от жесткости воды, используемой для разбавления; в) обеспечение бактерицидного действия применяемых средств путем поддержания достаточной концентрации активных веществ в течение всей обработки. Предметом постоянной заботы сыродела должны стать предупреждение проникновения бактериофагов и их уничтожение. Соблюдение определенных мер предосторожности способствует предупреждению некоторых видов загрязнения технологического оборудования:

организация ежедневных перерывов в работе, используемых для проведения тщательной дезинфекции машин и аппаратов (с помощью Cl_2 или надуксусной кислоты);

проведение периодической очистки незаполненных резервуаров, даже если их заполнение следует вскоре за освобождением;

организация возврата избытка молока в хранилище по окончании производственной кампании с помощью специальной линии, отдельной от линии его подачи в сыродельный цех.

Таким образом, речь идет о прерывании или ограничении развития нежелательных микроорганизмов (с помощью химических средств, снижения температуры и относительной влажности) и об уничтожении фагов. В случае массированного бактериологического загрязнения следует провести тщательную дезинфекцию всего оборудования с помощью больших количеств раствора гипохлорита кальция или надуксусной кислоты (1000 мг/л активного вещества). Иногда для восстановления нормальной технологической ситуации на выполнение этих мероприятий уходит до нескольких суток.

1.4. Проблемы общего характера

1.4.1. Опасность возникновения коррозии [4, 5]

При мойке деталей оборудования, выполненных из алюминиевых сплавов, с использованием щелочных растворов (силикаты) и раствора азотной кислоты (двухосновная кислота) необходимо применять ингибиторы коррозии. Мойка с применением хлоридсодержащих средств в холодном состоянии и с короткой продолжительностью проблем не создает. Соблюдение двух этих условий позволяет предупреждать появление язвенной коррозии на нержавеющих сталях типа 18—10 при использовании водного раствора гипохлорита кальция [6] или надуксусной кислоты. В целом для обоих типов материалов содержание хлоридов в разбавляющей воде должно быть не более 50 мг/л. Если это невозможно, то опасность возникновения коррозии и объем необходимых мер в каждом конкретном случае должны рассматриваться отдельно.

Что касается подхода к подбору используемых для изготовления оборудования различных сортов резины, то он достаточно подробно освещен в одном из документов Международной молочной федерации [7]. И наконец, проблемы появления электрических обменных взаимодействий при соприкосновении между собой различных материалов, частично возникающие при применении туннельных моечных установок, должны анализироваться с учетом обстоятельств каждого конкретного случая.

1.4.2. Прилипание сгустка к формам и матам, загрязнение

Явление прилипания сгустка к формам и матам для стекания сыворотки изучено еще далеко не полностью. По мнению авторов, его масштабы зависят от состояния поверхностей оборудования (используемые материалы и виды их обработки), а также от физических характеристик молочного продукта. Для снижения значительных потерь сырья не существует каких-то чудодейственных средств. Определенного улучшения можно добиться путем варьирования дизенфицирующими средствами, используемыми на заключительном этапе обработки (например, при обработке поверхностей из полипропилена лучше использовать надуксусную кислоту, чем раствор гипохлорита кальция), при одновременном смачивании поверхности водой или рассолом. Тем не менее до тех пор, пока не будет внесена полная ясность в механизм прилипания сгустка или образования молочного камня, ожидать сенсационных результатов нельзя. Кроме этого, лучшее знание природы загрязнения позволит оптимизировать подбор моющих средств.

1.4.3. Контроль качества мойки

Контроль качества мойки поверхностей, соприкасающихся с молоком или сыром, может основываться на различных методах: визуальный осмотр, определение количественного содержания бактерий с помощью фильтрации через мембрану воды ополаскивания (после нейтрализации бактерицидных препаратов) или с помощью соскабливания с поверхности или непосредственно на продукте.

Такое положение объясняется тем, что, несмотря на достаточно высокое (как правило) качество мойки, специалисты продолжают стремиться к оптимизации условий мойки с одновременным снижением ее стоимости. Для этого во время мойки необходимо для моющих растворов одновременно проводить целый ряд анализов: химическая потребность в кислороде (ХПК) или анализ органических веществ в щелочной фазе; содержание кальция в кислотной фазе.

Трудности, связанные с санитарной обработкой пробоотборников при доступе воздуха в закрытые системы, привели к тому, что исследователи начали отдавать предпочтение пробоотборникам, расположенным in situ и состоящим из мембраны, через которую периодически осуществляется отбор проб с помощью шприца.

Как правило, совокупность собранных данных позволяет приходить к важным заключениям в отношении степени эффективности различных последовательных этапов и их оптимальной продолжительности. Решающим шагом в направлении создания оптимальных систем санитарной обработки могло бы стать создание датчиков, способных сообщать о ее прохождении в реальном масштабе времени.

1.4.4. Вода: экономия, качество

Для предварительной мойки (при условии проведения соответствующих специальных исследований) может использоваться так называемая «коровья» вода (конденсат, образующийся после испарения молока или сыворотки), прошедшая обработку с помощью активированного угля, или же вода, использовавшаяся на заключительном этапе предварительной мойки или ополаскивания, в частности, если в нее внесено определенное количество дезинфицирующих средств (хлор, надуксусная кислота). Если никаких мероприятий по дезинфекции проводить не предполагается, вода для ополаскивания должна быть обработана до питьевого качества; это достигается путем внесения в резервуар, служащий для хранения запаса этой воды (по меньшей мере за 30 мин до ее использования), минимальной дозы дезинфицирующего средства (несколько мг/л). Использование доз ниже 1 мг Cl_2/л и/или недостаточная продолжительность обработки не только неэффективны против *Pseudomonas*, но даже опасны, поскольку активизируют рост других микроорганизмов. На входном участке линии подачи воды может быть также предусмотрена установка системы очистки, использующей принцип ультрафиолетового облучения.

1.4.5. Рециркуляция, насыщение и слив моющих растворов

Системы рециркуляции моющих растворов в централизованных установках безразборной мойки (NEP) должны проектироваться с учетом снижения эффективности последних по мере насыщения органическими веществами, медленное растворение которых ведет к распаду активных веществ детергента. Это означает, что вышеуказанные органические вещества необходимо удалять из моющих растворов (немедленно после мойки путем декантации или центрифугирования — выбор способа обработки зависит от природы загрязнений). Измерение скорости отложения загрязняющих осадков позволяет определять способность к декантации, ее минимальную продолжительность и площадь зеркала декантатора. Сброс загрязняющих осадков из системы должен проводиться ежесуточно (с визуальным контролем выходного участка декантатора).

Контроль уровня насыщения раствора (расход раствора вследствие химических или физических реакций, его насыщение растворимыми или не подвергающимися декантации веществами, степень разбавления) проводится с помощью титрования кислой и основной фаз (в отношении основного компонента), средствами сталагтометрии (для поверхностно-активных веществ). Этот метод сложен и становится невозможным (с использованием обычных средств) в отношении других компонентов моющего раствора. Подача свежих моющих растворов, выполняемая в автоматическом режиме и под контролем (основанным на принципе измерения проводимости), при использовании сложносоставных растворов неизбежно приводит к нарушению их внутренних равновесий и, следовательно, к снижению эффективности.

Одновременный слив всех отработанных моющих растворов ведет к резкому изменению pH на очистных установках; вследствие этого уничтожается

часть их активной микрофлоры, что приведет к серьезным затруднениям (резко падает соотношение между летучими и нелетучими веществами суспензии — с 60—80 до 20—40%). Поэтому настоятельно рекомендуется проводить сброс отработанных моющих растворов постепенно (в течение 24—48 ч).

2. Внутризаводские транспортные системы

Ж.-К. Жили, Ж. Вьят*

2.1. Введение

Ознакомление с технологическим циклом сыродельного предприятия позволяет обнаружить присутствие в нем той или иной последовательности операций, выполняемых на поступающем сырье. В предшествующих главах книги было отведено значительное место таким вопросам, как созревание молока, внесение в него сычужного препарата, свертывание молока, формование сырной массы и т. д. вплоть до фасовки и хранения готовой продукции.

Однако нормальное прохождение всех этих этапов производства сыра невозможно без существования связи между ними, связи, которую зачастую обходят молчанием, но роль которой тем не менее остается первостепенной. Речь идет о внутризаводской транспортной системе, обеспечивающей перемещение продуктов между различными производственными участками. В силу многих причин использование этой транспортной системы остается неизбежным; это объясняется, в частности, тем, что она принимает самое непосредственное участие в технологическом процессе: сюда можно отнести необходимость соблюдения целого ряда временных графиков, предусмотренных технологией, например графиков проведения переворачивания головок сыра, а также необходимое, если не сказать, обязательное выполнение некоторых технологических операций по изготовлению и/или созреванию сыра в разных помещениях, отличающихся между собой своими температурно-влажностными режимами.

Важность решения проблемы внутризаводского транспорта легко продемонстрировать также на примере участка формирования, поскольку он представляет собой решающий этап на пути изготовления сыра: здесь продукт приобретает индивидуальную форму. В этом случае происходит кардинальное изменение проблем, стоящих перед внутризаводской транспортной системой. Происходит переход от механики текучих сред, использовавшей относительно простые методы и технические решения (трубопроводы, клапаны, насосы и т. д.) для транспортировки однородных и сплошных сред, к транспортировке отдельных твердых тел, основная особенность которых — непрочность — лежит в основе сложности выполнения этой задачи, сложности, к которой добавляется еще и необходимость соблюдения требований, выдвигаемых технологией. Успехом среди профессионалов пользуются лишь те системы, которые были разработаны изготовителями, имеющими опыт работы с молочной промышленностью.

Разработке транспортного оборудования принадлежит огромная доля в общем объеме работ по проектированию оборудования для сыродельной промышленности. При этом в процессе этой разработки использовались самые разные подходы, зависевшие от конечных целей, ставившихся перед собой создателями этих систем: речь могла идти как о механическом копировании ручных способов транспортировки, так и, напротив, о внедрении каких-то нововведений, оригинальных решений, которые зачастую до этого уже использовались другими отраслями промышленности. Это позволило осуществить переход от ручных транспортных систем к механизированным, а затем и к автоматизированным комплексам.

---

* J. C. Gillis, J. Viatte.

Требования к соблюдению установленных объемов в рамках настоящей книги заставляют авторов начать разговор о внутризаводских транспортных системах с момента формования. Поэтому в зависимости от стадии производства речь будет идти либо о формах, заполненных сырной массой, либо о головках сыра до их отгрузки с завода.

Авторы предлагают вниманию читателя (в порядке их рассмотрения) требования, выдвигаемые продуктом к использованию оборудования, и, наоборот, технические решения, разработанные и уже реализованные в условиях промышленного производства сыра, а также проблемы, ждущие своего решения.

2.2. Требования, выдвигаемые продуктом и технологией его производства

Пищевая промышленность и, в частности, сыроделие отличаются от других отраслей промышленности, использующих механизированные транспортные системы, биологическим, то есть в высшей степени изменчивым и непрочным, характером объектов транспортировки.

В силу этого концепция транспортной системы должна удовлетворять целому ряду требований. Некоторые из этих требований относятся к области взаимодействия между сыром и материалами, использованными для изготовления оборудования транспортной системы; в этом случае речь идет о тех же требованиях, которые выдвигаются к самому технологическому оборудованию. В основе других требований, напротив, лежат особенности самой операции по транспортировке, то есть особенности перемещения сыра.

2.2.1. Соблюдение физико-химических и морфологических особенностей сыра

На всех этапах технологической линии и независимо от состояния сыра (сырная масса после формирования, прессования, во время созревания и т. д.) последний характеризуется многочисленными параметрами, зачастую с трудом поддающимися измерению. Соблюдение параметров, необходимых на одном этапе производства, обусловливает успешное проведение последующего этапа; не следует также забывать и о том, что диапазоны возможных отклонений бывают, как правило, довольно ограниченными.

Авторы сочли необходимым остановиться на некоторых параметрах.

Консистенция. Это, несомненно, наиболее важный критерий в данной области. Действительно, все искусство и умение сыродела, с одной стороны, и разработка нового технологического оборудования, с другой, позволили получать сырную массу с исключительно точными реологическими характеристиками, определяющими с момента формования большинство свойств готового продукта и, разумеется, обеспечивающими оптимальные условия осуществления следующих технологических этапов (способность к выделению сыворотки). В соответствии с этим должны быть разработаны кинематика и конфигурация транспортных систем (скорости перемещения, ускорения и замедления, остановки, столкновения, перемещения в наклонных плоскостях, изменения направления, переворачивания и т. д.).

Разумеется, все эти факторы играют определенную роль главным образом на начальном этапе существования отдельных головок сыра, то есть непосредственно после формования, затем их роль постепенно ослабевает по мере повышения связанности сырного теста, происходящего соразмерно с повышением содержания в нем сухого вещества.

Однако при этом остается неизменным факт, что в момент, когда сыр представляет собой лишь непрочный сгусток, использование любых транспортных систем — источников хотя бы незначительных толчков и резких движений — абсолютно недопустимо.

Температура. Известно, что температура сырного сгустка, а затем сыра во время созревания является одним из определяющих факторов. Это означает, что разработка транспортных систем, соприкасающихся с продуктом или работающих в непосредственной близости от него, должна проводиться с таким расчетом, чтобы не вызывать изменений температуры, в частности, во внешней части головок сыра. В противном случае могут произойти серьезные изменения в развитии бактериальной флоры и микофлоры и, следовательно, становится возможным появление различных пороков. В качестве примера можно привести нагревание поверхностей, соприкасающихся с сырами, происходящее вследствие аномального трения, присутствия выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания и т. д.

Влажность. В этом случае должны быть соблюдены такого же рода требования, цель которых заключается в том, чтобы сыр не претерпевал заметных изменений по содержанию в нем сухого вещества по сравнению с предусмотренными параметрами, необходимыми для данного технологического процесса, а также в том, чтобы влага, содержащаяся на поверхности технологического оборудования, не нарушила равновесия поверхностной микрофлоры сыра.

2.2.2. Бактериологические и санитарные аспекты

Совершенно очевидно (и в этом заключается первоочередная задача, стоящая перед создателями транспортных систем), что материалы, соприкасающиеся с сыром, должны быть пищевого качества и должны удовлетворять требованиям, установленным в этой области законодательством. Это относится к лентам и роликоопорам конвейеров, а также к различным устройствам, служащим для подталкивания головок сыра. Часто, руководствуясь именно этими соображениями, изготовителям оборудования приходилось выбирать в качестве конструкционного материала нержавеющую сталь.

Но, помимо вышесказанного, следует сказать и о том, что транспортное оборудование не должно становиться источником загрязнения соприкасающихся с ним сыров. Не говоря о проблемах, связанных с мойкой оборудования, которая должна проводиться в максимально удобных условиях (критерий, распространяющийся на все технологическое оборудование молочной промышленности), это требование предполагает необходимость особо тщательного подхода к проектированию транспортного оборудования и даже к его расположению внутри производственных помещений. Это означает, что следует вести борьбу с залежами микробов, которые, к сожалению, еще слишком часто встречаются в некоторых видах оборудования или в некоторых неудачно спроектированных установках, тем более что это оборудование предназначено для работы в цехах с менее жестким моечным режимом (например, в хранилищах, где сыр находится перед отгрузкой на реализацию).

Оборудование транспортных систем не должно переносить на поверхность сыра вещества, способные влиять на процесс развития их поверхностной микрофлоры (ингибиторов или активаторов).

Наконец, сыр должен быть защищен от соприкосновения с веществами и средами, используемыми для обеспечения работы транспортных систем: смазочные вещества, используемые в контейнерных линиях (жидкая и консистентная смазки), сжатый воздух и т. д.

2.2.3. Требования, выдвигаемые к транспортным системам со стороны окружающей среды

Помимо того что, как уже было сказано выше, разработка оборудования транспортных систем должна проводиться таким образом, чтобы это оборудование не оказывало никакого отрицательного воздействия на сыр, необходимо также, чтобы оно отвечало требованиям, связанным с особенностями технологии сыроделия.

Действительно, на различных этапах производства сыра оборудование или некоторые его составные части могут подвергаться определенным воз-

Требования к соблюдению установленных объемов в рамках настоящей книги заставляют авторов начать разговор о внутризаводских транспортных системах с момента формования. Поэтому в зависимости от стадии производства речь будет идти либо о формах, заполненных сырной массой, либо о головках сыра до их отгрузки с завода.

Авторы предлагают вниманию читателя (в порядке их рассмотрения) требования, выдвигаемые продуктом к использованию оборудования, и, наоборот, технические решения, разработанные и уже реализованные в условиях промышленного производства сыра, а также проблемы, ждущие своего решения.

2.2. Требования, выдвигаемые продуктом и технологией его производства

Пищевая промышленность и, в частности, сыроделие отличаются от других отраслей промышленности, использующих механизированные транспортные системы, биологическим, то есть в высшей степени изменчивым и непрочным, характером объектов транспортировки.

В силу этого концепция транспортной системы должна удовлетворять целому ряду требований. Некоторые из этих требований относятся к области взаимодействия между сыром и материалами, использованными для изготовления оборудования транспортной системы; в этом случае речь идет о тех же требованиях, которые выдвигаются к самому технологическому оборудованию. В основе других требований, напротив, лежат особенности самой операции по транспортировке, то есть особенности перемещения сыра.

2.2.1. Соблюдение физико-химических и морфологических особенностей сыра

На всех этапах технологической линии и независимо от состояния сыра (сырная масса после формирования, прессования, во время созревания и т. д.) последний характеризуется многочисленными параметрами, зачастую с трудом поддающимися измерению. Соблюдение параметров, необходимых на одном этапе производства, обусловливает успешное проведение следующего этапа; не следует также забывать и о том, что диапазоны возможных отклонений бывают, как правило, довольно ограниченными.

Авторы сочли необходимым остановиться на некоторых параметрах.

Консистенция. Это, несомненно, наиболее важный критерий в данной области. Действительно, все искусство и умение сыродела, с одной стороны, и разработка нового технологического оборудования, с другой, позволили получать сырную массу с исключительно точными реологическими характеристиками, определяющими с момента формования большинство свойств готового продукта и, разумеется, обеспечивающими оптимальные условия осуществления следующих технологических этапов (способность к выделению сыворотки). В соответствии с этим должны быть разработаны кинематика и конфигурация транспортных систем (скорости перемещения, ускорения и замедления, остановки, столкновения, перемещения в наклонных плоскостях, изменения направления, переворачивания и т. д.).

Разумеется, все эти факторы играют определенную роль главным образом на начальном этапе существования отдельных головок сыра, то есть непосредственно после формования, затем их роль постепенно ослабевает по мере повышения связанности сырного теста, происходящего соразмерно с повышением содержания в нем сухого вещества.

Однако при этом остается неизменным факт, что в момент, когда сыр представляет собой лишь непрочный сгусток, использование любых транспортных систем — источников хотя бы незначительных толчков и резких движений — абсолютно недопустимо.

Температура. Известно, что температура сырного сгустка, а затем сыра во время созревания является одним из определяющих факторов. Это означает, что разработка транспортных систем, соприкасающихся с продуктом или работающих в непосредственной близости от него, должна проводиться с таким расчетом, чтобы не вызывать изменений температуры, в частности, во внешней части головок сыра. В противном случае могут произойти серьезные изменения в развитии бактериальной флоры и микофлоры и, следовательно, становится возможным появление различных пороков. В качестве примера можно привести нагревание поверхностей, соприкасающихся с сырами, происходящее вследствие аномального трения, присутствия выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания и т. д.

Влажность. В этом случае должны быть соблюдены такого же рода требования, цель которых заключается в том, чтобы сыр не претерпевал заметных изменений по содержанию в нем сухого вещества по сравнению с предусмотренными параметрами, необходимыми для данного технологического процесса, а также в том, чтобы влага, содержащаяся на поверхности технологического оборудования, не нарушила равновесия поверхностной микрофлоры сыра.

2.2.2. Бактериологические и санитарные аспекты

Совершенно очевидно (и в этом заключается первоочередная задача, стоящая перед создателями транспортных систем), что материалы, соприкасающиеся с сыром, должны быть пищевого качества и должны удовлетворять требованиям, установленным в этой области законодательством. Это относится к лентам и роликоопорам конвейеров, а также к различным устройствам, служащим для подталкивания головок сыра. Часто, руководствуясь именно этими соображениями, изготовителям оборудования приходилось выбирать в качестве конструкционного материала нержавеющую сталь.

Но, помимо вышесказанного, следует сказать и о том, что транспортное оборудование не должно становиться источником загрязнения соприкасающихся с ним сыров. Не говоря о проблемах, связанных с мойкой оборудования, которая должна проводиться в максимально удобных условиях (критерий, распространяющийся на все технологическое оборудование молочной промышленности), это требование предполагает необходимость особо тщательного подхода к проектированию транспортного оборудования и даже к его расположению внутри производственных помещений. Это означает, что следует вести борьбу с залежами микробов, которые, к сожалению, еще слишком часто встречаются в некоторых видах оборудования или в некоторых неудачно спроектированных установках, тем более что это оборудование предназначено для работы в цехах с менее жестким моечным режимом (например, в хранилищах, где сыр находится перед отгрузкой на реализацию).

Оборудование транспортных систем не должно переносить на поверхность сыра вещества, способные влиять на процесс развития их поверхностной микрофлоры (ингибиторов или активаторов).

Наконец, сыр должен быть защищен от соприкосновения с веществами и средами, используемыми для обеспечения работы транспортных систем: смазочные вещества, используемые в контейнерных линиях (жидкая и консистентная смазки), сжатый воздух и т. д.

2.2.3. Требования, выдвигаемые к транспортным системам со стороны окружающей среды

Помимо того что, как уже было сказано выше, разработка оборудования транспортных систем должна проводиться таким образом, чтобы это оборудование не оказывало никакого отрицательного воздействия на сыр, необходимо также, чтобы оно отвечало требованиям, связанным с особенностями технологии сыроделия.

Действительно, на различных этапах производства сыра оборудование или некоторые его составные части могут подвергаться определенным воз-

действиям, к которым они должны быть соответствующим образом подготовлены (стекание молочной сыворотки после формования, давление во время прессования, погружение в рассол, воздействие различных температурно-влажностных режимов в различных помещениях, предназначенных для созревания продукта, коррозия, вызываемая молочной кислотой, и т. д.).

2.2.4. Соблюдение требований технологии

Концепция транспортировки как перемещения тел между двумя точками в пространстве предполагает необходимость в наличии определенного времени для выполнения этой операции. Это время должно учитываться в общем трафике технологического процесса и должно вписываться в границы заложенных в этот график параметров, касающихся продолжительности и сроков выполнения различных технологических этапов.

Кроме этого, в тех случаях, когда операции по транспортировке включают в себя и некоторые технологические этапы (прессование в непрерывном режиме и, в частности, переворачивание головок сыра), следует с особой тщательностью относиться к соблюдению основных технологических параметров.

2.3. Требования, выдвигаемые оборудованием транспортных систем

В то время, когда возникло намерение произвести постепенную замену ручных транспортных систем механизированными, первые шаги в этом направлении делались в виде попыток использования того оборудования, которое уже имелось на рынке. Это относится, например, к подъемникам, использовавшимся для транспортировки сыра грюйер. В ходе их использования удалось установить, что существовавшее в то время технологическое оборудование (в том виде, в котором оно выпускалось) не позволяло рационально использовать оборудование внутризаводских транспортных систем (например, в случае с тележками приходилось сталкиваться с недостаточной шириной проходов между стеллажами).

И тем не менее механизацию транспортных систем следовало продолжать, поскольку только этот путь обеспечил достижение двух следующих целей:

устранение некоторых операций, отличавшихся своей трудоемкостью (вследствие вызываемых ими больших затрат физического труда и тяжелых условий работы для персонала высокого уровня влажности атмосферы производственных помещений и большого содержания в ней паров солей и кислот);

замена ручного труда механизированным в целях повышения рентабельности производства.

Подобно случаю собственно технологических процессов оборудование транспортных систем выдвинуло свои требования, к которым относятся, например, следующие:

а) необходимость перехода к выпуску стандартных головок сыра (по массе, размерам и форме);

б) необходимость создания достаточно крупных производств, позволяющих обеспечивать рентабельность внедрения механизированных транспортных систем;

в) обеспечение возможности использования (в допустимых пределах) оборудования, имеющегося на рынке;

г) необходимость в наличии достаточных производственных площадей, позволяющих проводить установку и обслуживание оборудования транспортных систем.

Исходя из указанных выше требований, появление механизированных транспортных систем связано, как правило, с созданием новых сыродельных предприятий промышленного типа или с расширением уже действующих

предприятий, поскольку именно в этих случаях их руководство может думать о разработке и установке продуманных и рентабельных комплексов.

Кстати, осуществление подобных капиталовложений является удачным поводом для создания гармоничных автоматизированных технологических систем промышленного типа.

Внедрение механизированных комплексов внутризаводского транспорта позволяет наладить учет отдельных видов или групп готовой продукции с помощью специализированных систем. Можно, например, перед фасовкой продукта проводить контроль его массы, автоматически выбраковывая изделия, не отвечающие установленным критериям приемки.

Использование в составе оборудования транспортных систем контрольно-измерительной аппаратуры позволяет создавать автоматизированные линии и таким образом переходить к более эффективным методам управления производством (вследствие сокращения времени срабатывания исполнительских механизмов). Глобально рассматривая концепцию современного сыродельного завода, можно констатировать, что оборудование его транспортной системы, ни в коей мере не снижая гибкости технологического процесса (что можно было бы предположить, учитывая его размеры, а иногда и те чисто физические препятствия, которые оно способно создавать в производственных помещениях), может обеспечивать возможность создания продуманных и единых комплексов, служащих как для чисто физической транспортировки продукции, так и для оптимизации управления производством. Однако для достижения этой цели к разработке транспортного оборудования следует относиться достаточно тщательно, с тем чтобы оно могло гармонично вписываться в технологическую схему предприятия, не относиться к нему как к «бедному родственнику», с присутствием которого приходится мириться.

2.4. Основные виды операций, выполняемых внутризаводскими транспортными системами

Необходимость в транспортировке продуктов обусловлена объединением между собой различных машин или технологических участков, расположенных в пределах одного цеха или в различных производственных помещениях, находящихся иногда на значительном удалении друг от друга (что наблюдается все чаще в связи с увеличением размеров сыродельных заводов). Эти операции по транспортировке могут выполняться с помощью как стационарного, так и подвижного оборудования.

Подобный подход к представлению транспортных систем, используемых в сыроделии, мог бы свести к напоминанию основных этапов технологии производства сыра, начиная с формования, выбранного авторами в качестве отправной точки для предлагаемого вниманию читателя исследования. К тому же авторы не намерены утомлять читателя напоминанием аспектов, подробному рассмотрению которых посвящены предшествующие главы.

К счастью, в сыроделии, как и в других секторах пищевой промышленности, существует понятие элементарных операций, представляющих собой составные элементы, встречающиеся в любых технологических процессах; для транспортных или подъемных работ этими элементарными операциями являются те, которые выполняются отдельными видами подъемно-транспортного оборудования или их группами в рамках одной транспортной системы.

Среди них можно назвать следующие:

а) перемещение;

б) размещение;

в) переворачивание.

2.4.1. Перемещение

Независимо от направления (горизонтальное, вертикальное или смешанного типа) цель перемещения всегда заключается в транспортировке продуктов из одной точки в другую без произвольного изменения их порядка или

расположения. Например, подача продуктов с одной установки на другую; перемещение сырного сгустка с участка выделения сыворотки на участок прессования; погружение в солильный бассейн и извлечение из него; перевозка на тележках в помещения, отведенные для созревания сыра, и в хранилища. Иногда выполнение транспортных операций сочетают с выполнением таких работ, как упаковка в полиэтиленовую пленку, парафинирование, взвешивание, сортировка, этикетирование и т. д.

Все эти перемещения могут осуществляться с использованием подъемно-транспортного оборудования, работающего в непрерывном режиме. В этом случае транспортное оборудование стационарное и маршруты перемещения устанавливаются заранее. Можно также использовать гибкие системы, применяя подъемно-транспортное оборудование подвижного типа, чаще всего самоходное.

Авторы считают необходимым отметить, что подъемно-транспортное оборудование, предназначенное для непрерывного режима работы, устанавливается как на пол цеха, так может быть и подвесного типа; при этом не следует недооценивать роль последнего, поскольку, несмотря на определенные ограничения, создаваемые им в плане заводских инфраструктур, оно освобождает место на полу производственных помещений для перемещения персонала.

2.4.2. Размещение

Размещение имеет место при любом упорядочении в расположении продуктов, то есть при любом уменьшенном изменении заранее установленного порядка: штабелирование форм и головок сыра и разборка этих штабелей при подаче форм на дальнейшее использование или при проведении дальнейшей обработки сыра; разделение головок сыра на конвейерных линиях, их размещение на различных этапах хранения (во время созревания и перед отгрузкой на реализацию); комплектование заказов и т. д. Следует внести уточнение о том, что штабелирование, равно как и разборка штабелей, и ряд других операций, связанных с размещением продуктов, должны выполняться с учетом традиционных требований, действующих в отношении скоропортящихся продуктов: «продукт, первым поступивший на склад, должен первым покинуть его...».

К этому следует добавить, что штабелирование должно проводиться таким образом, чтобы обеспечивать сыру возможность для продолжения его нормальной эволюции, а также должно предотвратить загрязнение всего объема сыра в случае порчи одной или нескольких головок.

2.4.3. Переворачивание

Эта операция является более специфической для сыродельной промышленности и, в принципе, представляет собой часть технологии производства, но для ее выполнения приходится прибегать к использованию и подъемно-транспортного оборудования. Необходимость снижения трудоемкости операций переворачивания, являющейся следствием высокого ритма производства или большой массы головок сыра (или того и другого, вместе взятых), полностью оправдывает использование на этом участке производства специального подъемно-транспортного оборудования.

Кроме этого, говоря о специальном подъемно-транспортном оборудовании, следует иметь в виду выполнение исключительно простых элементарных операций, количество которых весьма ограничено, но для осуществления которых используются отдельные механические устройства. К ним относят такие операции, как:

линейное перемещение продукта в горизонтальной плоскости;
линейное перемещение продукта в вертикальной плоскости;
вращение (вокруг горизонтальной и вертикальной осей).

Разумеется, большинство этих специальных подъемно-транспортных установок может одновременно выполнять несколько элементарных операций, из которых складывается необходимое перемещение продукта.

2.5. Технические решения

2.5.1. Традиционные технические решения

В принципе, в технических решениях, разрабатывавшихся в области подъемно-транспортных систем для сыроделия в течение нескольких десятилетий, были использованы те же методы и средства, что и в других отраслях промышленности. Основные различия заключались в подборе конструкционных мероприятий, которые должны отвечать требованиям, принятым в пищевой промышленности (в частности, в отношении сопротивления коррозии, возникающей в результате воздействия молочной кислоты), и в выборе моющедезинфицирующих средств и веществ.

2.5.1.1. Конвейеры

При перемещении продуктов в горизонтальной плоскости применяются транспортеры, в качестве которых в зависимости от типа сыра могут использоваться устройства ленточного, роликового и даже цепного типов.

При выборе конвейера следует обращать особое внимание на то, чтобы его механическое и электрическое оборудование обладало достаточно высокой стойкостью в условиях повышенной кислотности. Здесь, как и в случае других видов оборудования, основным конструкционным материалом продолжает оставаться нержавеющая сталь, но ее высокая стоимость может приводить к тому, что предпочтение отдастся деталям из полимерных материалов; это относится, в частности, к изготовлению конвейерных лент.

Кроме этого, необходимо осуществлять соответствующий подбор материалов для изготовления несущих рам, роликов или барабанов и подшипников, с тем чтобы они могли надежно работать в условиях сыродельного производства.

Транспортерные ленты должны иметь достаточно прочную арматуру, обеспечивающую продолжительный срок службы, в течение которого ленты не вытягиваются.

В принципе, при выпуске сыра в виде мелких, раздельно транспортируемых головок (независимо от того, о каком виде сыра идет речь: о мягком или прессуемом) предпочтительно использовать ленточные конвейеры.

Для транспортировки крупных сыров (с высокой температурой второго нагревания) можно использовать роликовые конвейеры, но их работа менее упорядочена. Тем не менее их применение представляется выгодным, например, в качестве накопителей, когда они используются без механического привода.

Цепные конвейеры применяются в тех случаях, когда транспортируемый продукт продолжает выделять сыворотку (обеспечивая простоту ее удаления).

2.5.1.2. Тельферы

При изменении уровня (высоты) выполняемых операций или при необходимости преодоления каких-то препятствий (например, на участке солильных бассейнов) следует использовать стационарные или перемещающиеся по рельсовому пути тельферы. Действительно, тельферы представляют собой выгодную для использования подъемно-транспортную систему в тех случаях, когда необходимы подъем или перемещение грузов, а также при сочетании двух этих операций (при условии предварительного определения и неизменного характера этих операций). Кстати, область применения тельферов

ограничена вследствие этого раз и навсегда установленного порядка их использования, а также вследствие необходимости постоянного закрепления за ними работников, управляющих подъемно-транспортными операциями. Агрессивный характер условий окружающей среды, в которых могут оказываться тельферы на сыродельных заводах (участок выделения сыворотки и тем более участок посолки в рассоле), заставляет с особой тщательностью подходить к подбору их механического и электрического оборудования.

2.5.1.3. Транспортные тележки

Транспортные тележки были и остаются основным подъемно-транспортным механизмом, используемым для обработки тяжелых грузов. Это объясняется большой гибкостью их эксплуатации. Изготовители тележек всегда занимались и продолжают заниматься их совершенствованием. Транспортные тележки могут иметь самые разные конструкции (обычные тележки или тележки с подъемниками, тележки, перемещающиеся в сопровождении операторов или имеющие место для водителя, тележки с приводом от тепловых или электрических двигателей и т. д.).

Те усовершенствования, о которых идет речь в настоящее время, касаются главным образом способа загрузки тележек, которая может проводиться спереди, сбоку или с нескольких сторон. Это позволяет экономить площади, необходимые для маневра тележек в загруженном или незагруженном состоянии.

Усовершенствования относятся также к уровню автоматизации тележек, поскольку в настоящее время речь идет о создании таких транспортных систем, в которых отдельные транспортные средства перемещаются автоматически, с помощью систем подземных кабелей управления, передающих им команды.

Использование этих систем представляется авторам оптимальным способом решения проблемы транспортировки на участках, где эта операция не носит повторяющегося характера, и в цехах с высоким уровнем автоматизации и компьютеризации производства.

2.5.1.4. Специальное оборудование

Для выполнения некоторых видов операций, специфических для изготовления сыра (переворачивание, штабелирование, разборка штабелей), выпускают целый ряд машин и механизмов специального назначения. Внедрение этого оборудования в состав автоматизированных комплексных систем внутризаводского транспорта позволяет обеспечивать непрерывность технологического процесса. Кроме того, появляется возможность для устранения некоторых трудоемких операций. Оборудование специального назначения, отличающееся, как правило, простотой своей конструкции и способностью к обеспечению повышения производительности труда, находит широкое применение на современных сыродельных предприятиях. Его недостатком является лишь то, что при значительном повышении ритма производства наблюдается быстрое усложнение его конструкции.

2.5.2. Неразрешенные проблемы внутризаводских транспортных систем

В течение последней четверти двадцатого века произошел значительный рост размеров технологического оборудования, используемого в сыроделии (не менее чем в 10 раз).

Это привело к заметному усилению роли внутризаводских транспортных систем, причем следует отметить, что далеко не все из предлагавшихся за

этот период времени технических решений представляли собой образцы совершенства.

К их недостаткам можно, в частности, отнести следующие:

а) необходимость в санитарной обработке большого объема поверхностей оборудования;

б) отсутствие достаточной гибкости в эксплуатации;

в) недостаточная безопасность (в случае использования подвижных устройств).

Действительно, при изучении некоторых недавно созданных технологических установок остается лишь удивляться как размерам площадей, необходимых в их рамках, для хранения продуктов в процессе их изготовления, так и (и это самое главное) отсутствию свободы перемещения в этих помещениях.

Это в значительной мере объясняется повышением производительности сыродельных заводов и переносом технических решений их транспортных систем на небольшие предприятия.

В настоящее время предпринимаются усилия, направленные на изменение технологических процессов сыроделия в направлении повышения их компактности, но этот процесс может носить лишь ограниченный характер, что объясняется необходимостью обеспечения хотя бы минимального уровня качества готовой продукции.

По мнению авторов, все вышеизложенное позволяет предположить, что указанные препятствия могут быть преодолены только с помощью новых оригинальных решений.

2.5.3. Новые подходы к решению проблем, связанных с созданием систем внутризаводского транспорта

Оптимизация систем внутризаводского транспорта может идти как по пути объединения существующих систем в единые комплексы, так и по пути использования новых, более совершенных средств.

Не претендуя на исчерпывающий характер обзора используемых в настоящее время технических решений в области создания внутризаводских транспортных систем, авторы считают необходимым привести в качестве примера единой и продуманной системы то, что делается сейчас в отношении организации хранения прессуемых сыров. Используя сочетания ленточных, роликовых и цепочных конвейеров, подъемников и переворачивателей, некоторые изготовители предлагают потребителю полностью автоматизированные складские системы, вместимость которых в некоторых случаях превышает 20 000 головок сыра. Функции таких систем заключаются в приемке сыра, его упаковке в полимерную пленку, размещении на стеллажах, в подаче этих стеллажей в хранилища вертикального типа, снабженные системами кондиционирования воздуха, с последующим перемещением стеллажей и разгрузкой с них головок сыра, после которой стеллажи направляются на мойку.

Авторы полагают правомерным предположить, что в недалеком будущем сыродельные заводы обратятся к еще более совершенным техническим решениям, как это уже произошло с транспортировкой жидких продуктов. Значительный упор будет сделан на применение средств информатики и вычислительной техники, что обеспечит еще большую гибкость транспортных систем (благодаря появлению возможности адаптации к условиям различных конкретных случаев) и позволит освободить эти системы от затруднений, связанных с использованием стационарных установок.

Предполагается, что разработка внутризаводских транспортных систем должна с самого начала входить в состав общей разработки технологических систем даже до момента определения технологического оборудования. Это объясняется тем, что используемые в рамках общей концепции того или иного сыродельного завода методы управления производством, отгрузкой готовой продукции, а также требования эргономики позволяют поднять понятие «подъемно-транспортное оборудование» на более высокий качественный

уровень, превращая его в средство, вкладываемое в руки его использователи для достижения результатов, наиболее оптимальным образом отвечающих его потребностям. И если удастся преодолеть определенную косность во взглядах на концепцию транспортного оборудования, когда основное внимание будет обращаться на его функциональные возможности, а не на проблемы, связанные с его установкой и размещением, то, по мнению авторов, можно будет надеяться на появление оригинальных технических решений, тем более что достигнутый к настоящему времени уровень технического прогресса позволяет освободиться от многих ограничений, связанных с применением механического оборудования.

Использование средств автоматизации и компьютеризации позволит транспортным системам принимать на себя выполнение все более сложных операций, например таких, как формирование заказов.

При необходимости можно будет выделить места для установки стационарных конвейерных линий. Кроме того, использование манипуляторов, неправильно называемых роботами, позволит сделать более гибкими операции, выполняемые операторами, благодаря появлению возможности внесения любых изменений в программы их работы.

Подобно тому, что произошло в свое время в области циркуляции жидких и газообразных сред, когда молочная промышленность заимствовала (и даже усовершенствовала) методы, использовавшиеся ранее в таких «передовых» отраслях, как, например, нефтехимическая промышленность, в недалеком будущем в сыроделии будут приняты на вооружение технологии, разработанные для таких отраслей, как, например, автомобилестроение, при условии их соответствующей адаптации к специфическим особенностям сыроделия, в частности, в отношении выполнения требований производственной санитарии и гигиены.

2.6. Заключение

Цель, поставленная перед собой авторами при изложении своих соображений в отношении внутризаводских транспортных систем, заключается в достижении признания за этими системами (зачастую остающимися лишь в роли «бедного родственника» при определении состава и компоновки технологического оборудования, что, кстати, подтверждается скудностью, если не сказать, отсутствием фундаментальных работ, посвященных этому аспекту сыроделия) права на самостоятельное существование в качестве полноправной научно-технической дисциплины, изучением которой в равной степени и со стремлением к полному взаимопониманию должны заниматься биологи, технологи и специалисты в области механики, ибо только такой подход позволит принять во внимание и выполнить различные требования, выдвигаемые этими отраслями науки и техники.

Итак, создание внутризаводских транспортных систем для сыроделия — это самостоятельная область научно-технических знаний, овладение которой открывает пути к достижению значительной и действительной экономики, определение ее конкретного цифрового выражения порой бывает затруднено в силу огромного количества и многообразия возможных ситуаций.

Решительный переход современных сыроделов на активные позиции в области создания транспортных систем (без боязни сближения с другими отраслями промышленности и обращения за консультациями к специалистам) может позволить им располагать такими транспортными системами и средствами, которые будут не только отвечать сегодняшним потребностям, но также откроют широкие возможности в отношении эволюции и адаптации к потребностям завтрашнего дня. Зачем же довольствоваться ширпотребом, несущим в себе отрицательные стороны, если современный технический уровень позволяет перейти к выполнению индивидуальных заказов с одновременным повышением рентабельности предприятий?

3. Программирование технологических операций и автоматизация производства

М. Герен, А. Эк*

3.1. Наследование традиций и научно-технический прогресс

Сыроделие, переход которого на рельсы промышленного производс произошел сравнительно недавно, долгое время несло на себе отпечаток месленного и даже крестьянского происхождения.

В недавнем прошлом процесс переработки молока в сыр полностью висел от цикла производства молока. До настоящего времени производс некоторых видов сыра носит сезонный характер; это относится к некотор козьим и овечьим сырам, а также к сырам типа кантал де бюрон (Cantal buron).

Мелкие сыродельные заводы, выпускающие специальные сорта сыр использованием кустарных способов производства, до сих пор работают ритме, определяемом проведением доек (используя молоко утреннего или чернего удоя). Примеры этого можно встретить в области кустарного про водства сыров типа бри де Мо (Brie de Meaux), реблошон (Reblochon) даже при изготовлении грюйера на альпийских сыродельных заводах.

В условиях изменения экономического окружения сыродельная промы ленность встала перед необходимостью концентрации (как в отношении спо рыка, так и в плане организации производства).

Это привело к тому, что в настоящее время молоко, поступающее на родельные заводы во все более значительных количествах, перерабатывает на высокопроизводительных современных технологических линиях, непрер ное совершенствование которых ведет к постоянному снижению объема т довых затрат на тонну готовой продукции.

Эта концентрация средств производства порождает определенные п блемы, связанные с непрочностью перерабатываемого сырья, которое долж проходить стабилизацию и нормализацию по составу в целях обеспечен максимального выхода готовой продукции.

С другой стороны, растягивание производства на целый день создает т денцию к полной загрузке средств производства (одно- или двухсменный жим работы при восьмичасовой продолжительности смены). Наконец, д обеспечения требуемой потребителю стандартизации готовой продукции в никает необходимость в предварительной разработке стандартов качест согласующихся с потребностями современной системы распределения сы в сочетании с гарантией их постоянного соблюдения.

Все эти моменты заставляют сыроделов идти по пути создания все бол тщательно разрабатываемых и обеспечивающих максимальную повторяемос результатов технологических процессов, основанных на наблюдении за та ми параметрами, поддающимися физическому измерению, как время, тем ратура, pH, скорость перемешивания, объем удаляемой сыворотки, мой разбавление, прессование и т. д.

Эти методы относятся, разумеется, как к подготовке молока (хранен сборного молока, нормализация по жиру или содержанию белков**, стабил зация с помощью тепловой обработки, позволяющей удалять часть нежел тельных микроорганизмов и сопровождающейся созреванием с использов нием специально подобранных заквасок, дополняющим созревание моло

---

* M. Guerin, A. Eck.

** Разумеется, нормализация молока по содержанию белков создает про лемы в отношении ее регламентации, если не сказать, проблемы научно-те нического хранения. Как бы там ни было, даже если предположить, что н эти вопросы нашли свое решение, это не позволяет заявить, что проблема но мализации молока как сырья для производства сыра будет решена полн стью и окончательно (см. часть I и II).

после дойки), так и к изготовлению самого сыра (свертывание молока, созревание сыра).

Указанные меры позволяют все в большей степени овладевать законами управления исходным сырьем, вся сложность которого становится все более очевидной благодаря физико-химическим анализам, местом проведения которых прежде была лаборатория и которые теперь все чаще проводятся с помощью локальных систем контроля непосредственно в ходе технологического процесса.

Сыроделы должны определять диапазоны допустимых отклонений различных параметров, позволяющие принимать соответствующие меры для возврата технологических режимов в рамках постоянно действующих норм, касающихся как технологии производства, так и качества готовой продукции.

3.2. Практика сыроделия. Программирование технологических операций

В условиях отсутствия полного владения исходным сырьем сыроделам приходится идти на определенный компромисс. Дело в том, что им следовало бы иметь возможность дозировать все составные части молока и оценивать их физико-химическое состояние, измерять величины, управляющие выходом сыра, его консистенцией, вкусом, учитывая (плюс ко всему прочему) изменения, вносимые на последующих этапах выделением сыворотки и созреванием, и управлять процессом эволюции ферментов и микроорганизмов, принимающих участие в формировании различных составных частей аромата сыра. Состояние наших современных познаний в отношении величин, подлежащих измерению, или параметров, которые необходимо использовать, а также отсутствие соответствующих контрольно-измерительных приборов привели к тому, что современная практика сыроделия находится на полпути между тем, что она может делать на основе практического опыта, и тем, что она могла бы делать с помощью более точного измерения величин, в которых уже кое-что известно или пока лишь делаются какие-то предложения, двигаясь в направлении полной автоматизации управления технологическим процессом изготовления сыра.

К настоящему времени сыроделы полностью овладели следующими операциями по подготовке молока:

подготовка молока в резервуарах большого объема;

управление хранилищами с использованием средств информации и особенно с помощью автоматизации операций, связанных с мойкой и дезинфекцией, обеспечивающей выигрыш времени и надежности.

К ним можно также отнести:

контроль и автоматическое регулирование тепловой обработки молока;

нормализацию молока по жиру;

программируемое управление созреванием;

дозировку заквасок с помощью дозировочных насосов;

заполнение резервуаров с помощью программируемых счетчиков.

Тем не менее остаются нерешенными основные вопросы, стоящие на пути превращения молока в сыр: свертывание молока и выделение сыворотки из сгустка. Так, например, при так называемой обработке в сыродельной ванне успех зависит от навыка и умения сыродела. Это понятие включает в себя управление условиями превращения молока вначале в гель, затем в сырную массу, цель которого заключается в получении после созревания сыра с необходимыми свойствами. У старых сыроделов есть поговорка: «Сыр делается в сыродельной ванне». Успех всех последующих операций зависит от работы, проведенной в сыродельной ванне.

3.2.1. Использование сыродельных ванн большого объема

При обработке в сыродельной ванне большого объема сыродел может использовать один из двух приведенных ниже способов программирования технологических операций.

Работа по часам. Рабочий цикл разделяется во времени на повторяющиеся последовательности с соответствующим смещением для разных ванн. Цех оснащен группой параллельно соединенных ванн, количество и размеры которых соответствуют производственному циклу. Работа строится таким образом, чтобы можно было непрерывно подавать молоко в цех из подогревателя, работающего в режиме непрерывной подачи; в момент окончания заполнения первой сыродельной ванны начинается заполнение последней ванны.

Такой равномерный режим работы с использованием в качестве сырья нормализованного молока создает возможность для определенного уровня автоматизации:

а) в плане подачи жидких сред насосами с использованием программируемых счетчиков:

заполнение резервуаров молоком,

дозировка заквасок и сычужного препарата,

отвод сыворотки,

подача воды для мойки и т. д.;

б) в отношении транспортировки твердых сред:

подача партий сырной массы на формование или питание автоматических формовочных машин,

механизированная транспортировка сырного зерна на участки выделения сыворотки.

При этом сыродел может замедлять или ускорять работу в одной из ванн в определенных пределах, не нарушающих общего ритма работы цеха; в частности, он может принимать решение о начале разработки сгустка на основе самостоятельного определения состояния последнего.

Программирование операций, выполняемых в сыродельной ванне. Автоматические сыродельные ванны. На смену сыродельным ваннам открытого типа, в которых операции по разрезке сгустка, вымешиванию зерна, накладыванию пластин на сырный пласт или укладыванию сырной массы в формы, прежде частично проводились вручную, требуя огромных трудовых затрат и продолжительного времени, пришли закрытые сыродельные ванны большого объема, находящие все более широкое применение в производстве прессуемых сыров.

При использовании таких сыродельных ванн, в которых все операции механизированы, управление производственным циклом осуществляется с помощью программируемого автомата, обеспечивающего их нормальное прохождение.

Для перехода к полной автоматизации работ в сыродельной ванне остается сделать только один шаг, заключающийся в использовании программируемого автомата, обеспечивающего управление мойкой, стерилизацией, заполнением молоком, дозировкой заквасок и сычужного препарата, отводом сыворотки и промывкой сырного зерна путем воздействия на температуры, скорости вымешивания и резки и, наконец, управляющего подачей сырного зерна на формовочную машину или в формовочный резервуар; иначе говоря, речь идет об автоматическом управлении всем циклом операций, выполняющихся в сыродельной ванне.

В этом случае имеется в виду автоматизированная сыродельная ванна, снабженная системой программирования в реальном масштабе времени. Роль сыродела сводится к выбору программы, соответствующей виду выпускаемой продукции. Затем эта программа выполняется без какого-либо постороннего вмешательства.

3.2.2. Достижения в области программирования выделения сыворотки в формах

Эти достижения относятся к двум следующим основным аспектам:

первый — механический, заключающийся в механизации работы транспортных систем, операций по штабелированию форм и поддонов, переворачиванию (в случае мягких сыров), в использовании прессовочного оборудо-

вания, снабженного программируемыми автоматами, регулирующими давление прессования в зависимости от его продолжительности (для прессуемых сыров);

второй аспект заключается в контроле и регулировании температурного режима в помещениях, отведенных для выделения сыворотки из сгустка; программируемый автомат регулирует температуру на участках выделения сыворотки или прессования в зависимости от продолжительности этих операций.

Некоторыми изготовителями мягких сыров делались попытки регулирования температурных режимов на участках выделения сыворотки на основе данных о ходе этого процесса, получаемых с помощью контроля pH сыворотки, выделяющейся из сгустка. Регулирующие системы, построенные на принципе автоматической обратной связи, которые могли бы работать на основе этих данных, пока еще не доведены до необходимого уровня совершенства из-за отсутствия надежных датчиков, пригодных для такого вида использования.

3.2.3. Программирование созревания сыра

В этой области используются самые совершенные методы регулирования кондиционирования воздуха в сочетании с оборудованием, отвечающим специфическим требованиям предупреждения коррозии и санитарной обработки в молочной промышленности. Использование механизированных подъемно-транспортных систем обеспечивает сыроделу выигрыш во времени и надежность проведения технологических операций, начиная с посолки в рассоле и кончая механизацией работ в сыроподвале, включая нанесение защитных покрытий или упаковку в полимерную пленку некоторых видов сыра.

3.3. На пути к автоматизации. Гибкое производство

3.3.1. Средства и методы

Априори, нет никаких причин для того, чтобы сыродельная промышленность оставалась в стороне от перемен, происходящих в других отраслях.

В технологические процессы сыроделия должны внедряться достижения информатики и даже робототехники. В цехах сыродельных заводов уже используются программируемые автоматы; это первый шаг на пути создания автоматизированных производств, управляемых системами обработки данных.

Вполне возможно, что плодом этой стороны научно-технической революции станет общий рост производительности труда в сыроделии вследствие снижения стоимостных показателей при одновременной экономии времени и оптимизации выхода готовой продукции, а также вследствие улучшения условий труда из-за уменьшения объема трудоемких операций, зачастую выполняемых в неблагоприятных условиях (при повышенных уровнях влажности, шума, наличия в атмосфере неприятных для обоняния запахов) и в связи с устранением неудобств, связанных с необходимостью переворачиваний головок сыра в ночное время и с работой в субботние и воскресные дни.

В качестве средства управления централизованные системы управления сырьем и его распределением в зависимости от индивидуальных потребностей отдельных цехов сыродельного завода часто встречаются там, где речь идет о приемке (и закупке) молока, об управлении хранением жидкостей в резервуарах, определении состава, смешивании и созревании молока, программируемом проведении мойки, стерилизации различных систем, танков или установок тепловой обработки, управлении сепаратором с автоматической выгрузкой осадка, дозировке молочного жира с помощью баланса плотности, а также об использовании данных, касающихся контроля качества.

Все эти операции, контроль за выполнением которых еще часто осуществляется вручную, могут в действительности происходить под управлением программируемых автоматов или входить в число функций централизованных АСУ ТП.

Контроль работы машин и механизмов и обнаружение неисправностей могут проводиться с помощью систем автотеста; планировать производство и работы по обслуживанию оборудования можно путем накопления и выдачи на печать данных о его работе. ЭВМ может выполнять расчеты, связанные как с оптимизацией работ по обслуживанию того или иного цеха (например, в отношении подбора оптимальных составов моюще-дезинфицирующих растворов в целях экономии энергии), так и с оптимизацией работы самого цеха (путем выбора оптимального режима проведения технологических операций в определенный промежуток времени).

Все это, однако, не имеет непосредственного отношения к ходу технологического процесса. Предел возможных достижений в этой области определяется наличием или отсутствием контрольно-измерительных приборов (датчиков), способных измерять или контролировать физические величины, являющиеся параметрами технологического процесса, а также рабочими характеристиками этих приборов.

3.3.2. Контрольно-измерительные приборы

В силу своей природы программируемый автомат, на который возложена задача по наблюдению за ходом технологического процесса, управляет внесением изменений, необходимых для его нормального прохождения, проводя сравнение получаемых им данных со своей рабочей программой.

Выбор данных, как и способ использования результатов измерений, играет, таким образом, определяющую роль в деле обеспечения надежности управления технологическим процессом.

С другой стороны, известно, что для обеспечения надежной работы любых систем такого рода они должны обладать двумя следующими качествами:

1) точность и надежность измерений, обеспечивающих постоянство эталонирования и простоту обслуживания;

2) простота использования измерений для быстрого и эффективного внесения необходимых поправок в технологические режимы. Даже самые точные измерения могут оказаться абсолютно бесполезными для управления технологическим процессом при невозможности их использования.

Указанные условия почти полностью соблюдены в том, что касается измерений температуры, причем в этом случае могут быть использованы самые разные технические решения (термометр, термопара, телеизмерение...); это относится также к измерениям уровня, расхода, объема, массы, скорости, давления, времени, то есть к контролю физических величин.

С помощью микропроцессора эти данные могут преобразовываться в аналоговые электрические сигналы, способные обеспечивать ведение диалога с ЭВМ.

С другой стороны, касательно параметров, характерных именно для сыродельной промышленности, приходится использовать какие-то новые решения, тем более что не всегда возможно выразить те или иные явления в виде поддающихся количественному определению единиц. Тем не менее уже сейчас можно регулировать содержание сухого вещества в обезжиренном сгустке на выходе из центробежного сепаратора с помощью измерения его видимой вязкости [8] или проводить оценку хода свертывания молока (с помощью вискозиэластиметра) и, следовательно, обеспечивать оптимизацию фазы разрезки сгустка [9]*.

3.3.3. К проблеме сосуществования традиционных и современных технологий сыроделия

На протяжении ряда веков технологии превращения молока в сыр существовали практически без каких-либо существенных изменений.

* См. также часть II, главу 6; 2.4. Физические свойства сгустка.

Совершенно очевидно, что успехи, достигнутые в деле изучения молока и сыра, создали возможность для развития сыродельной промышленности. Это, разумеется, ни в коей мере не снизило роль технологии.

Действительно, несмотря на то, что в распоряжении сыродела сейчас имеются так называемые автоматизированные сыродельные ванны, снабженные системами программирования в реальном масштабе времени, выбор правильной программы продолжает оставаться за ним. А для того чтобы сделать правильный выбор, он не располагает почти ничем, кроме собственного опыта, благодаря которому он может предполагать, что то или иное молоко, судя по его происхождению и его истории (по крайней мере, той, которая известна сыроделу), будет тем или иным образом реагировать на предстоящую обработку и, кроме этого, что развитие и изменения будущего сгустка и будущих сыров будут происходить удовлетворительным, иначе говоря, управляемым образом.

Естественно, что в конце двадцатого века у сыродела возникает желание освободиться от этой чудовищной зависимости, даже если оставить в стороне достаточно основательные причины экономического характера.

В результате возникает вопрос: по какому пути идти?

Дело в том, что, априори, имеются два возможных решения:

а) можно идти по пути соблюдения технологии, сложившейся за более чем тысячелетнюю историю сыроделия, с параллельным использованием всех возможностей информатики и робототехники, даже мирясь с тем, что потребуется еще какое-то время до появления контрольно-измерительных приборов, которые должны будут обрабатывать все классические для сыроделия данные;

б) также возможен путь создания технологий, используемых технические достижения, существующие на данном отрезке времени независимо от того, к какой области знаний они относятся: к механике, электронике или биохимии (использование микроорганизмов с привитыми генами, использование ферментов или ароматизаторов, приготовление которых осуществляется отдельно от сыра...).

Касательно второй гипотезы существует определенный риск (по крайней мере, в пределах рынков, образованных населением стран с большой историей сыроделия). Для этих людей сыр является одним из редких подлинных, натуральных продуктов питания. Изменение этого понятия может, по-видимому, привести к изменению привычек людей, связанных с рационом питания.

Совершенно очевидно, что сыродельная промышленность в силах воспроизвести условия традиционной технологии изготовления сыра при том, однако, условии, что потребитель согласится оплачивать вытекающее из этого увеличение стоимости продукта.

Однако, как это часто бывает, между двумя противоположными путями существует некий промежуточный путь, заключающийся, разумеется, в сочетании двух первых в рамках прогресса, достигаемого всеми задействованными в этой отрасли научными дисциплинами. Действительно, сыродельная промышленность не может ждать момента досконального познания механизмов, управляющих изготовлением сыра, тем более она не может ждать появления технологий или оборудования, позволяющих, в частности, снизить себестоимость готовой продукции; она не может также занимать пассивную позицию перед лицом конкуренции со стороны других отраслей пищевой промышленности, которым не столь часто приходится сталкиваться с подобными дилеммами.

Это заставляет сыроделов постоянно заниматься адаптацией технологии к существующему оборудованию, пытаясь при этом сохранить честь марки и место на рынке с теми продуктами, которые они могут предложить потребителю, и так будет продолжаться все время, пока промышленность не перестанет называть выпускаемый продукт сыром.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fédération Internationale de Laiterie, 1979. Description et utilisation des systèmes CIP dans l'industrie laitière. Doc. 117.
2. Thor W. et Loncin M., 1978. Chemi. Ing. Tech., 50 (3), 188—193.
3. Kessler H. G. et Kessler A., 1981. Food engineering and dairy technology. Verlag, Freising, 553—560.
4. Daufin G., Kerherve L. et Michel F., 1980. Colloque "Corrosion dans les industries alimentaires", Rennes.
5. Fédération Internationale de Laiterie, 1979. Corrosion dans l'industrie laitière. Doc. 127.
6. Kerherve L., Daufin G. et Michel F., 1983, le Lait, 63, 129—147.
7. Fédération Internationale de Laiterie, 1982. Corrosion des caoutchoucs dans les procédés de l'industrie laitière. Doc. 139, Broch. n° 4.
   Journal Officiel, 1980. Recueil de textes concernant les matériaux au contact des aliments et denrées estinés à l'alimentation humaine, n° 1227.
8. Corrieu G. et Ferrel R., 1981. Un nouveau procédé pour mesurer et contrôler l'extrait sec des fromages frais maigres. Tech. Lait., 960, 11—13.
9. Gervais A., 1982. Appareil de mesure des propriétés rhéologiques des semi-solides par cisaillement harmonique de rotation. Thèse Docteur-Ingénieur. ENSIA, Nancy.

Часть VII
ПРОДУКТ, НОСЯЩИЙ НАЗВАНИЕ «СЫР»

Глава 23
ВЫХОД СЫРА. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ

Ж. Вандевег*

1. Определение выхода сыра

Выход сыра, или производительность процесса переработки молока в сыр, представляет собой математическое определение количества сыра, получаемого из определенного количества молока (чаще из 100 л или 100 кг).

Однако выразить это понятие можно и другими способами, а именно:

а) литраж молока, используемый для изготовления одной головки или 1 кг сыра;

б) пропорция тех или иных составных частей молока (или их группы), переходящих в сыр (обезжиренное сухое вещество, белки, казеины).

Совершенно очевидно, что это определение должно быть более полным в силу необходимости изготовления продуктов, отвечающих требованиям существующих нормативных документов, то есть имеющих определенную массу и состав.

Авторы не задаются целью заниматься уточнением массы и составов, включенных в нормативные документы и могущих быть в большей или меньшей степени принудительными в зависимости от того, идет речь о каком-то определенном сорте сыра или нет; они лишь хотят обратить внимание читателя на необходимость установления системы более полной информации потребителя в отношении состава продукта, которая могла бы сделать обязательным для изготовления соблюдений объявленного им состава.

После определения состава продукта (с помощью нормативных документов или гарантий изготовителя) следует перейти к определению степени влияния соблюдения этих норм на выход сыра и найти такие средства, которые способны его обеспечить (как с точки зрения соблюдения требований нормативных документов, так и с точки зрения экономики).

Авторы еще вернутся к этому вопросу в главе, посвященной прогнозированию выхода сыра.

2. Контроль выхода сыра

2.1. Определение выхода сыра на основе количества переработанного молока и количества полученного сыра

Определение выхода сыра основано на сравнении двух величин:

а) количества использованного молока;

б) количества полученного сыра.

Авторы считают необходимым сделать по этому поводу три следующих замечания:

* J. Vandeweghe.

1) ввиду того что измерение объемов жидких сред зачастую оказывается затруднительным, следует знать уровень точности измерительных приборов. Для этого читателю рекомендуется обратиться к одной из публикаций журнала «Техник Лэтьер» («Technique Laitiére»), посвященной этому вопросу [1];

2) составление графика отбора проб, необходимых для измерения количества получаемого сыра и определения его состава, предполагает значение коэффициента отклонения по массе отдельных головок сыра в пределах одной партии, а также изменение содержания их составных частей или точностных характеристик оборудования, используемого для объемной фасовки неформуемых сыров (свежего сыра, потребляемого без созревания, плавленого сыра);

3) авторы считают разумным проводить составление высокого баланса превращения молока в сыр. В этом случае (для получения достоверных результатов) следует установить для максимального значения потери продукта.

2.2. Определение выхода сыра на основе количества обезжиренного сухого вещества молока, переходящего в сыр: коэффициент G

Этот метод, обязанный своим появлением на свет работе А. М. Геро (A. M. Guerault) и встречающийся почти во всех трудах, посвященных молоку или сыроделию, основан на определении количества обезжиренного сухого вещества, перешедшего в сыр из одного литра молока:

$$\text{Коэффициент } G = \frac{COMOP}{100V},$$

где P — вес полученного сыра, кг; V — количество переработанного молока, л; СОМО — сухой обезжиренный остаток сыра, %.

Автор этого метода пытался оказать помощь сыроделам, давая им возможность наблюдать за изменениями во времени содержания сухого обезжиренного вещества в сыре, которые при сравнении их с изменениями содержания сухого обезжиренного вещества в молоке позволяют установить определенную связь между этими двумя величинами. Несмотря на то что впоследствии удалось установить (в отношении связей между различными составными частями молока и выходом сыра), что принятие во внимание только сухого обезжиренного вещества в уравнении регрессии позволяет объяснять не более 60% изменений выхода сыра, тогда как учет азотистых веществ и жира позволяет достигать 80% [2—4]. Тем не менее этот метод оказывает определенную помощь сыроделу в поиске причин отклонений хода технологического процесса и аномальных потерь. Он позволяет также улавливать сезонные колебания выхода сыра и прогнозировать величину коэффициента G для различных уровней содержания в молоке сухого обезжиренного вещества.

2.3. Контроль выхода сыра на основе аналитического определения содержания сухого вещества в молоке, сыре и молочной сыворотке

Наблюдение за изменением содержания сухого вещества в молоке в процессе его переработки в сыр и сыворотку используется для расчета выхода сыра при изготовлении свежих сыров, потребляемых без созревания, методом центрифугирования обезжиренного сгустка. Этот метод позволяет определять выход сыра, не прибегая к измерению количеств сгустка, полученных в процессе производства, что представляет собой весьма сложную операцию, учитывая большие объемы продукта и непрерывный характер производства.

Производственный баланс по сухому веществу (СВ) составляется для 100 кг молока, которое превращается в X кг сгустка и $(X-100)$ кг сыворотки (в отсутствие потерь). Как правило, уровень потерь устанавливается в размере 1%.

Это позволяет записать следующее выражение:

$$100 \text{ кг} \times CB \text{ молока} = X \times CB \text{ сгустка} + (100 - x) \times CB \text{ сыворотки}.$$

В результате получаем следующее уравнение:

$$\text{Выход сыра } X = \frac{100\,(CB \text{ молока} - CB \text{ сыворотки})}{CB \text{ сгустка} - CB \text{ сыворотки}}.$$

Это означает, что для определения выхода сыра необходимо проводить измерение трех следующих параметров: СВ молока, г/кг; СВ сгустка, г/кг; СВ сыворотки, г/кг.

Основное затруднение заключается в измерении количества сухого вещества сгустка вследствие сложности обеспечения его полной стабильности в течение технологического процесса. Кстати, это затруднение находится на пути своего разрешения в связи с внедрением новой системы автоматического регулирования содержания сухого вещества в сгустке, основанной на существующем отношении между видимой вязкостью сгустка и содержанием в нем сухого вещества [5].

Что касается отбора проб молока и сыворотки, то достаточно лишь соблюдать обычные требования в отношении перемешивания. Авторы не намерены лишний раз говорить о важности точного проведения анализов, в частности, когда речь идет об экспресс-анализах, используемых в ходе производства. Они считают необходимым лишь подчеркнуть, что уровень потерь при термостатной обработке с целью определения содержания сухого вещества бывает различным у несквашенных (молоко перед переработкой) и сквашенных продуктов (сгусток и сыворотка). Это должно учитываться при составлении балансов сухого вещества.

3. Прогнозирование выхода сыра

3.1. Прогнозирование выхода сыра на основе статистического анализа данных, полученных по большому количеству производственных выработок

На протяжении вот уже 80 лет делаются попытки определения количества сыра, которое можно получить из определенного количества молока еще до начала его переработки.

Первый факт, который удалось установить в ходе этих попыток, заключается в том, что в зависимости от того, сколько в используемом молоке содержится жира, меняется и выход сыра. Затем это было отмечено в отношении содержания в молоке сухого вещества, а позднее — в отношении содержания в молоке белков или казеина.

Целому ряду авторов [1—3] удалось (на основе статистического анализа данных, полученных в результате обследования большого количества производственных выработок сыра*) создать уравнение типа

$$R = a \times P + b \times M,$$

в котором R — выход сыра на 100 кг молока (кг); P — содержание белков в 1 л молока; M — содержание жира в 1 л молока.

* Следует отметить, что все эти расчеты приобретают действительное значение лишь при условии их подтверждения с помощью статистических методов исследования.

Этот метод дает положительные результаты и позволяет более чем на 90% прогнозировать причины изменения выхода сыра. Недостаток его, однако, заключается в том, что каждый раз он требует проведения очень большого объема измерений.

Это объясняется тем, что различные параметры, принимаемые во внимание при составлении такого рода уравнений, оказываются действительными лишь для каких-то конкретных случаев производства с использованием конкретной технологии.

В результате эффективность этого метода в известной степени снижается вследствие большого объема связанных с ним расходов, объясняющихся большим объемом измерений и необходимостью особой тщательности их выполнения.

3.2. Метод обобщения, или «теория губки»

Общая формула прогнозирования выхода сыра, которую, по-видимому, можно применять для всех видов сыра и которая, по всей вероятности, не зависит от типа технологии, используемой для их производства, обязана своим появлением на свет исследованиям, проведенным Ж.-Л. Мобуа и Ж. Моко (J. L. Maubois, G. Mocquot). В рамках этих исследований авторы сравнивают сыр с губкой, заполненной жидкостью (структура губки образована параказеином, фиксирующим молочный жир, а роль жидкости играет молочная сыворотка).

Подробное изложение расчетов, приводящих к созданию представленного ниже общего уравнения, читатель найдет в работе Ж.-Л. Мобуа и Ж. Моко [6]:

$$RM = \frac{MAC \cdot 10\,(200 - 3s)}{200\,(F - g) - 2s\,(100 - g)}. \qquad (1)$$

После определения максимального выхода сыра можно легко определить количество молока, необходимое для получения одного килограмма сыра. При этом:

RM — максимальная масса сыра, вырабатываемого из 100 кг молока; MAC — содержание казеина в молоке, г/кг молока; F — общее количество сухого вещества, содержащегося в 100 г сыра; g — количество жира, содержащегося в 100 г сыра; s — содержание сухого вещества в сыворотке, входящей в состав сыра, г на 100 г сыворотки.

Таким образом, после определения состава сыра (массовые доли сухого вещества, жира, сухого вещества в сыворотке, входящей в состав сыра) достаточно определить концентрацию казеина в перерабатываемом молоке, чтобы прийти к установлению максимальной массы сыра, который может быть получен из этого молока.

Примечание 1. Содержание казеина можно рассчитать с помощью формулы Моко и Але, скорректированной Рикордо (Ricordeau) и Моко [2]:

$$MAC\ \%\ MAT = 100 - 100K\,\frac{TP'}{TP}; \qquad (2)$$

$$K = \frac{900 - 0{,}9TB - 1{,}45TB}{900 - 0{,}9TB' - 1{,}45TP'},$$

где $MAC\ \%\ MAT$ — содержание казеина, г на 100 г общего азота молока; TP — содержание белка в молоке, г/кг; TP' — содержание белка в молочной сыворотке, г/кг; TB — жирность молока, г/кг; TB' — жирность сыворотки, г/кг.

Мобуа сообщает ряд значений, касающихся отношения $\frac{MAC}{TP}$ [6]: 74 для сырого молока (среднее значение); 74,5 — для молока, подвергнутого на-

греванию с выдержкой 20 с. Автор получил величину 75,91 (с коэффициентом вариации 1,19) для пастеризованного молока, использовавшегося при изготовлении мягких сыров [7].

Примечание 2. Содержание сухого вещества в сыворотке в конце ее выделения весьма близко к содержанию сухого вещества в сыворотке, остающейся в сыре.

Примечание 3. Приведенная формула не учитывает потерь, которые следует пытаться определять экспериментальным путем в ходе наблюдения за несколькими производственными выработками сыра. Это делается для их последующего учета при проведении сравнения между расчетным и практическими выходами сыра.

3.3. Выход сыра из сгущенного молока (сгущение, внесение сухого молока)

Мобуа и др. [10, 11] удалось установить природу повышения выхода сыра при его изготовлении из сгущенного молока. С одной стороны, оно в незначительной степени объясняется лучшей фиксацией фосфокальциевых солей, с другой (и это главная причина) — повышением содержания сухого вещества в сыворотке, остающейся в сыре.

Общая формула прогнозирования выхода сыра (см. 3.2), разработанная Мобуа с сотрудниками, учитывает содержание сухого вещества в сыворотке и, следовательно, может использоваться и для прогнозирования выхода сыра при его изготовлении из сгущенного молока; допускаемая погрешность весьма невелика, если сравнивать ее с точностью, получаемой при количественных измерениях.

3.4. Изготовление сыра методом ультрафильтрации молока (технология MMV)

Общая формула прогнозирования выхода сыра продолжает оставаться применимой и в этом случае, но при условии использования коэффициентов коррекции, учитывающей тот факт, что при ультрафильтрации молока, предназначенного для производства сыра, речь идет о концентрации не всех составных частей сухого вещества молока, а о раздельной концентрации макромолекул.

В результате ультрафильтрации содержание белков в молочной сыворотке, образующей сырную влагу, возрастает пропорционально росту коэффициента концентрации в ходе этой операции. Коэффициент концентрирования (a)* представляет собой отношение между массой молока, поданного в установку ультрафильтрации, и массой полученного ретентата. Поскольку определение этих соответствующих веществ не всегда представляется удобным в условиях промышленного производства, коэффициент (a) может рассчитываться с помощью уравнений, представляющих баланс происходящей операции по одному из компонентов сухого вещества или по их совокупности [9], и, например, для последнего случая используется уравнение

$$CB_{\text{ретентата}} = a(CB_{\text{молока}} - CB_{\text{ультрафильтрата}}) + CB_{\text{ультрафильтрата}}.$$

Из этого следует, что в общем уравнении прогнозирования выхода сыра член s, представляющий содержание сухого вещества в сыворотке, входящей в состав продукта, должен быть заменен выражением

$$[s + 0{,}026TP(a-1)],$$

* Согласно решению IV Всесоюзной конференции по мембранным методам разделения смесей в научно-технической документации по мембранной технологии рекомендуется следующее определение коэффициента концентрирования: «Величина, равная отношению концентрации данного вещества в ретентате к концентрации его в исходной смеси». — *Прим. ред.*

Кроме этого, необходимо помнить еще и о том, что количество азотистых соединений, коагулируемых сычужным ферментом, изменяется в зависимости от общего содержания азотистых соединений в исходном сырье. Если принять коэффициент рекуперации азотистых соединений молока, подвергнутого ультрафильтрации, за $K_{\text{ультрафильтрации}}$, то получается, что

$$MAC_{\text{ретентата}} = K_{\text{ультрафильтрации}} MAT_{\text{ретентата}},$$

то есть, по мнению Брюля и др. [9], $MAT_{\text{ретентата}}$ равно:

$$MAT_{\text{ретентата}} = a(TP - NPN) + NPN, \quad \text{откуда}$$

$$MAC_{\text{ретентата}} = K_{\text{ультрафильтрации}}[a(TP - NPH) + NPN].$$

В зависимости от вида тепловой обработки молока, подвергнутого ультрафильтрации (или/и ретентата), и от коэффициента концентрации (a) значение $K_{\text{ультрафильтрации}}$ будет изменяться для конкретного типа сыра от 0,74 до 1,00. Это объясняется тем, что нагревание молока или/и ретентата приводит к переходу в нерастворимую форму сывороточных белков, находящихся в составе казеиновых мицелл, происходящему в результате образования комплексов, что повышает долю азотистых соединений, задерживающихся в сгустке. Увеличение $K_{\text{ультрафильтрации}}$, связанное с предварительной концентрацией молока с помощью ультрафильтрации, объясняется несколькими факторами:

а) удержание повышенного количества казеиномакропептида (4% от общего содержания азотистых соединений в молоке) наблюдается не только вследствие уменьшения количества выделяющейся сыворотки, но также вследствие того факта, что чем больше возрастает коэффициент концентрирования, тем быстрее происходит желирование ретентата с внесением в него сычужного фермента. Степень гидролиза κ-казеина, необходимая для изменения физического состояния, снижается обратно пропорционально изменению коэффициента концентрирования при ультрафильтрации;

б) содержание в ретентате небелкового азота снижается пропорционально изменению коэффициента концентрирования при ультрафильтрации, а доля азотистых соединений, подвергающихся свертыванию сычужным ферментом (в общем объеме азотистых соединений), в такой же степени возрастает;

в) происходит ускоренное уплотнение геля. В результате, как правило, происходит уменьшение потерь в виде сырной пыли, а доля азотистых соединений, задерживающихся в сыре, приближается к максимальному теоретическому значению. Так же, кстати, обстоит дело и с молочным жиром используемого сырья, коэффициент рекуперации которого может достигать 100% (в случае ультрафильтрации при коэффициенте концентрации, соответствующем прекращению выделения сыворотки);

г) изменяется также и кинетика синерезиса. Разумеется, не говоря о случаях устранения операции выделения сыворотки, при частичной концентрации молока, предназначенного для переработки в сыр методом ультрафильтрации, уменьшение объема молочной сыворотки, подлежащей удалению, приводит к тому, что в сгустке возрастает доля пептидов, образующихся в результате протеолитической активности бактерий молочнокислого брожения в ходе нарастания кислотности.

Таким образом, при изготовлении сыра из молока, подвергнутого ультрафильтрации, независимо от того, идет ли речь о частичной или полной концентрации, общая формула прогнозирования выхода сыра приобретает следующий вид:

$$RM_{\text{ультрафильтрации}} = \frac{K_{\text{ультрафильтрации}}[a(TP - NPH) + NPH][s[200 - 3(s + (a-1)0{,}026TP)]}{100(F - G) - [s + (a-1)0{,}026TP](100 - G)}.$$

Для каждого типа тепловой обработки и каждого коэффициента концентрации значение $K_{\text{ультрафильтрации}}$, принимаемое за 1,00 для случаев общей концентрации, должно определяться экспериментальным путем. Например, оно составляет 0,77 при обработке молока при температуре 80 °С с выдержкой 15 с. Коэффициент концентрации составляет в этом случае 1,3.

4. Сравнительные исследования данных, касающихся выхода сыра (проведение корреляции выхода сыра в зависимости от содержания сухого вещества)

Установление связи между выходом сыра и основными составными частями молока отличается простотой для прессуемых сыров, поскольку независимо от используемой технологии содержание воды в сырах этого типа изменяется незначительно.

Дело обстоит иначе с мягкими или свежими сырами, потребляемыми без созревания, у которых отмечаются значительные различия в содержании воды в сырах разных партий и даже в соседних головках сыра одной партии. Это изменение содержания воды влечет за собой параллельное изменение массы сыра, получаемого из 100 кг переработанного молока.

В результате отношение, существующее между составными частями перерабатываемого молока и выходами сыра, может маскироваться этими различиями в содержании воды (происходящими вследствие изменений в процессе выделения сыворотки, вызванных определенными физическими или бактериологическими факторами, которые сыродел не сумел или не смог проконтролировать).

При необходимости наблюдения за последовательными изменениями во времени выхода сыра в рамках одной производственной выработки или в целях сравнения двух партий сыра, изготовленных с применением различных технологий или разного оборудования, следует привести их к одинаковому содержанию воды. Для этого Мобуа [12] была предложена следующая простая формула:

$$R_2 = R_1 \frac{F_2 - S}{F_1 - S},$$

где R_1 — выход сыра при производстве его с содержанием сухого вещества F_1; R_2 — скорректированный выход (для сыра с содержанием сухого вещества F_2); S — содержание сухого вещества в выделяющейся сыворотке, г/кг; F_1 и F_2 — содержание сухого вещества, г/кг.

В случае использования молока, подвергнутого ультрафильтрации, увеличение выхода сыра определяется с помощью следующего уравнения:

$$\text{Прирост, \%} = \frac{RM_{\text{ультрафильтрации}/a} - RM}{RM} 100,$$

где $RM_{\text{ультрафильтрация}}$ — выход сыра при переработке молока, подвергнутого ультрафильтрации, определяемый с помощью уравнения, представленного выше; RM — выход сыра при переработке того же молока, но без применения ультрафильтрации, определяемый с помощью уравнения, представленного в 3.2; a — коэффициент концентрации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Table Ronde, 1981. Tech. Lait., 957, 19—28.
2. Ricordeau G. et Mocquot G., 1967. Ann. Zootech., 16 (2), 165—181.
3. Maubois J. L., Ricordeau G. et Mocquot G., 1970. Le Lait, 497, 351—373.
4. Mocquot G., Ricordeau G. et Auriol P., 1963. Ann. Zootech., 12 (1), 53—66.
5. Corrieux G. et Ferrel R., 1981. Tech. Lait., 960, 11—13.
6. Maubois J. L. et Mocquot G., 1971. Le Lait, 507, 416—420.
7. Vandeweghe J. et Burat O., 1969. Contrat DGRST n° 61-01-012-00212-75-01.
8. Maubois J. L. et Mocquot G., 1971. Le Lait, 508, 495—533.
9. Brule G., Maubois J. L. et Fauquart J., 1974. Le Lait, 539—540, 600—615.
10. Maubois J. L., Mocquot G. et Blanc-Patin E., 1965. Ind. Lait., 222, 309—314.

11. Maubois J. L., Mocquot G. et Blanc-Patin E., 1967. Ann. Tech. Agric., 16 (4), 287—299.
12. Maubois J. L. et Mocquot G., 1967. Rev. Lait. Fr., 239, 15—18.

Глава 24

ГИГИЕНИЧЕСКИЙ АСПЕКТ СЫРОДЕЛИЯ

Л. Вейе-Понсэ*

В данном случае под словом «гигиена» подразумевается лишь тот ее аспект, который касается охраны здоровья потребителей, поскольку предназначенные для них продукты питания не должны содержать патогенных или токсикогенных микробов.

Поэтому автор данной главы ставит перед собой вопрос — может ли сыр превращаться в опасный для здоровья потребителя продукт? Если в многочисленных работах и статистических отчетах приводятся факты передачи инфекционных заболеваний «питьевым» молоком, в отношении сыра дело обстоит иначе. Это объясняется тем, что работы, ведущиеся в этой области, в большей степени основаны на экспериментальных исследованиях (на искусственной инокуляции патогенных бактерий во время изготовления сыра), а не на эпидемиологических обследованиях; факты пищевых токсикоинфекций или массовых отравлений, связанных с потреблением сыра, приводятся лишь в нескольких сообщениях. Тем не менее не следует недооценивать ту скрытую опасность, которую представляет присутствие патогенных или токсикогенных микробов, особенно при несоблюдении требований к гигиене производства.

После краткого напоминания происхождения опасных бактериальных загрязнений автор попытается перейти к прогнозированию будущего этих микроорганизмов в ходе изготовления сыра.

1. Происхождение опасных для человека источников бактериального загрязнения сыра

Не возвращаясь к тому, что уже было сказано в отношении бактериологической чистоты молока, предназначенного для переработки в сыр, автор лишь напоминает главные источники проникновения болезнетворных бактерий в молоко: животные, персонал молочно-товарных ферм и вода, являющаяся возможным носителем опасных микроорганизмов; причем речь может идти как о воде, используемой для мойки и ополаскивания доильного или технологического оборудования, так и о воде, используемой для промывания сырного зерна, предусмотренного технологией изготовления некоторых видов сыра.

1.1. Болезнетворные бактерии, попадающие в молоко непосредственно от животного

По мнению автора, необходимо обратить особое внимание на то, что принятие во Франции санитарных мер на уровне производства молока привело к практически полному искоренению туберкулеза и заметному сокращению случаев заболевания бруцеллезом. Лишь в исключительно редких случаях в молоке отмечается присутствие *Mycobacterium tuberculosis* subsp. *bovis*, тогда как присутствие *Brucella* отмечается несколько чаще. Это означает, что, несмотря ни на что, не следует забывать о потенциальной опасности передачи этих заболеваний через сырое молоко.

---

* L. Veillet-Poncet.

Кроме того, любая инфекция на вымени приводит к бактериологическому загрязнению молока: если стрептококки (*Streptococcus agalactiae* и *Streptococcus dysgalactiae*) не оказывают патогенного воздействия на организм человека, маститы со стафилококками, количество которых становится все более значительным, но которые не всегда поддаются обнаружению в клинических условиях, лежат в основе появления высокого количественного содержания бактерий в молоке.

Лихорадка Q, эндемическое заболевание крупного рогатого скота, овец и коз, не имеющее само по себе опасного характера, лежит в основе распространения через молоко *Coxiella burnetti*.

1.2. Патогенные бактерии, попадающие в молоко от персонала молочнотоварных ферм

Поскольку люди с различными заболеваниями не допускаются до работы на молочнотоварных фермах, речь может идти главным образом о здоровых носителях болезнетворных бактерий. Это люди, которые, не будучи больными, переносят (в носоглотке или кишечном тракте) болезнетворные бактерии. В этом случае в отсутствие тщательного соблюдения элементарных правил гигиены возникает значительная опасность загрязнения молока, сыра или оборудования.

Кроме этого, люди, страдающие пиодермитами (фурункулез, загрязненные раны) и являющиеся источниками и носителями патогенных стафилококков, также могут, находясь в контакте с технологическим оборудованием, распространять эти патогенные бактерии.

1.3. Другие источники проникновения патогенных бактерий

Независимо от того, идет ли речь о патогенных бактериях в вегетативной или спорообразующей форме (*Bacillus cereus, Clostridium perfringens, Clostridium botulinum*), при недостаточно тщательном соблюдении установленных мер предосторожности они могут проникать из земли, навоза, пищи, окружающего воздуха доильных и/или технологических помещений, а также могут заноситься с водой, используемой для вспомогательных операций, контроль бактериологической чистоты которой проводится недостаточно тщательно.

Как уже было сказано выше, во Франции, если не считать периода (закончившегося), когда повсюду свирепствовал туберкулез крупного рогатого скота, и встречающихся время от времени случаев заболевания бруцеллезом, вызываемых главным образом употреблением в пищу сырого молока, серьезные заболевания, вызываемые потреблением сыра, стали исключительно редким явлением. Предметом проводимых в настоящее время исследований являются главным образом пищевые токсикоинфекции и отравления, относимые к заболеваниям, не носящим серьезного характера.

На рисунке 24.1 представлены пищевые токсикоинфекции и интоксикации, вызываемые употреблением таких продуктов, в которых произошло определенное развитие некоторых патогенных бактерий (токсикоинфекции), или употреблением тех из них, в которых произошло накопление токсина вследствие развития некоторых бактерий (интоксикации).

2. Бактерии — источники токсикоинфекций и интоксикаций

Исходя из принципа невозможности обеспечения абсолютной гарантии гигиенической чистоты сырого молока и сохранения вероятности его загрязнения патогенными бактериями, авторы полагают, что единственное средство очистки молока от патогенных бактерий — проведение его соответствующей обработки. Именно по этой причине специалисты по гигиене и сани-

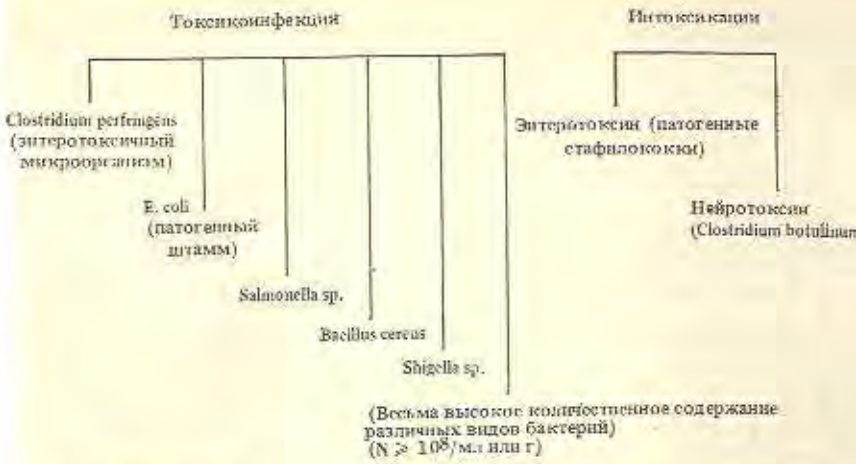


Рис. 24.1. Токсикоинфекции и интоксикации пищевого происхождения

тарии настоятельно рекомендуют подвергать молоко пастеризации до начал каких-либо операций по его переработке в сыр. К тому же действующие в Франции положения в отношении изготовления свежих сыров требуют, чтоб предназначенное для их производства молоко подвергалось этому виду о работки.

Развитие и выживание патогенных бактерий связаны с целым рядо факторов (внешних и внутренних), претерпевающих изменения в ходе изг товления сыра. Огромное разнообразие ассортимента выпускаемых во Фра ции сыров не позволяет даже предположить, что возможно проследить эв люцию этих бактерий во всех видах сыра. Поэтому (табл. 24.1) авторы ра делили все эти виды на ряд основных групп, внутри которых различн виды объединяются между собой общностью технологии и основными факт рами, связанными с условиями роста и выживания патогенных бактерий.

2.1. Внутренние факторы

Эти факторы касаются характеристик продукта. Авторы относят к н следующие:

а) состав продукта;
б) активность воды;
в) кислотность.

2.1.1. Состав

Совершенно очевидно, что если исходное молоко содержит питательн вещества, необходимые для роста бактерий, то в процессе изготовления сы протекают определенные превращения этих веществ, создающие более и менее благоприятные условия для их развития. Так, было установлено, ч во время созревания сыра при интенсивной микробиологической и фермен тивной активности происходит формирование метаболитов или веществ, личающихся своей бактерицидной активностью. Например, выделение не торых жирных кислот в результате активности *Penicillium roqueforti* в го бом сыре ведет к подавлению развития некоторых *Salmonelles*. Также бы установлено явление уничтожения патогенных бактерий в сырах с продол тельным периодом созревания (в прессуемых сырах с высокой температур второго нагревания); в случае искусственной инокуляции в эти сыры *My*

24.1. Факторы, подлежащие учету на различных этапах изготовления сыра, с точки зрения их роли в проникновении в организм человека опасных для его здоровья бактерий

Виды сыра	Этапы изготовления сыра											
	свертывание молока		выделение сыворотки	характеристика сгустка после выделения сыворотки		NaCl, %	содержание H_2O, %	температура H_2O, °C	созревание			
	кислотный способ	сычужный способ		a_w	pH				продолжительность, сут	pH в начале созревания	pH в конце созревания
Свежие сыры, потребляемые без созревания	+	+ + + +	—	Самопроизвольное (20 °C, 6—48 ч)	0,980 > a_w > 0,905	4,3 < pH < 4,7		70—85 (без созревания)				
Мягкие сыры	+	+	Самопроизвольное или с разрезкой (27—37 °C, 24 ч)	0,970 > a_w > 0,900	4,5 < pH < 5	2,0	50—60	11 < θ < 13	9—12	4,5	6,5—6,8
Стабилизованные сыры	+	+ + +	Промывка сгустка	0,960 > a_w > 0,980	4,7 < pH < 5,5	1,8		11 < θ < 13	9—11	6,0	7,8
Голубые сыры	+	+ + +	Разрезка, вымешивание	0,940 > a_w > 0,970	4,7 < pH < 5	2,0	45—55	6 < θ < 8	30—40	4,8	6,0
Прессуемые сыры с низкой температурой второго нагревания	+	+ +	Разрезка, вымешивание, прессование (20—22 °C, 1—24 ч)	0,970 > a_w > 0,970	4,8 < pH < 5,3	2,0	45—55	10 < θ < 14	10—30	5,2	5,5
Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания	+	+ + + +	Разрезка, вымешивание (55 °C, 45 мин), прессование (20 °C, 24 ч)	0,885 > a_w > 0,905	5,0 < pH < 5,3	1,8 1,8	25—35	10 < θ < 12	8—10	5,1	5,3
								20—27	30—200		

Примечание. Значения, указанные в данной таблице, приведены лишь в качестве примеров. Они не имеют силы стандарта. Их соблюдение позволяет снизить вероятность развития микробов, опасных для здоровья человека (присутствие которых возможно). В частности, могут быть использованы другие способы обработки сырного сгустка.

bacterium tuberculosis или *Salmonella*, эти микроорганизмы не поддаются обнаружению после 3—6 мес созревания. Этот факт ясно говорит о том, что во время созревания сыра появляются какие-то вещества, отличающиеся бактерицидной активностью, и к исчезновению патогенных микробов непосредственное отношение имеют ферментативные системы.

2.1.2. Активность воды

Показатель a_w сообщает относительное давление водяного пара в продукте и соответствует свободным молекулам воды, необходимым для микроорганизмов. Для каждого вида микроорганизмов присущ какой-то минимальный уровень a_w, выше которого может происходить его рост, а ниже — подавление (без гибели), то есть выживание.

Следует помнить о том, что любое значение $a_w \geqslant 0{,}95$ обеспечивает развитие всех патогенных бактерий* и его можно рассматривать как минимальный уровень a_w, необходимый (за некоторыми исключениями) для развития в продукте бактерий, вызывающих токсикоинфекции и интоксикации. Действительно, было установлено, что некоторые серотипы *Salmonella* еще могут развиваться в субстратах при $a_w = 0{,}92$. Это относится в особенности к патогенным стафилококкам, являющимся факультативными галофильными бактериями, которые интенсивно развиваются в продуктах при $a_w = 90$ в анаэробных условиях (то есть в массе продукта) и при $a_w = 0{,}86$ в аэробных условиях (на его поверхности).

Авторы считают, что на основании единственного показателя a_w и с помощью данных, приведенных в таблице 24.1, можно сделать заключение о том, что этот параметр (a_w) может быть различным в пределах одного типа сыра. Кроме того, по-видимому, лишь прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания могут избежать развития в них опасных бактерий (за исключением патогенных стафилококков).

2.1.3. Кислотность

В сыроделии кислотность, выражаемая в единицах показателя pH, является результатом молочнокислого брожения, вызываемого различными видами микроорганизмов, носящими распространенное наименование бакпрепаратов, или закваск. Нарастание этой кислотности не только способствует активности сычужного фермента и синерезису сгустка, но также подавляет развитие многих нежелательных, в том числе патогенных, микроорганизмов и даже позволяет с большей или меньшей скоростью уничтожать их. В самом деле, не следует забывать о том, что максимальный рост патогенных бактерий имеет место при pH, близких к нейтральному; вне пределов этих значений происходит значительное снижение этого роста.

По мнению авторов, тип используемой молочнокислой закваски, размеры ее инокуляции и количество молочной кислоты, выделяющейся в процессе молочнокислого брожения, способны не только подавлять рост, но даже способствовать уничтожению *Salmonella* sp.; так, оказывается, что *Streptococcus cremoris* обладает более высокой активностью, чем *Streptococcus lactis*, и что инокуляция в размере 3% является более эффективной, чем обсеменение в размерах от 0,5 до 2%. Кроме этого, *Streptococcus lactis* subsp. *diacetylactis* и *Leuconostoc cremoris* (свертывающие и ароматообразующие молочнокислые закваски) оказывают меньшее подавляющее воздействие на *Salmonella* sp., чем *Str. cremoris* и *Str. lactis*; напротив, молочнокислые бактерии *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacterium bulgaricum*, *Lbm. helveticum*, рассматриваемые как термофильные, являющиеся производителями молочной кислоты, при-

* При значительном приближении значения a_w к единице обменные процессы в микробной клетке резко замедляются, а при $a_w = 1{,}00$ прекращаются (см. с.). — *Прим. ред.*

водят к уничтожению *Salmonella* sp. Результаты других исследований показывают, что, если молочная кислота и играет определенную роль в подавлении развития и уничтожении *Salmonella* sp., это не относится к патогенным *E. coli*, в частности, в случае мягких сыров: действительно, если на этапе свертывания молока происходит повышение количественного содержания *E. coli*, то при достижении уровня pH 4,6—4,5 происходит его заметное снижение (при определенном выражении). При созревании сыра во время развития *Penicillium camemberti* расщепляется молочная кислота, повышается pH и развитие *E. coli* в той или иной мере возобновляется. Образовавшаяся популяция выживает затем при хранении сыра в условиях низких температур.

В то время как нарастание кислотности ведет к подавлению и даже уничтожению вегетативных форм *Bacillus cereus*, их споры остаются толерантными к значениям показателя pH в процессе изготовления сыра.

Что касается патогенных стафилококков, способных к выделению энтеротоксина (A, B, C, D или E), то авторы считают, что в случае, если уровень их количественного содержания в перерабатываемом молоке будет равен 10^3/мл, и при обеспечении нормального нарастания кислотности на первых этапах изготовления сыра нет оснований к тому, чтобы опасаться производства токсина на уровне, приводящем к появлению синдрома аутоинтоксикации. Для сыров с высокой температурой второго нагревания, в которых уровень a_w может оказаться благоприятным для развития *Staphylococcus aureus* и pH которых может составлять от 5,3 до 5,7, можно было бы ожидать, что произойдет определенное развитие того или иного вида. Работы, основанные на искусственной инокуляции *Staphylococcus aureus* при изготовлении сыров этого типа, позволили установить, что определенную роль здесь играют такие факторы, как количество инокулируемых бактерий и тип используемого штамма. В одном случае после внесения в молоко 10^4/мл *Staphylococcus aureus* через 2,5 ч после его запуска в производство это количество возросло до 10^5/мл; pH составлял в этом момент 6,5, а в продукте не было обнаружено ни присутствия энтеротоксина, ни термонуклеазы (TNase), тогда как 24 ч спустя, когда pH составлял 5,2, количественное содержание стафилококков достигало от 15^9 до 10^8, было отмечено присутствие энтеротоксина, а содержание термонуклеазы составило 72 мкг/20 сгустков. В другом случае штамм *Staphylococcus aureus*, отличный от первого, внесенный в молоко в тех же условиях, дал идентичные результаты в плане своего развития, но 24 ч спустя в продукте не было обнаружено ни энтеротоксина, ни термонуклеазы. После двух недель созревания развитие *Staphylococcus aureus* возобновилось, их количественное содержание достигло уровня в 10^8/г, а затем снизилось.

Lactobacterium и *Propionibacterium* sp., используемые в производстве этого вида сыра, несут в себе тенденцию к подавлению развития *Staphylococcus aureus* в силу нарастания кислотности, которое они обеспечивают, но также еще и вследствие выделения метаболитов, обладающих бактерицидным действием; речь идет о своеобразном «соревновании» между *Staphylococcus aureus* и бактериальной флорой во время созревания сыра. Авторы считают, что скорее всего именно в этом заключается залог того, что сыры этого типа редко становятся причиной пищевых токсикоинфекций.

Сыр не является источником осложнений, связанных с заболеванием ботулизмом, поскольку совокупность таких его характеристик, как величина показателя a_w, pH и содержание минеральных веществ, не создает возможности ни для прорастания спор, ни для роста вегетативных клеток *Clostridium botulinum*. Некоторые авторы сообщают лишь о возможности роста *Clostridium botulinum* и производства ботулинового токсина в пастеризованных бутербродных сырах, выпускаемых в некоторых странах. Нарастание кислотности само по себе является важным тормозящим фактором по отношению к этой бактерии, токсин которой представляет собой самый сильнодействующий яд из всех известных ядовитых веществ биологического происхождения.

Что касается присутствия в сыре спор *Clostridium perfringens*, то оно прямо связано с условиями соблюдения производственной гигиены; возможность появления токсикоинфекций зависит от их количественного содержания: и в этом случае важную роль в качестве ингибитора прорастания спор играет нарастание кислотности; к тому же, поскольку речь идет об анаэробной бактерии, окислительно-восстановительный потенциал у большого количества видов сыра совершенно не способствует росту вегетативных клеток до такого уровня, который мог бы представлять какую-то опасность для здоровья человека ($N \geqslant 10^5$/г).

24.2. Бактерии, вызывающие токсикоинфекции и/или интоксикации пищевого происхождения, в зависимости от используемых температурных режимов (°C)

Виды бактерий	Прорастание споры	Рост вегетативных клеток		
	Температура			
	минимальная	минимальная	оптимальная	максимальная
Bacillus cereus	$15<\theta<20$	$10<\theta<20$	30	$35<\theta<35$
Clostridium botulinum (типы токсинов A и B)	15	10	35	48
Clostridium perfringens (энтеротоксичный)	$15<\theta<25$	10	37	50
Salmonella sp.	(Без спор)	8	37	45
Staphylococcus aureus	» »	6,5	35	46

Продолжение

Виды бактерий	Образование токсина		
	Температура		
	минимальная	оптимальная	максимальная
Bacillus cereus	20	30	45
Clostridium botulinum (типы токсинов A и B)	16	35	46
Clostridium perfringens (энтеротоксичный)	30	40	$48<\theta<50$
Staphylococcus aureus	6,5	35	46

2.2. Внешние факторы

В данном разделе речь пойдет о температуре — определяющем, по мнению авторов, факторе. Зная, что патогенные бактерии (в вегетативной форме) термолабильны, их можно уничтожать с помощью пастеризации молока. Что касается спорообразующих бактерий (*B. cereus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*), их споры продолжают существовать и после пастеризации.

Результаты различных исследований, посвященных этим бактериям, представлены в таблице 24.2. Авторы считают необходимым обратить особое внимание читателя на разнообразие минимальных температур, объясняющееся, по всей видимости, присутствием различных клонов.

Наконец, речь может идти об «окружении» сыра, то есть об атмосфере (состав воздуха, содержание азота, анаэробиоз) и о режиме кондиционирования, а также о тех видах обработки, которым может подвергаться готовый продукт (пример: нагревание или облучение).

3. Гигиеническое качество сыра

При проведении контроля уровня фекального загрязнения продукта, основанного на установлении присутствия и определении количества *E. coli*, рекомендуется проводить обнаружение патогенных стафилококков, *Salmonella* sp. и сульфитвосстанавливающих *Clostridium* (*Clostridium perfringens*). В некоторых случаях представляется излишним проводить определение присутствия термонуклеазы, термоустойчивого фермента *Staphylococcus aureus* (когда, например, речь идет о том, что сыр может являться причиной какой-то токсикоинфекции); следует, однако, уточнить, что некоторые авторы не обнаруживают связи между присутствием термонуклеазы и энтеротоксина, поскольку термонуклеаза может быть расщеплена во время созревания сыра протеолитическими ферментами. При проведении ежедневных обследований наиболее оптимальным способом проверки остается определение количественного содержания патогенных стафилококков.

Наконец, если *Penicillium camemberti*, выращенный на лабораторной культуральной среде, выделяет циклопиазоновую кислоту, являющуюся смертельным микротоксином для крыс, в сыре камамбер, хранящемся при 14—16 °С после созревания, не обнаруживается никаких следов этой кислоты. При проведении же созревания при 14—15 °С и последующем хранении при 25 °С этот микотоксин в нем присутствует.

Судя по результатам проведенных исследований, этот микотоксин был обнаружен в корке, а не в глубине камамбера. Степень токсичности циклопиазоновой кислоты по отношению к человеческому организму неизвестна: ее присутствие и роль в качестве естественного загрязняющего агента сыра камамбер должна стать предметом тщательного и углубленного изучения.

Что касается *Penicillium roquefortii*, используемого при изготовлении голубых сыров, то, насколько известно авторам, при выращивании на лабораторной культуральной среде он выделяет ряд токсичных метаболитов. Некоторые из метаболитов имеют неустойчивый характер в сырах типа голубого.

По мнению авторов, тот факт, что все эти исследования расширяют наши познания в области метаболизма и способности к синтезу этих плесневых микроорганизмов, не дает возможности, по крайней мере, сейчас проводить экстраполяцию между тем, что происходит в культуральных средах с известными составными элементами, и тем, что происходит в среде сыра в процессе созревания, то есть в среде исключительно сложной, составные части которой (на молекулярном уровне) изучены далеко не полностью. Кроме этого, исследования, проведенные на голубых сырах, позволяют заметить, что иногда обнаруживается микотоксин в корке при аномальных (с точки зрения температурного режима) условиях созревания. По этому поводу и независимо от того, о каких бактериях идет речь (патогенных или токсикогенных), авторы считают необходимым обратить внимание читателя на важность соблюдения условий изготовления, созревания и хранения сыра.

И наконец, автор не считает возможным обойти вниманием вероятность появления токсикоинфекции, связанной с потреблением сыра с чрезмерно высоким содержанием так называемых обычных микроорганизмов ($N \geqslant 10^7$ или 10^8/г).

4. Заключение

Бактериологическое качество молока, используемого в качестве сырья для производства сыра, и условия изготовления сыра определяют его качество с санитарно-гигиенической точки зрения. Использование активных заквасок и их контроль, соблюдение требований гигиены, о которых должен быть проинформирован рабочий персонал, тщательная санитарная обработка и дезинфекция оборудования, контроль атмосферы производственных помещений и правильное проведение и контроль различных технологических этапов обеспечивают получение гигиенически чистых готовых продуктов.

Если появление нескольких случаев токсикоинфекции и (или) интоксикации, связанное главным образом с мягкими сырами, было вызвано присутствием энтеротоксинов, происходивших от патогенных стафилококков, то ботулизм, к счастью, стал исключением (1,8% случаев, зарегистрированных в Северной Америке за период с конца прошлого века и до 1974 г. к тому же речь шла о молоке или молочных продуктах). Учитывая условия, существующие на французских сыродельных предприятиях с точки зрения санитарии и гигиены производства, авторы считают возможным утверждать, что вероятность появления там ботулинового токсина исключительно невелика. В заключение они считают необходимым подчеркнуть, что было бы неразумно (под предлогом выпуска так называемых биологических продуктов) ослаблять санитарный контроль на уровне их производства и отказываться от принятия необходимых мер для получения сырого молока высокого микробиологического качества.

ЛИТЕРАТУРА

Barber L. E. et Deibel R. M., 1972. Appl. Microbiol., 24, 891—898.
Bonita A. et al., 1980. J. Food Prot., 43, 395—398.
Devoyod J. J., 1969. Le Lait, 481—482, 20—39.
Gilliland S. E. et Speck M. L., 1972. J. Milk Food Technol., 35, 307—310.
Ibrahim G. F. et al., 1981. J. Food Prot., 44, 263—267; J. Food Prot., 44, 189—193.
Keogh B. P., 1971. J. Dairy Research, 38, 91—111.
Nevot A., Mocquot G., Lafont P. et Plommet M., 1962. Ann. Inst. Pasteur, 103, 128—134.
Park M. S., Marth E. M. et Olson N. F., 1973. J. Milk Food Technol., 36, 543.
Silliker J. M., 1982. J. Food Prot., 45, 661—666.
Tatini S. R., 1973. J. Milk Food Technol., 36, 559—563.
Todd E. et al., 1981. J. Food Prot., 44, 839—848.
Troller J. A. et Stinson J. V., 1975. J. Food Sci., 40, 802—804.
Zottola E. A. et al., 1969. J. Dairy Sci., 52, 1707—1714.

Примечание координатора. Недавно (1986 г.) было установлено присутствие *Listeria monocytogenes* в свежих или зрелых сырах (в частности, в мягком сыре). Речь идет об исключительно широко распространенном виде, патогенный характер которого оценивается обычно как слабовыраженный. Тем не менее он способен приводить к заболеванию своих носителей менингитом или к прерыванию беременности (а также к заболеванию маститом, если речь идет о коровах в период лактации). Этот вид является психротрофным, а его чувствительность к пастеризации носит спорный характер.

Bradshaw et col., 1985. J. Food Prot., 48, 743—749.
Doyle M. P. et col., 1985. J. Food Prot., 48, 740—742.
Fernandez et col., 1986. CR IXe Symp. Intern. Listerioses, 1, 40—41.
Recourt J. et Seeliger H. P. R., 1985. Zbl. Bakt. Hyg., A 259, 317—330.
Ryser E. J. et col., 1985. J. Food. Prot., 48, 9, 746.

Глава 25

СЕНСОРНЫЙ АНАЛИЗ СЫРА

Л. Вассаль*

Органолептические свойства продукта питания определяют степенью его притягательного воздействия на потребителя. Внешний вид сыра, его консистенция и более или менее выраженный и сильный аромат возбуждают зрение, слух, осязание, обоняние потребителя, действуют на его вкусоощуще-

* L. Vassal.

ние и вызывают те или иные реакции, связанные с желанием или нежеланием употреблять его в пищу. Так, с помощью этого сложного процесса потребитель закрепляет за продуктом тот или иной уровень органолептического качества.

Рядовой потребитель ограничивает свою оценку сыра именно таким общим ощущением удовлетворения или недовольства, которое и заставляет его повторить (или нет) его потребление. Содержание оценки, выносимой, таким образом, на основе исследования образца продукта, может в огромной степени изменяться в зависимости от привычек, культурных традиций, носителем которых является потребитель, а также от его возраста и физиологического состояния. Недавние исследования, проведенные в Австралии [11], позволили установить существование огромных различий в оценках качества сыра чеддер, полученных от потребителей, относившихся к двум возрастным группам: до 21 года, старше 21 года. Это означает, что необходимо предлагать каждой категории потребителей именно те продукты, которым она оказывает предпочтение. Что же касается палитры органолептических свойств различных видов сыра, то она как раз отличается огромным разнообразием. Даже внутри какой-то одной группы сыров возможны многочисленные нюансы, и не случайно поэтому, что в основу реализации так называемых традиционных продуктов давно положен принцип сортировки, суть которого сводится к направлению на соответствующие рынки, скажем, той или иной партии грюйера или той или иной партии рокфора.

С другой стороны, правильное определение органолептического качества сыра служит основным параметром при установлении базы цен для ведения переговоров о его продаже и для повышения качества, позволяя выявлять, а затем и устранять возможные недостатки в их изготовлении.

Объективная оценка органолептического качества сыра может быть обеспечена за счет применения прямых или косвенных методов измерения с помощью приборов. В качестве прямых методов могут быть использованы, например, реологические измерения (измерение параметров консистенции или анализ составных элементов, ответственных за формирование аромата сыра). При проведении косвенных измерений исследователи обращаются к химическим и ферментативным аспектам, используют микроскопию и различные физические методы. Целесообразность их применения определяется возможной степенью их корреляции с определяемым параметром.

Оценивать качество сыра можно также с помощью субъективных сенсорных методов. Точность и воспроизводимость инструментальных методов могут быть более высокими, чем в результате работы дегустационной комиссии, но ценность инструментального метода может быть определена только путем установления его корреляции с результатами субъективной оценки.

Использование сенсорных методов идет главным образом в двух следующих направлениях:

а) сенсорный анализ характеристик, касающихся внешнего вида, консистенции и аромата продукта. Его цель заключается в составлении качественной и количественной характеристики продукта, необходимой для его классификации и сравнения его различных проб;

б) установление реакции потребителей на продукты с определенными выше свойствами.

Эти работы должны выполняться в соответствии с четко установленными правилами. В настоящее время эти правила достаточно хорошо определены и позволяют считать, что метод сенсорной оценки имеет тенденцию к превращению в самостоятельную научную дисциплину.

Следует сказать и о том, что до настоящего времени этот подход к решению проблемы еще не получил повсеместного распространения. В большинстве случаев задача оценки качества продукции возлагается на экспертов. Речь идет о специалистах с большим опытом, роль которых заключается в составлении своего рода каталога, содержащего данные о качественных показателях исследованной пробы сыра. Подход эксперта должен быть чисто аналитическим. Зачастую ему приходится заниматься оценкой того или иного продукта задолго до его выпуска на рынок, и он должен в известных пределах уметь распознавать те его свойства, которые могут стать недостатком

Рис. 25.1. *а* — в условиях традиционного промышленного производства эксперт занимает центральное положение и принимает решение в отношении ингредиентов и продуктов, наиболее отвечающих условиям рынка; *б* — в условиях современного рынка (в большей степени дифференцированного, отличающегося более сложными условиями и более высоким уровнем конкурентной борьбы) эксперт продолжает выполнение своей задачи в рамках внутреннего изучения проблемы, а выполнение других функций обеспечивается дегустационными комиссиями, занимающимися исследованиями с помощью методов сенсорного анализа, и комиссиями, составленными из потребителей [13]

или способны очень быстро привести к появлению какого-то недостатка. Эксперт оценивает сыр или каким-то образом классифицирует его в зависимости от природы и степени выражения его пороков, некоторые из них считаются более серьезными, чем другие (рис. 25.1, *а*, *б*).

При использовании этой системы два вида сыра могут получить одинаковую оценку или могут быть отнесены к одной и той же категории по самым разным причинам. Поэтому данный метод, разработанный технологами, подвергался жесткой критике со стороны исследователей, намеревавшихся поднять сенсорную оценку на уровень научной дисциплины, основываясь при этом главным образом на социальных науках и изучении поведения потребителя. Основным объектом критики является тот факт, что оценочные шкалы, используемые экспертами, не отвечают поставленным перед ними задачам, получаемые результаты непригодны для обработки методами статистического анализа и их оценки невозможно коррелировать с тем, примет ли продукт потребитель или нет. Опрос, проведенный в Австралии, показал, что 49% потребителей моложе 21 года предпочли сыры, рассматривавшиеся специалистами как второсортные. Подобный результат неудивителен, поскольку аналитический подход эксперта значительно отличается от подхода потребителя, основывающего свою оценку на аффективном процессе. Он говорит о том, что оценки экспертов носят в определенной степени ограниченный характер, в частности, когда речь идет о продаже традиционных продуктов в сложных условиях международного рынка. Кроме того, эта система оказывается совершенно недостаточной в попытке определения шансов на успех у потребителя какого-то нового продукта.

1. Методы сенсорного анализа

Методы сенсорного анализа могут быть весьма разнообразными, начиная от оценки, выносимой группой из нескольких человек в случае разработки каких-то новых видов продукции, и кончая жюри потребителей, в состав которого может входить до нескольких сот человек.

Преследуемая цель заключается, как правило, в том, чтобы получить сведения об эффективности тех или иных экспериментальных методов обработки продукта. Необходимость получения точных ответов предполагает строгое соблюдение определенных условий: сенсорная оценка должна проводиться в соответствии с планом, отвечающим ее целям; результаты должны

быть получены в материальных условиях, обеспечивающих их независимость; подбор экспертов должен проводиться с учетом цели обследования, а их оценки должны выноситься в рамках испытания, форма которого должна отвечать преследуемой цели.

Первый этап работы заключается в соответствии плана испытаний, определяющего выбор методики анализа получаемых данных. Правильное составление этого плана предполагает полное и точное описание целей, ставящихся для проведения эксперимента и сенсорной оценки продуктов. На основе этого становится возможным правильно выбрать тип жюри, вид проводимого сенсорного обследования и методику статистической обработки данных. В случае проведения сложных экспериментов, включающих в себя значительное количество подлежащих обработке данных, часто оказывается предпочтительным вести работу по так называемым частичным планам, что предупреждает чрезмерное утомление дегустаторов. Что касается типа используемых планов, то речь идет о планах классического типа [5].

Следует отметить, что даже в самых простых случаях, когда речь идет, например, о попарном сравнении двух образцов продукта, предварительно следует определить, не требует ли поставленный вопрос проведения односторонней (является ли образец А более..., чем образец Б?) или двусторонней проверки (какой из образцов наиболее...?) (стандарт NF V09-012) [2].

Оборудование, используемое для проведения испытаний, должно предупреждать появление рассеянности у экспертов и создавать идеальные условия для их реализации. В помещении, предназначенном для работы дегустационной комиссии, должна царить спокойная обстановка, оно должно быть удобным, и по возможности в нем должны поддерживаться постоянная температура и небольшое избыточное давление, предупреждающее проникновение посторонних запахов. Использование светильников различных цветов и яркости позволяет маскировать различия (некоторые) во внешнем виде исследуемых продуктов, но может стать помехой для испытных членов комиссии. Оборудование этого помещения определено требованиями стандарта NF V09-105. Рядом с дегустационным залом должно быть отдельное помещение, в которое доступ для членов дегустационной комиссии закрыт и которое будет использоваться для подготовки образцов, исключающей возможность постороннего влияния на оценки, даваемые членами комиссии. В случае последовательного рассмотрения нескольких партий образцов оптимальная схема работы будет той, при которой каждая партия образцов сможет напрямую подаваться каждому члену комиссии, как только он будет готов к работе с ней.

В случае испытаний, цель которых заключается в том, чтобы отдать предпочтение тому или иному продукту, образцы представляются комиссии в том виде, в котором они обычно потребляются. При отборочных испытаниях образцы должны представляться так, чтобы эксперты могли наилучшим образом определять различия между ними (например, при температуре, отличной от обычной температуры потребления продукта). При этом сыр может подвергаться лишь умеренной механической обработке. Это объясняется тем, что, например, сильный горький привкус мягкого сыра перестает подвергаться обнаружению после энергичного размалывания образца. Во избежание косвенного влияния, которое может оказывать предпочтение, отдаваемое некоторыми людьми тем или иным цифрам, коды образцов должны состоять из трехзначных чисел, а образцы должны представляться в определенной последовательности, предупреждающей влияние их взаимного расположения на оценку членов комиссии. Дело в том, что, например, при проведении испытаний типа «треугольник» члены оценочной комиссии имеют тенденцию к выделению среднего образца как отличающегося от других при небольших уровнях различий. Количества образцов должны устанавливаться предварительно и с таким расчетом, чтобы давать возможность членам комиссии вторично продегустировать продукт. Используемые инструменты и посуда должны быть нейтральных цветов, они не должны нести и содержать каких-либо посторонних веществ или запахов.

Количество образцов, представляемое членам оценочной комиссии в течение одного сеанса их работы, зависит от природы продукта и вида испытания. Оно должно определяться в ходе предварительных исследований. Например, при проведении описательного анализа сыров типа камамбера количество образцов, представляемых за один сеанс, составило не более трех, тогда как при работе с сыром сен-полэн можно было проводить подряд три испытания типа «треугольник». Утомление дегустаторов в некоторой степени снижается при работе с продуктами, имеющими сильно выраженные вкус и запах.

Для предупреждения влияния на результаты оценки так называемых остаточных явлений члены оценочной комиссии могут прополаскивать рот водой. При дегустации сыров полезную роль играет также хлеб. Самое главное заключается, однако, в том, чтобы выдерживать достаточно продолжительные временные промежутки между дегустациями образцов.

Размер группы дегустаторов и уровень квалификации ее членов могут изменяться в зависимости от поставленной перед ней цели.

В случае гедонистического подхода к решению проблем, то есть если цель, поставленная перед данной группой, заключается в проведении эффективной оценки для определения степени привлекательности продукта для определенного потребителя, члены оценочной комиссии не проходят специальной подготовки, а подбираются таким образом, чтобы обеспечивать представительство необходимых групп населения (действенные результаты могут быть получены уже от группы численностью 75 человек, наугад выбранных среди какой-то категории населения) [16]. Результаты работы небольших (лабораторных) групп и комиссий, составленных из потребителей продукта, бывают довольно близкими по своему направлению, но отличаются от результатов обследований с использованием более крупных групп населения в отношении своей полноты (амплитуды). Судя по недавно полученным данным, представляется возможным объединять оба эти типа результатов [3].

Если речь идет о проведении анализа, группа составляется из опытных и натренированных специалистов. Потенциальные кандидаты отбираются с учетом индивидуальных черт характера, интереса к сенсорному анализу, способности распознавать незначительные различия и логично формулировать получаемые результаты. Использование описательных методов создает необходимость в привлечении хорошо тренированных специалистов, способных не только улавливать различия, но также распознавать их и давать им количественное определение.

Классификация сенсорных испытаний представляет определенные затруднения, о которых, например, говорил Соважо (Sauvageot) [14, 15], проводя различие между теми испытаниями, при которых не указывается характеристика продукта, и теми, в которых она указывается.

С эмпирической точки зрения представляется более удобным разделить все испытания на три основные категории: а) испытания с целью определения различий; б) испытания, носящие описательный характер; в) испытания, в ходе которых отдается предпочтение одному из продуктов по сравнению с другими [7].

Цель испытаний, проводимых для определения различий между продуктами, заключается только в том, чтобы установить какое-то значительное различие между двумя или более образцами с помощью предварительно установленного (или нет) критерия. При испытании двух образцов по типу «треугольник» попарное сравнение и тест «duo-trio» имеют одинаковое применение и служат главным образом для контроля качества, исследования влияния изменений технологического процесса и подбора членов оценочной комиссии. Наиболее эффективно среди них испытание типа «треугольник». Испытание методом попарного сравнения менее утомительно, а тест «duo-trio» играет полезную роль в плане снижения утомляемости членов комиссии при работе с несколькими образцами, отличающимися сильно выраженными запахом и вкусом. Классификационные испытания позволяют выбрать 1 или 2 образца из группы продуктов. Сравнительные испытания нескольких пар образцов позволяют измерить различия между образцами при их попарном сравнении и вынесении оценки одному образцу по сравнению с другими.

Количественное определение степени различий (по определенному критерию) между несколькими образцами может осуществляться благодаря оди-

ночным испытаниям путем определения степени выражения той или иной характеристики продукта с помощью шкал категорий или отношений (оценка величины). Для проведения этих испытаний требуются эксперты с весьма высоким уровнем подготовки.

Цель описательных испытаний заключается в составлении подробного описания запаха, вкуса и консистенции продукта. Описательный количественный анализ аналогичен испытаниям с использованием оценочной шкалы, но в этом случае эксперты занимаются целой группой свойств продукта. Используемые термины должны иметь одинаковый смысл для всех членов комиссии, и это означает, что комиссия должна создать свой собственный глоссарий. В его составе не должно содержаться качественных оценок. Ниже в качестве примера приведена терминология, использовавшаяся для описания аромата сыров типа камамбера в рамках исследования, посвященного роли различных штаммов *Geotrichum candidum* [12]. К этой категории относятся и оценочные испытания по атрибутам [6].

Терминология, используемая для описания аромата сыров типа камамбера. Подчеркнутые термины рассматриваются членами комиссии в качестве синонимов первого термина

Горький

Сладкий, сладковатый, слащавый

Соленый

Кислый, терпкий, сывороточный

Пикантный, жирных кислот, метилкетонов, каприловой кислоты

Аммиачный

Молочный, сгущенного молока, свежеприготовленного сырного сгустка

Шампиньонный, *Penicillium*'а, затхлый, подвала, навозный

Серы, капусты, чеснока

Растительный, травы, сена

Цветочный, цветка

Об изменениях, происходящих с жиром: прогорклый, окисленный, металлический, сальный, маслянистый, салистый, ореховый, мыльный

Фруктовый

Особые методы были разработаны также для определения вкуса и консистенции продукта. В этом случае небольшая группа очень хорошо подготовленных специалистов составляет описание характеристик продукта, степень их выражения, порядок, в котором они воспринимаются, послевкусие и общее впечатление.

Для проведения эффективной оценки используются те же основные методы, что и при отборочных испытаниях. Основное различие заключается в природе вопросов, задаваемых дегустатору, который в зависимости от каждого конкретного случая должен сообщить, какому образцу он отдает предпочтение или в каком порядке он отдает предпочтение группе образцов; он должен указать степень удовлетворения, приносимую ему продуктом, или его отношение к нему как покупателя.

Обработка получаемых данных может проводиться с помощью классических методов параметрической статистики (см. примеры у Лармона [9]) или непараметрических методов, если эти данные не подтверждают гипотез параметрической статистики. Существует большое количество дифференциальных и описательных непараметрических методов [18].

При сравнении различных способов посолки сыров типа чеддера [10] были использованы различные методы сенсорного анализа (описательный количественный анализ с помощью комиссии из 21—27 членов, классификация образцов комиссией из 150 потребителей). Это делалось параллельно с работой комиссии экспертов (система ANSA).

Эксперты проводили классификацию сыров, возраст которых составлял 9 мес, в порядке, не зависевшем от их более или менее соленого характера. Оценки, выставлявшиеся специализированным жюри, уточняли природу и величину различий между образцами. Комиссия потребителей смогла установить значительное различие между сырами с весьма близкими уровнями посолки, например 1,50 и 1,25% соли.

При проведении этого испытания удалось избежать ошибок, наиболее часто допускаемых в сенсорном анализе [13]. Одна и та же комиссия проводила все анализы одного типа (ибо в противном случае результаты сравнений стали бы недействительными из-за использования каждым членом комиссии шкалы интенсивности одним ему присущим способом). Степень выражения характеристик продукта не коррелировалась с фактом личного отношения к нему. Гедонистические шкалы использовались большим числом членов комиссии независимо от описательного анализа. Наконец, интерпретация результатов методом дисперсионного анализа была оправдана выбором полуструктурированных линейных шкал.

2. Корреляция между сенсорным анализом и инструментальными измерениями

Измерения консистенции с помощью приборов позволяют определять реологические свойства продукта, но их использование (с обеспечением достаточной степени точности) для оценки столь сложного естественного продукта, как сыр, представляется затруднительным. Именно поэтому Крамер (Kramer) [8] в свое время предложил подвергать все объективные методы проверке, состоящей из четырех следующих этапов:

1) определение параметров, подлежащих одновременному измерению в физических единицах и сенсорном выражении;

2) статистический анализ, проводимый с целью отбора оптимальных объективных методов или оптимального сочетания этих методов для определения каждого параметра, исследуемого методом сенсорного анализа;

3) подтверждение этих результатов на других образцах;

4) объединение нескольких объективных параметров, отобранных для прогнозирования общего качества консистенции продукта.

На втором этапе используются методы регрессионного анализа, в которых сенсорная оценка всегда является зависимой переменной (y), а значение, получаемое с помощью объективных методов испытания, является независимой переменной (x).

Простейшее уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y=a+bx. \tag{1}$$

Поскольку отношения между субъективными и объективными значениями, как правило, носят нелинейный характер, часто появляется возможность для построения корреляции более высокого уровня и в большей степени отвечающей действительности путем преобразования данных, полученных сенсорным путем, в их алгоритмы в соответствии с законом Стевенса (Stevens). При более сложных отношениях может возникнуть необходимость в использовании уравнений более высокого порядка, имеющих формулу

$$y=a+bx+b^2x^2+\ \ldots\ +b^nx^n. \tag{2}$$

В присутствии нескольких объективных переменных уравнение регрессии принимает следующий простейший вид:

$$y=a+b_1x_1+b_2x_2+\ \ldots\ +b_nx_n, \tag{3}$$

в котором коэффициенты частичной регрессии (b) сообщают относительную величину каждой из независимых переменных.

Исследования этого типа, проведенные на сегодняшний день в области сыроделия, немногочисленны. В качестве примера может быть приведена таблица 25.1, в которой сообщаются коэффициенты корреляции (R) и значения (a) и (b) [уравнения типа (1)], полученные в результате исследования четырех параметров консистенции (прочность, связность, намазываемость и прилипание) с помощью дегустации инструментальных измерений и измерений степени сжатия, проводившихся с использованием установки «Инстрон» («Instron»), на 22 различных типах сыра. В отношении трех первых пара-

25.1. Связь между субъективными и объективными измерениями (система «Инстрон») параметров консистенции, выполненными на 11 видах сыра [4]*

	Прочность	Связность	Намазываемость	Прилипание
R	0,845	0,849	0,791	—0,836
a	—1,61	—10,5	—0,47	13,8
b	0,389	3,68	0,0773	—0,106

* R — коэффициент корреляции; a и b — коэффициенты в уравнении: прочность, определенная с помощью системы «Инстрон», $=a+b$ — прочность, установленная дегустационной комиссией.

Примечание. В противоположность принципу, изложенному в тексте, автор принял результат инструментального измерения за зависимую переменную.

метров корреляция носила позитивный характер и имела довольно высокий уровень. И напротив, она оказалась негативной для показателя прилипания, что наводит на мысль о том, что на результат измерения повлиял какой-то другой фактор, который подчеркивает важность соблюдения условий проведения измерений. С другой стороны, был установлен великолепный коэффициент корреляции (0,95) между величиной прилипания, полученной дегустационной комиссией, и объективной оценкой намазываемости, полученной в виде произведения прочности, связности и упругости.

Подобные модели могут также использоваться и для описания отношений между воспринятой интенсивностью одной из составляющих аромата (1) и аддитивным сочетанием действия нескольких составляющих, присутствующих при концентрациях (x) [1].

Более широкое рассмотрение проблемы позволяет сказать, что методы анализа с множественными переменными могут создать возможность для выбора тех объективных переменных, которые обеспечат наилучшее прогнозирование общего качества консистенции или аромата конкретного вида сыра.

3. Заключение

Большинство видов сыра относится к так называемым традиционным продуктам, которые пока еще относительно мало исследовались с помощью современных методов сенсорной оценки. Тем не менее эти методы могут применяться во многих случаях, в той или иной степени затрагивающих интересы сыроделов. Среди наиболее распространенных видов применения методов сенсорного анализа в сыроделии могут быть использованы следующие:

а) при разработке новых продуктов: составление их характеристик для определения отличий от уже существующих продуктов, оценка технологической воспроизводимости в условиях промышленного производства и установление их соответствия установленному типу;

б) в случае проведения мероприятий по повышению качества продукта или изменения технологии производства, например, в целях снижения себестоимости. Проведение исследований с целью определения различий позволяет установить, отличается ли экспериментальный продукт от эталонного образца, а сенсорные обследования позволяют определить направление возможных различий;

в) управление качеством продуктов в процессе их изготовления и хранения;

г) проведение классификационных испытаний в целях установления соответствия продуктов требованиям существующего стандарта;

д) оценка приемлемости продукта потребителем и определение предпочтений последнего.

Авторам представляется, что указанные измерения могут позволить находить объяснение тому факту, почему некоторые виды сыра пользуются бо́льшим успехом, чем другие.

Разумеется, поставленная цель может быть достигнута лишь при условии четкого ее определения, а также при наличии соответствующего плана проведения экспериментов и его реализации в условиях, обеспечивающих высокое качество получаемых данных и точность их интерпретации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adda J., 1980. C.R. Ac. Agr., 66 (15), 1332—1340.
2. Afnor, 1980. Recueil de normes françaises des méthodes générales d'analyse des produits agroalimentaires: chimie, microbiologie, analyse sensorielle. p. 136—176, AFNOR, Paris.
3. Cardello A. V., Maller O., Kapsalis J. G., Segars R. A., Sawyer F. M., Murphy C. et Moskowitz H. R., 1982. J. Food Sci., 47, 1186—1197.
4. Chen. A. H., Larkin J. W., Clark C. J. et Irwin W. E., 1979. J. Dairy Sci., 62, 901—907.
5. Cochran W. G. et Cox G. M., 1957. Experimental designs. 2ème ed. Wiley, New-York.
6. Fédération Internationale de Laiterie, 1981. Norme internationale FIL 99: 1981 — Evaluation sensorielle des produits laitiers. Bruxelles.
7. I.F.T. Sensory Evaluation Division, 1981. Food Technol., 35 (11), 50—59.
8. Kramer A., 1973. Food texture. Definition, measurement and relation to other food quality attributes In Texture measurements of foods. p. 1—16, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht-Boston.
9. Larmond E., 1977. Laboratory methods for sensory evaluation of food. Canada Department of Agriculture, publication n° 1637, Ottawa.
10. Lindsay R. C., Hargett S. M., Bush C. S., 1982. J. Dairy Sci., 65, 360—370.
11. Mc Bride R. L. et Hall C., 1979. Austr. J. Dairy Technol., 34 (2), 66—68.
12. Mourgues R., Bergere J. L., Vassal L., 1983. Techn. lait., n° 978, 11—15.
13. O'Mahony M., 1979. J. Dairy Sci., 62, 1954—1962.
14. Sauvageot F., 1980. Techniques d'analyse sensorielle In Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, 2: Principes des techniques d'analyse, p. 326—390. APRIA, Paris.
15. Sauvageot F., 1982. L'évaluation sensorielle des denrées alimentaires, aspects méthodologiques. Technique & Documentation, C.D.I.U.P.A., Paris.
16. Sik. 1978. Sensory evaluation. Methods and equipement at SIK. Rapport n° 437 E. Göteborg.
17. Stone H., Sidel J., Oliver S., Wolsey A. et Singleton R. C., 1974. Food Technol., 28 (11), 24—34.
18. Tomassone R. et Flanzy C., 1977. Ann. Technol. Agr., 26 (4), 373—418.

Глава 26

СЫР В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА

Ж.-К. Дилон*

1. Питательные свойства сыра

1.1. Состав

Наибольший интерес среди составных частей сыра с точки зрения питательной ценности представляют белки, кальций, рибофлавин и витамины A и D.

* J. C. Dilon.

1.1.1. Белки

В зависимости от технологии изготовления в сыре может содержаться от 10 до 30% белков. Среди продуктов питания сыр наиболее богат этими веществами, особенно это касается прессуемых сыров, в которых содержится 30% белков, что превышает их содержание в мясе — 20%. Белки сыра представляют собой результат расщепления казеина, значительная часть которого (от 20 до 30% в зависимости от вида сыра) претерпевает определенные изменения в процессе созревания сыра. Казеин становится растворимым, превращается в олигопептиды и аминокислоты под действием целого ряда ферментов, состав которых изменяется в зависимости от микрофлоры, придавая готовому продукту окончательную консистенцию и вкус. В результате такого протеолиза значительно повышается степень усвояемости белков организмом человека. Однако, если не говорить о высоком содержании белков, высокая биологическая ценность сыра обеспечивается еще и за счет содержащихся в нем аминокислот, состав которых представляет огромный интерес в питательном отношении (см. 1.2.2.2).

1.1.2. Кальций

Сыр — богатейший источник кальция, содержание которого в нем зависит от содержания воды и технологии изготовления.

Авторы считают необходимым обратить внимание читателя на высокое постоянство содержания кальция в прессуемых сырах, а также на то, что в мягких сырах оно может изменяться в весьма широких пределах; это относится, в частности, к камамберу, в котором содержание кальция (в зависимости от марки) может составлять, по данным Гегана (Guegen) [1], от 200 до 700 мг/100 г сыра.

Тот же автор предложил следующую приблизительную классификацию различных видов сыра по содержанию кальция (в мг/100 г продукта):

Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания	1000—1200
Прессуемые сыры	600—900
Плавленые, голубые сыры	500—700
Мягкие сыры с мытой коркой	400—800
Мягкие сыры с плесневой коркой	200—500
Козий сыр	100—300
Свежий сыр, потребляемый без созревания	60—100

Подобно кальцию, содержащемуся в молоке, кальций сыра хорошо усваивается организмом человека в количествах, равных вносимым им (сыром) соответствующим пропорциям кальция и фосфора, а также присутствующим одновременно с ними белкам, способствующим их усвоению желудочно-кишечным трактом.

1.1.3. Витамины

Содержание в сыре жирорастворимых витаминов, главным образом A и D, а также витамина E, непосредственным образом связано с содержанием в продукте липидов, которое может колебаться в пределах от 0 (в некоторых свежих сырах) до 70% (в продуктах, обогащенных сливками). Что касается содержания в сыре водорастворимых витаминов, то в зависимости от вида сыра оно может быть весьма различным [2]. Дело в том, что в этом случае действуют два противоположных фактора: потери, происходящие при выделении сыворотки, и обогащение в процессе созревания. Так, витамины группы B в значительной степени уносятся с сывороткой (в сгустке остается не более 25% этих витаминов), а витамин C удаляется полностью.

Своеобразной компенсацией этой потери служит синтез бактериальной и грибной микрофлорами сыра нескольких витаминов группы B: в готовом сыре отмечается повышение содержания рибофлавина, пантотеновой кислоты, витамина B_6 и фолиевой кислоты, в некоторых случаях речь идет также о витаминах B_1 и B_{12}. И напротив, иногда отмечается снижение содержания некоторых витаминов, например, фолиевая кислота потребляется в пищу бактериями на завершающем этапе созревания сыра. В силу всех этих причин, как это было подчеркнуто Адрианом (Adrian) [3], выражение «среднее содержание в сыре витаминов группы B» почти полностью лишено смысла.

1.1.4. Липиды

Липиды обусловливают маслянистость сырного теста. При созревании сыра под действием липаз микробного происхождения происходит ограниченный процесс липолиза, сопровождающийся образованием свободных жирных кислот, количество которых может составлять от 0,25% общего содержания жира в свежеизготовленном камамбере до 6,4% в камамбере, достигшем полной зрелости [4]. Некоторые из этих кислот относятся к летучим, принимающим участие в формировании аромата сыра. Липиды молока (триглицериды, фосфоглицериды, сфингозиды) присутствуют в сыре в эмульгированном виде, что повышает их переваримость.

1.1.5. Натрий

Метод посолки сырного сгустка используется по нескольким причинам. Помимо того факта, что хлористый натрий служит для усиления вкуса сыра, он является средством подавления развития некоторых нежелательных плесеней и способствует регулированию содержания влаги в сгустке. В таблице 26.1 сообщаются количества натрия (в мг/100 г свежего продукта) [1]. Для потребителей, находящихся на диете с пониженным потреблением соли (см. 3.2.2), выпускаются так называемые бессолевые сыры.

1.2. Пищевая ценность

1.2.1. Энергетическая ценность

Как следует из таблицы 26.1, калорийность различных видов сыра может составлять от 100 ккал в 100 г свежего сыра до 350 ккал в 100 г прессуемого сыра. При низком содержании молочного сахара калорийность продукта обусловливается в основном за счет жиров. Так, эмментальский сыр или грюйер с 45%-ной жирностью содержит 30 г липидов, дающих 270 ккал, а белки и углеводы представляют только 120 ккал.

1.2.2. Пищевая ценность белков

Содержание основных аминокислот в белках молока и сыра придает этим продуктам исключительно высокую биологическую ценность. Вследствие этого они хорошо подходят для детского питания, когда потребность в аминокислотах выше, чем в рационе питания взрослых людей.

Переваримость белков сыра, выражаемая в количестве белкового азота, поглощаемого организмом человека при пищеварении (или в виде коэффициента переваримости), составляет 95%, что очень близко к переваримости куриных яиц и на одном уровне с таким показателем белка мяса. Это означает, что белки сыра полностью усваиваются желудочно-кишечным трактом человека.

Содержание основных аминокислот. В таблице 26.2 представлен состав основных аминокислот (в мг/г азота молока) и казеина в трех видах сыра,

26.1. Средний состав основных видов сыра (в пересчете на 100 г свежего продукта) [1]

	Свежий сыр, потребляемый без созревания (на примере сливочного сырка)	Мягкий сыр с плесневой коркой (на примере камамбера)	Мягкий сыр с мытой коркой (на примере мюнстера)	Прессуемый сыр с низкой температурой второго нагревания (на примере сен-нолэна)
Вода, г	79	50	50	40
Энергетический потенциал, ккал	118	310	310	355
Углеводы, г	4	4	4	3
Жиры, г	7,5	24	24	24
Белки, г	8,5	20	20	28
Кальций, мг	100	400	450	700
Фосфор, мг	140	250	320	360
Магний, мг	10	20	23	35
Калий, мг	130	150	125	100
Натрий, мг	40	700	970	880
Цинк, мг	0,5	5	6	10
Витамин А, ИЕ	170	1010		
Тиамин, мг	0,03	0,04		
Рибофлавин, мг	0,15	0,75		
Ниацин, мг	0,15	0,80		
Витамин РР, мг	0,2	1,25		
Аскорбиновая кислота, мг	0	0		

Продолжение

	Прессуемый сыр с высокой температурой второго нагревания (на примере сыра грюйер де контэ)	Плавленый сыр (на примере крэм де грюйер)	Козий сыр (на примере кротэн де шавиньоль)	Голубой сыр (на примере рокфора)
Вода, г	35	48	50	40
Энергетический потенциал, ккал	375	280	320	378
Углеводы, г	2,5	2,5	1,5	1,8
Жиры, г	28	22	20	32
Белки, г	29	18	20	21
Кальций, мг	1050	680	160	620
Фосфор, мг	620	900	340	420
Магний, мг	50	23	23	25
Калий, мг	140	95	300	120
Натрий, мг	200	1650	1000	1600
Цинк, мг	10	9	1	6
Витамин А, ИЕ	1140			1200
Тиамин, мг	0,01			0,05
Ниацин, мг	0,1			1,2
Рибофлавин, мг	0,40			0,60
Витамин РР, мг	0,30			1,8
Аскорбиновая кислота, мг	0			0

26.2. Состав основных аминокислот молока и различных молочных продуктов; сравнение с эталонным составом белковой фракции [5] и составом белковой фракции куриного яйца (в мг/г азота)

	Молоко	Казеин	Целое куриное яйцо	Свежий сыр, потребляемый без созревания	Мягкий сыр (камамбер)	Прессуемый сыр (эмментальский)	Эталонный состав белковой фракции (ФАО, 1973)
Изолейцин	295	345	393	370	339	342	250
Лейцин	596	607	551	706	661	672	440
Лизин	487	518	436	502	553	571	340
Метионин+цистин	208	201	362	278	215	254	220
Фенилаланин+тирозин	633	705	618	796	682	758	380
Треонин	278	297	320	289	267	280	250
Триптофан	88	103	93	76	77	94	60
Валин	362	430	428	511	494	540	310

а также эталонный состав белковой фракции, предложенный ФАО в 1973 г. [5].

Этот идеальный белок содержит все основные аминокислоты в необходимом и достаточном количестве для удовлетворения потребностей человеческого организма. Сравнение любой белковой фракции с идеальным белком позволяет рассчитывать белковую ценность этой белковой фракции с помощью коэффициента ограничивающей аминокислоты (речь идет о химическом индексе белка). Рассмотрение данных таблицы 26.2 позволяет констатировать, что ограничивающими аминокислотами молока и некоторых мягких сыров являются метионин и цистин (химический показатель 95). Следует отметить, что этот незначительный дефицит серосодержащих аминокислот можно легко компенсировать в рационе питания за счет потребления зерновых культур, в частности пшеницы, богатой этими веществами.

Биологическая ценность белков определяется (в отношении животных) по потреблению белкового азота. Наиболее распространенный метод заключается в определении коэффициента чистого потребления белков (ЧПБ) крысой. ЧПБ представляет собой ту часть введенного в организм азота, которая задерживается в нем в определенных условиях. Этот метод позволяет одновременно измерять переваримость и эффективность использования аминокислот. Измерения проводятся в рамках сравнения с эталонным белком, в качестве которого используется белок куриного яйца (рекомендации ФАО) [5]. Результаты измерений, приведенные в литературе, говорят о близости значений ЧПБ для молочных продуктов и белковой фракции куриного яйца (85—90%).

Существует огромное количество биологических методов, позволяющих оценивать качество того или иного белка. В виде примера можно назвать метод оценки по коэффициенту эффективности белка (КЭБ), который равен отношению привеса молодняка к употребленному в корм белку. В случае с крысой КЭБ куриного яйца в среднем составляет 4, для казеина КЭБ равен 2,50, но после внесения метионина возрастает до 3,80.

1.2.3. Приемлемость сыра организмом человека

В силу своей лучшей переваримости сыр нередко лучше принимается потребителями, чем молоко. Кроме того, в литературе никогда не упоминалось случаев действительной аллергии по отношению к сыру. Кстати, у человека всегда наблюдалось особое влечение к сыру. Как отметил Ж. Тремольер

26.3. Количество сыра, необходимое для покрытия минимальной ежедневной потребности взрослого человека в основных аминокислотах (в г)

	Основные аминокислоты							
	лизин	триптофан	фенилаланин	метионин	треонин	лейцин	изолейцин	валин
Потребность животных, г/кг/сут	0,8	0,25	1,1	1,1	0,5	1,1	0,7	0,8
Рекомендуемые количества, г/кг/сут	1,6	0,5	2,2	2,2	1,0	2,2	1,4	1,6
Необходимое количество для покрытия минимальных потребностей, г/сут:								
молоко	276	463	610	1000	333	323	333	318
казеин	10	15	20	34	11	11	11	11
свежий сыр, потребляемый без созревания	61	93	125	216	70	68	69	70
мягкий сыр (камамбер)	44	68	91	151	51	50	50	51
прессуемый сыр (эммментальский)	33	49	67	114	37	36	37	37

(J. Trémolières), «вкус сыра сочетается с вкусом вина, и поэтому он хорошо вписывается в рамки традиционного для Франции рациона питания» [6]. Этот автор замечает также, что в силу каких-то плохо изученных психофизических причин довольно острое чувство голода по отношению к этому продукту быстро гаснет: человек может съесть не более нескольких десятков граммов сыра за один раз. Этот факт неизбежно приводит к снижению пищевой ценности этого великолепного продукта.

1.3. Рекомендуемые нормы потребления сыра различными возрастными группами населения

Количества молока и казеина, а также свежего, мягкого и прессуемого сыров, необходимые для ежедневного рациона питания взрослого человека в целях удовлетворения потребности его организма в основных аминокислотах (если исходить из предположения, что один из этих молочных продуктов является единственным источником белков), можно определять с помощью соответствующих расчетов (табл. 26.3) [7].

Приведенные в таблице 26.3 данные позволяют констатировать, что эммментальский сыр больше других видов сыра (свежего сыра и камамбера) способен обеспечивать покрытие минимальной потребности человека в основных аминокислотах при меньшем количестве потребляемого продукта. Несмотря на интерес, представляемый этим расчетом, он носит весьма теоретический характер, поскольку приведенные данные не соответствуют распространенному во Франции традиционному рациону питания. В практическом плане количества сыра, рекомендуемые для ежедневного потребления, должны учитывать потребление молока, которое остается незаменимым, в частности, в детском питании. Для замены 0,5 л молока необходимо приблизительно 70 г прессуемого сыра, 90 г мягкого сыра или 120 г свежего сыра [8].

В целях соблюдения рекомендаций экспертов, касающихся режима потребления продуктов питания населением Франции [9], необходимо следовать приведенным ниже нормам потребления молока и сыра, разработанным для различных возрастных групп населения.

Количество молочных продуктов, рекомендуемое к ежедневному потреблению (в г), следующее:

	Молоко (или свежий сыр, потребляемый без созревания)	Сыр
Дети от 2 до 6 лет	500—600	20—30
Дети от 7 до 11 лет	500—600	30
Подростки от 12 до 15 лет	500	50
Подростки от 15 до 20 лет	500	50—80
Взрослые	350	30—50
Беременные женщины	500	50
Пожилые люди	500	30

2. Место сыра в современном рационе питания

2.1. Результаты опросов, проведенных среди потребителей

2.1.1. Потребление сыра в странах — членах ЕЭС

Вид и тем более количество потребляемых сыров изменяются в зависимости от обследуемых стран. В 1983 г. годовой объем потребления сыра составил, включая свежий сыр, потребляемый без созревания [10] (в кг на душу населения):

Греция	20,3	Бельгия	14,5
Франция	19,9	Дания	10,8
Италия	14,4	Великобритания	6,7
ФРГ	14,8	Ирландия	3,5
Голландия	13,3	Итого по странам ЕЭС	14,0

2.1.2. Потребление сыра во Франции

Количественные данные о потреблении сыра, получаемые, например, с помощью проведения постоянного опроса представительных семей из различных слоев населения [11], изменяются в зависимости от того, к каким социально-профессиональным группам относятся эти семьи, иначе — от размера их ежегодного дохода и места жительства.

При среднем ежегодном (1981) объеме закупки сыра 14,7 кг (на душу населения) его потребление колеблется в пределах от 11,0 кг в западной части страны до 17,3 кг в центральной и восточной частях Франции. Что касается потребления сыра различными социально-профессиональными группами населения, то оно может составлять от 10,0 кг (сельскохозяйственные рабочие) до 12,2 кг (рабочие промышленных предприятий) или даже до 17,6 кг (руководящие кадры).

Максимальное потребление среди возрастных групп населения (17,8 кг) имеет место у представителей старшей возрастной группы (65—75 лет). Работы, проведенные Международной молочной федерацией [12], позволили также установить наличие связи между потребляемым количеством сыра и покупательской способностью населения.

Потребление различных видов сыра (%) во Франции в 1984 г. составило:

Мягкие сыры	31
Свежие сыры, потребляемые без созревания	28
Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания	20
Прессуемые сыры с низкой температурой второго нагревания	15
Голубые сыры	6
	100

2.2. Факторы, определяющие потребление сыра во Франции

С 1959 по 1984 г., то есть за 25 лет, объем потребления сыра по Франции увеличился более чем в два раза, поднявшись с 8,8 до 20,4 кг [10].

Это произошло по многим причинам:

а) распространение привычки питаться «вне дома»;

б) развитие тенденции к потреблению меньшего количества молока в жидком виде (в частности, в крупных населенных пунктах), сопровождающееся ростом потребления сыра;

в) повышение спроса на свежие сыры, часто используемые в качестве десерта;

г) усиление образа сыра, как «натурального» продукта питания, отвечающее желанию потребителя приобретать продукты питания, близкие к природе, настоящие;

д) рекламные мероприятия в области сбыта молочных продуктов, предпринятые в течение последних лет молочной промышленностью.

2.3. Место сыра в удовлетворении пищевых потребностей населения Франции

Состав сыра, отличающегося высокой переваримостью, делает этот продукт необходимым для всех возрастных групп населения.

Для питания детей и подростков, отличающихся повышенной потребностью в кальции (около 800 мг/сут), рекомендуется использовать сыры с максимальным содержанием этого элемента (см. 1.1.2).

В рационе питания взрослых французов среднесуточное количество потребляемого сыра (50 г) складывается следующим образом: 17,5 г мягкого сыра, 12 г прессуемого сыра с высокой температурой второго нагревания, 10 г свежего сыра, потребляемого без созревания, 8 г прессуемого сыра с низкой температурой второго нагревания и 2 г голубого сыра. Таким образом, 50 г сыра вносят в организм человека 10 г белков и 12 г жиров. Это 10 г белков составляют $^1/_3$ рекомендуемого ежедневного объема потребления белков животного происхождения. Что касается кальция, вводимого в организм при таком суточном рационе потребления сыра, то его количество составляет 220 мг, то есть чуть больше $^1/_4$ общего количества, рекомендуемого для взрослых людей. Для того чтобы (как это было бы желательно) молочные продукты могли доставлять в человеческий организм 500 мг кальция в сутки, необходимо либо рекомендовать пить молоко, либо ориентировать его на потребление прессуемых сыров с высоким содержанием кальция.

В отношении покрытия потребностей организма взрослого человека в витаминах авторы склонны согласиться с мнением [3], согласно которому молочные продукты (сыр и молоко) на 15% удовлетворяют его потребность в витамине А, на 10% — в тиамине, на 40 — в рибофлавине, на 30 — в ниацине и на 25% — в витамине B_{12}.

Сыр, как правило, очень хорошо принимается представителями старшей возрастной группы, для которых он является весьма важным источником кальция и белков с высокой биологической ценностью. Однако появление в этом возрасте осложнений (часто незначительных) в плане переваривания жиров часто заставляет рекомендовать этим людям переходить на потребление сыров пониженной жирности.

3. Сыр и здоровье человека

Проблемы, поднимаемые специалистами в области гигиены питания, относятся к двум различным аспектам:

1) проблемы токсикологического характера (с которыми в наши дни приходится сталкиваться исключительно редко);

2) вопросы, связанные с организацией рациона питания, многие из которых относятся скорее к области гипотез.

3.1. Проблемы токсикологического характера

3.1.1. Загрязнение сыра патогенными бактериями

В наши дни сыр редко можно упрекнуть в том, что он становится причиной пищевых отравлений. Незначительное количество случаев загрязнения сыра патогенными бактериями объясняется, с одной стороны, процессом молочнокислого брожения, подавляющим развитие этих бактерий и, с другой стороны (и особенно), теми мерами, которые принимаются в молочной промышленности.

Тем не менее следует проявлять постоянную бдительность по отношению к патогенным стафилококкам (*Staphylococcus aureus*), которые в период 1958—1965 гг. привели в США, насколько это известно, к 300 случаям пищевых отравлений [13]. Это относится также к ботулизму, явившемуся причиной 11 случаев отравления в одной аргентинской семье в 1974 г., и к энтеропатогенной кишечной палочке, вызвавшей 387 случаев пищевого отравления в США в 1971 г. [13]. Во Франции в течение последних лет ни одного случая этого типа зарегистрировано не было.

3.1.2. Присутствие следов антибиотиков

Антибиотики, назначаемые животным при мастите или при других заболеваниях, переходят в молоко. Присутствие остатков этих препаратов в молочных продуктах создает два вида проблем. С одной стороны, считается, что они могут быть причиной анафилактических отравлений, иногда весьма серьезных, у людей, страдающих их непереносимостью (например, пенициллина); с другой стороны, возможно появление сопротивляемости по отношению к антибиотикам у некоторых микробов.

В действительности же антибиотики присутствуют в сыре в весьма незначительных количествах: в противном случае это привело бы к подавлению развития молочнокислой флоры.

Однако как бы там ни было, учитывая изложенные выше соображения медицинского характера, следует продолжать осуществление строгого контроля над уровнем содержания остатков антибиотиков в сборном молоке [14].

3.1.3. Остатки микотоксинов

Загрязнение сыра токсинами, выделяемыми плесневыми микроорганизмами, может происходить следующими тремя путями:

1) они могут попасть в молоко, если животное получало в составе корма уже загрязненные им продукты, например жмых арахиса, зараженный афлатоксином В, выделяемым *Aspergillus flavus*;

2) они могут появляться в продукте вследствие неконтролируемого развития микрофлоры на одном из этапов его производства;

3) наконец, токсины могут выделяться некоторыми грибными штаммами, используемыми в процессе созревания сыра.

Токсичность этих соединений и, в частности, их канцерогенный характер достоверно установлены по отношению к животным. В то же время исследователям не удалось доказать наличия какого-то воздействия на организм человека, связанного с потреблением этих продуктов, вследствие их исключительно низкого содержания в тех нескольких видах сыра, в которых они встречались.

3.1.4. Амины, вызывающие повышенное кровяное давление

При созревании некоторых видов сыра образуются ароматические амины (гистамин, тирамин). Например [13], в некоторых партиях сыра чеддер их содержание может достигать 1,19 мг/г продукта. Как правило, эти ароматические амины становятся безвредными при соприкосновении с аминокислотами, содержащимися в стенке кишечника и особенно в печени. Это можно дополнить тем фактором, что наблюдались случаи, когда у людей, принимавших лекарства, нацеленных на снижение артериального давления из группы ингибиторов аминоксидазы (I.M.A.O.), через несколько часов после потребления сыра с повышенным содержанием тирамина наблюдалось появление сильных головных болей, сопровождавшееся повышением артериального давления [16]. Эти явления исчезли несколько часов спустя и вновь появились после повторного употребления в пищу продуктов с высоким содержанием тирамина (не считая некоторых видов сыра, это относится к сушеной сельди и пищевым дрожжам). Это означает, что больные, проходящие курс лечения I.M.A.O., должны отказываться от употребления в пищу сыров с повышенным содержанием тирамина. С полной очевидностью установлено, что тирамин не имеет никакого отношения к появлению симптомов, связанных с повышением артериального давления у здоровых людей (то есть не проходящих курса лечения I.M.A.O.).

3.2. Проблемы, связанные с использованием сыра в рационе питания

3.2.1. Животные жиры и атеросклероз

Атеросклероз — заболевание, характеризующееся медленным накоплением жировых отложений на стенках артерий, развивается у человека при наличии целого ряда факторов, называемых факторами риска, к которым относятся: повышенное артериальное давление, курение, наследственность, избыточный вес, сахарный диабет, повышенное содержание холестерина в крови (или гиперхолестеринемия).

Наиболее встречающимся и тесно связанным с частотой сердечно-сосудистых заболеваний (главным образом заболеваний коронарных сосудов) фактором является гиперхолестеринемия. Экспериментальным путем удалось доказать, что гиперхолестеринемия непосредственным образом связана с избыточным потреблением насыщенных жиров по сравнению с потреблением полиненасыщенных жиров. Оставалось сделать лишь один шаг, чтобы, по крайней мере, частично обвинить сыр, продукт с высоким содержанием насыщенных жиров, в отклонении содержания холестерина в крови от нормального уровня, а затем и в эпидемии заболеваний коронарных сосудов, охватившей страны Запада. Нашлись люди, которые, не колеблясь, сделали этот шаг.

Ясность в рассматриваемый вопрос внесла вышедшая недавно книга Ж. Брессона «Липиды в рационе питания человека» [17]. Выводы, сделанные ее автором, сводятся к следующему: удаление животных жиров из рациона питания не может само по себе предупредить развитие атеросклероза в рамках какой-то группы людей. Многочисленные попытки его предупреждения, использовавшие исключительно диетические средства, закончились неудачами. Напротив, у людей, уже страдающих атеросклерозом (и имеющих повышенное содержание холестерина в крови), при режиме потребления пониженного количества насыщенных жиров может снизиться до определенного уровня гиперхолестеринемия. Это ограниченное снижение (порядка 10%) кажется автору неэффективным или недостаточным для предупреждения рецидивов у больных с пораженной сердечно-сосудистой системой.

Резюмируя, автор считает возможным сказать, что сыры с пониженной жирностью представляют ограниченный интерес с точки зрения использования в режиме питания людей, страдающих атеросклерозом, сопровождающимся гиперхолестеринемией и для борьбы с сосудистыми заболеваниями. Но основное преимущество таких сыров в действительности заключается в низкой калорийности, делающей их весьма полезными для людей, желающих избавиться от избыточного веса, что, как показали недавние исследования, также является великолепным средством предупреждения атеросклероза у людей этой категории.

3.2.2. Натрий и повышенное артериальное давление

Минимальная потребность в натрии здорового человека составляет приблизительно 200 мг в сутки (то есть 0,5 г NaCl). Жители западных стран потребляют обычно в день 4—5 г натрия (10—12 г NaCl). Такое количество (в 20—30 раз превышающее физиологическую потребность) рассматривается многими руководящими органами здравоохранения как избыточное и даже опасное для здоровья.

Дело в том, что, несмотря на основополагающую роль, принадлежащую натрию в работе человеческого организма, было установлено, что в рамках каждой конкретной группы людей может быть проведена определенная параллель между средним потреблением натрия и предрасположенностью к повышенному артериальному давлению без установления, однако (с помощью экспериментальных исследований), существования какой-то причинно-следственной связи у одного человека. Кроме этого, можно легко доказать, что, снизив потребление соли, человек, страдающий повышенным артериальным давлением, обнаружит снижение этого давления.

Какова роль сыра в ежедневном поступлении натрия в человеческий организм?

По данным Национального института статистических и экономических исследований Франции, касающихся среднесуточного потребления сыра французами (50 г на человека в сутки в 1984 г.), можно произвести следующий подсчет:

	Потребление сыра, г	Содержание в нем Na, мг
Камамбер	17,5	122,5
Эммендальский	11,4	23,0
Свежий сыр	9,3	3,7
Сэн-полен	8,8	77,4
Голубой	2,7	43,2
	Итого	269,8

Это означает, что количество натрия, попадающее в организм человека вместе с сыром, составляет ≈5—6% еще общего ежесуточного потребления.

Люди, желающие ограничить потребление натрия (в связи с наследственной предрасположенностью к повышению артериального давления или из

каких-то других соображений медицинского характера), должны исключить из рациона питания сыры с наиболее высоким содержанием этого элемента (плавленые сыры, рокфор), указанные в таблице 26.1.

В случае, если им будет предписан строгий «бессолевой» режим (с суточным потреблением натрия менее 200—250 мг), они смогут употреблять в пищу диетические бессолевые сыры или бессолевое молоко.

4. Заключение

По мнению специалистов-диетологов, сыр играет основную роль в сбалансированном режиме питания французов.

Несмотря на то что потребление сыра во Франции является наиболее высоким среди всех стран Общего рынка, не следует забывать о снижении потребления молока в этой стране (и, кстати, других молочных продуктов).

В целях обеспечения достаточного уровня поступления кальция, особенно когда речь идет о наиболее молодых возрастных группах населения, авторам представляется необходимым продолжать усилия по увеличению потребления этих продуктов.

Автор сожалеет о том, что существование связи между потреблением животных жиров и атеросклерозом оказывает тормозящее воздействие на увеличение производства и потребления сыра, хотя научные данные, доказывающие это, отсутствуют.

ЛИТЕРАТУРА

1. Guegen L., 1979. Cah. Nutr. Diét., 14, 213—217.
2. Causeret J., Lhuissier M. et Hugot D., 1970. Ann. Nutr. Alim., 24, B169—B200.
3. Adrian J. et Poiffait A., 1979. Cah. Nutr. Diét., 14, 207—211.
4. Bejambes M., Savoie S. et Cluzel S., 1952. Ann. Technol. Agr., 1, 23—30.
5. FAO/OMS, 1973. Rapport n° 52, Rome.
6. Tremolieres J., Serville Y. et Jacquot R., 1975. Manuel élémentaire d'alimentation humaine, 7ème éd., ESF Ed., Paris, tome 2, 164—209.
7. Ritter W., 1974. Handbuch der Käse (Manuel du fromage). Volkwirts ch., Verlag, Kempten.
8. Allais C., 1975. Science du lait. 3ème éd., SEP, Paris.
9. Dupin H., 1981. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Technique & Documentation, Paris.
10. C.N.I.E.L., 1985. Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière. L'économie laitière en chiffres. Paris.
11. I.N.S.E.E., 1984. M. 108, Paris.
12. Fédération Internationale de Laiterie, 1982. Doc 146, 52 p., Bruxelles.
13. Kosikowski F., 1977. Cheese and fermented milk products. Edwards Bro, Ann Marbor, Michigan, 2ème éd.
14. Hamman, J., Tolle A. et Heeschen W., 1979. Doc. FIL, Bruxelles, A Doc 113.
15. Lafont P., Siriwardana M. G. et Lafont J., 1979. Méd. et Nutr., 15, 257—262.
16. Blackwell B. et Mabbit L. A., 1965. Lancet, I, 938—940.
17. Brisson G., 1982. Lipides en nutrition humaine. Les Presses de l'Université de Laval, Québec.

Adrian J., 1983. Valeur alimentaire du lait. La Maison Rustique Ed., Paris.

Claudian J. et Serville Y., 1970. Etude sur le comportement alimentaire. Réflexions sur la consommation de produits laitiers en France. INSERM, 25, 213—258.

Kon S. K., 1972. Le lait et les produits laitiers en alimentation humaine. FAO, Rome.

Renner E., 1974. Le lait et les produits laitiers dans l'alimentation de l'homme. Volkwirt Verlag, Kempten, R.F.A.

Veisseyre R., 1975. Technologie du lait. La Maison Rustique, 3ème éd., Paris.

Глава 27

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ФИРМЕННЫХ НАЗВАНИЙ СЫРОВ

Ж. Миттэн*

Когда человек осознал присутствие окружающих его таинственных и непонятных ему сил природы, он начал создавать себе богов. Вначале он обожествил тепловую энергию в образе дневного света, затем наделил божественной силой биологическую энергию в лице женщины-матери, отдав ей во власть ночь.

Царский путь своего небесного свода он посвятил тому, что считал самим носителем жизни, посвятил его продукту, происхождение которого было скрыто под покровом таинственности, а полнота, богатство и сила были непостижимы; посвятил и назвал Млечным Путем.

Наконец, и это явилось высшим выражением поклонения, когда человек начал осознавать множественность миров, он назвал свою собственную вселенную Галактикой**.

Поэтому, если понимать буквально космологию наших предков, мы «живем в молоке».

В действительности же следовало бы употребить это слово во множественном числе, поскольку, если различные технологические процессы его переработки и основаны на одних и тех же принципах, каждому виду молока присущи свои специфические черты, переходящие в изготовляемые из него продукты.

Различные виды молока непохожи между собой, словно разные породы дерева: деревянные скульптуры, выполненные из черного дерева, дуба или тополя, отличаются своим внешним видом, назначением, наконец, своей ценностью. Таким же образом одна и та же технология, используемая в отношении верблюжьего, овечьего или козьего молока, дает продукты, разительно непохожие по своим свойствам и отличающиеся с точки зрения своей ценности.

Способы употребления в пищу каждого из видов молока были предопределены ходом одомашнивания животных, особенностями рельефа местности и климатическими условиями. В первую очередь, разумеется, человек узнал вкус овечьего и козьего молока. Затем дошла очередь до молока ослицы, коровы, буйволицы, а потом и до кобыльего, оленьего и верблюжьего молока.

Имеются все основания полагать, что первые способы обработки молока заключались в сбивании его в бурдюках и свертывании с помощью кусочков сычуга.

Постепенно сложились местные обычаи переработки молока, обусловленные образом жизни людей и используемые ими животными, обычаи, постоянно направленные на достижение максимальной эффективности и разнообразия получаемых продуктов.

Так родились различные виды сквашенного молока, сливочного масла, сыра, а также алкогольных напитков, приготовлявшихся степными племенами из кобыльего молока.

Миграция людей привела к появлению обменов между ними и, следовательно, к возможности сравнения. Люди обнаружили, что продукты из того или иного района лучше, чем из других, их отличает более тонкий и изысканный вкус.

В умах людей, которые в ту пору были поглощены наблюдением окружающей природы, родилось понятие «местности».

А как можно было еще лучше обозначить какой-то продукт, ставший известным благодаря местности, в которой его производили, и мастерству создавших его людей, если не с помощью названия этой самой местности?

---

* J. Mittaine.

** Галактика: от греческого gala — молоко.

Так появилось марочное название: статуи древнегреческих богов ваялись из мрамора с острова Парос; Гомер поведал нам о винах с острова Самос; говорят, что нежный вкус меда со склонов горы Имитос* придал приятное звучание голосу Платона...

Однако известность названия возбуждает зависть, толкает на копирование, а невежество и снобизм потребителя создают возможность для появления подделок.

И тогда в дополнение к географическому названию, особенностям местности, вековым обычаям и традиционному мастерству появляется четвертый фактор: качество, заставляющее в полную силу звучать определение, дававшее марочному названию того или иного продукта.

Французский писатель и ученый Поль Валери отнес слово «качество» к «словам-попугаям», смысл которых изменяется в зависимости от контекста.

Потребители и изготовители продуктов пользуются двумя принципиально отличными аспектами этого понятия, которые постоянно смешиваются друг с другом.

С одной стороны, речь идет об официально установленном качестве, определяемом как результат использования определенных пропорций составных частей. Будучи прежде всего аналитическим, это определение априорно представляется главенствующим. Его слабым местом является то, что никаким административным органам никогда не удавалось доказать, что смешивание ингредиентов в указанных пропорциях позволяет получить необходимый продукт.

С другой стороны, речь идет о качестве органолептическом, оцениваемом потребителями, гурманами или, что еще лучше, специалистами-гастрономами.

Это понятие, напротив, является по сути своей синтетическим и определяется апостериори.

Оно включает в себя не только ингредиенты, но также и другие факторы, которые пока еще не поддаются определению, их, возможно, никогда не удастся охарактеризовать с достаточной степенью достоверности: речь идет о самой сути мироощущения.

Ответственность за качество того или иного продукта лежит на всех, кто имел отношение к его созданию:

определяющая роль принадлежит производителю молока, поскольку именно он заботится о подборе скота и коров для него, а также контролирует качество дойки;

за ним следует тот, кто отвечает за подготовку молока к переработке в сыр;

и наконец, это главный технолог, хранитель местных незыблемых обычаев, являющихся традиционными основами марки.

Никто не осмелится утверждать, что можно изготовить превосходный продукт из обычного сырья, имеющего сомнительное качество.

Наконец, ответственность за качество готового продукта распространяется также и на тех, кто занимается распределением и продажей сыра, на тех, кто должен представить на рассмотрение дегустационной комиссии не что иное, как шедевр.

Итак, можно сказать, что марочное название, в полной мере отвечающее своему смыслу, это, прежде всего, продукт совместных, продуманных и целенаправленных действий людей всех профессий, одним словом, это общий успех.

Но имеем ли мы право предъявлять столь высокие требования к таким разным профессиям?

Да, имеем. И это право вытекает из необходимости сохранения нашего многовекового достояния, плодами которого пользуется каждое новое поколение и которое оно должно в целости и сохранности, а если возможно, то и внести в него свой положительный вклад, затем передать другим поколениям.

---

* Речь идет о горе Имитос (1026 м), расположенной неподалеку от Афин (Греция). У древних афинян она славилась медом живущих на ее склонах пчел и добываемым из ее недр мрамором. — *Прим. пер.*

Это наследие — не привилегия, ни тем более монополия; его нельзя ни продать, ни разделить. Оно принадлежит всем, жившим, живущим и тем, которые будут жить в этой местности. Это наследие — результат определенных естественных явлений, постоянных и ограниченных в пространстве, результат постепенно сложившихся обычаев и традиций, самая их суть, позволяющая использовать их с максимальной эффективностью.

Как бы компенсируя связанные с ним нелегкие обязательства, марочное название облагораживает продукт и дарит своей стране и ее жителям.

Репутация обычной торговой марки может порой поднять репутацию целой нации; качество продукта является в этом случае своеобразным поручительством за качество жизни в этой стране в целом. Никто, например, не посмеет отрицать, что престиж автомобилей марки «Ролс Ройс» в течение нескольких десятилетий поддерживал моду на английские автомобили.

Что же можно сказать в этом случае об экономической ценности сыра, носящего название одного из районов своей страны и, таким образом, во всеуслышание заявляющего о богатстве ее природных ресурсов и мастерстве ее жителей.

Рокфор, пармезан, стилтон, манчего, фрибург — все эти названия вызывают в памяти целые экономические формации. Это настоящие исторические монументы; время пощадило их, потому что они оказались лучшими, ибо совершенство несет в себе элемент бессмертия.

Международное признание моделей знаменитых мастеров-модельеров является основным залогом создаваемых на их основе моделей готового платья.

Так почему же не перенести этот пример на другие шедевры вкуса, на деликатесные продукты, производимые в различных районах нашей страны?

И сделать это могут лишь те, кто создает их, те, на чью долю выпало сохранение самой их сути.

Владеть продуктом, носящим марочное название, и продолжать его совершенствовать, это значит работать с редкостной вещью, являющейся во всем своем великолепии лишь во времена относительного изобилия, поскольку существование такой вещи неотделимо от таких понятий, как возможность выбора и сравнения. Это означает, что для полного расцвета ей необходимо, если не богатство, то, по крайней мере, экономическое благополучие.

Являясь свидетельством определенного уровня культуры, продукт с марочным названием не укладывается в рамки каких-то тесных и придирчивых норм. Он — искусство, живущее как для артистов, так и для поклонников.

Оставаясь результатом определенного конкретного труда, марочный сыр поднимается тем не менее на уровень «простого совершенства» (Кюрнонски)*: это нежный, живой, достигший полной зрелости деликатесный продукт; и одновременно с этим достаточно просто затратить определенный труд, чтобы получить «машинный сыр» — до пошлого заурядный в своем однообразии продукт питания.

Именно поэтому марочные продукты подают как лакомство к праздничному столу.

Во Франции производство марочных сыров с зарегистрированным фирменным названием составляет около 15% общего объема их выпуска. Если говорить о марочных винах, то здесь объем вин с фирменными названиями составляет 17% общего объема производства.

Эти 15% означают, что сыры подают на стол два раза в неделю. Так, в среднем французам, которые в течение всей недели отдают день обществу, связывающему их вплоть до определения их привычек, касающихся выбора продовольственных товаров, дважды в неделю удается вырваться из этого плена, завершая хороший обед хорошим сыром и марочным вином. В этом в некотором роде заключается их «умение жить».

---

* Кюрнонски (Морис Эдмон Сайяр) (1872—1956). Французский писатель и гастроном. Автор книг, посвященных гастрономии, французской кухне и французским винам. — *Прим. пер.*

Продолжать сохранять на рынке класс традиционных, достойных доверия потребителей продуктов, несмотря на их более высокую стоимость, это значит вести борьбу против централизации, против угасания потребительского интереса, вести борьбу в защиту оригинальности и чистоты продуктов, создаваемых в разных провинциях Франции, борьбу за сохранение культурного наследия на местах.

Марочные названия, таким образом, приносят местам их появления определенные преимущества, сохранение и развитие которых зависят только от жителей этих районов. Это связано также и с риском их упадка, поскольку любое марочное название может стать первоклассной мишенью для нечестной конкуренции, готовой утопить настоящий продукт в море подделок; оно может также погибнуть погребенным под требованиями людей, извлекающих из этого для себя определенную выгоду.

Девизом профессиональной организации, стоящей на защите правильности марочных названий, мог бы стать девиз страны, ведущей неустанную борьбу против затопления под защитой дамб: «Мы выстоим!»

В основу этой организации должно быть положено создание органа, задача которого будет заключаться в защите продукта и контроле его качества; этим органом могут быть ассоциация, профессиональный союз, федерация... В настоящее время во Франции существуют 27 подобных объединений, находящихся к тому же на разных уровнях развития, поскольку минимальный объем ежегодного производства, подлежащий контролю, составляет 300 т, а максимальный превышает 40 000 т.

Эти организации объединены в рамках национальной частной ассоциации, координирующей их деятельность и оказывающей материально-техническую помощь тем из них, которые не располагают средствами для приобретения собственного оборудования.

Эта ассоциация играет роль исполнительного органа для официальной организации Национального комитета по контролю за правомерностью использования названий сыров (C.N.A.O.F.) при Министерстве сельского хозяйства Франции. Созданный на основании закона от 28 ноября 1955 г., этот Комитет объединяет, помимо представителей правительственных органов, представителей, делегированных всеми заинтересованными профессиональными организациями.

Эта гибкая и эффективная структура уже доказала свою жизнеспособность.

Администрация Комитета утверждает положения, разрабатываемые заинтересованными сторонами в рамках действующих законов и постановлений. Кроме этого, она дает им возможность для борьбы с потенциальными нарушителями действующих положений.

Однако что касается непосредственного проведения контроля, то оно возложено на самих профессиональных сыроделов, хранителей сложившихся обычаев и традиций. Их национальная ассоциация (A.N.A.O.F.) представляет собой оперативный орган, занимающийся организацией контроля, коллективного сбыта продуктов и управляющий их общим бюджетом. Гражданская процессуальная правоспособность этой ассоциации позволяет ей привлекать к судебной ответственности за выпуск некачественной продукции своих собственных членов и обращаться в суд в случае обнаружения подделок, выпускаемых посторонними лицами.

Все марочные сыры, выпускаемые в продажу, должны иметь отличительный запах, зарегистрированный C.N.A.O.F. во Франции и приблизительно в десяти других странах. Его наличие удостоверяется соблюдением всех правил, связанных с присвоением марочного названия, и проведением полного объема соответствующего контроля.

Процесс эволюции французского законодательства (начинавшийся с момента утверждения Закона 1919 г., носившего весьма общий характер, последним текстом которого, посвященным сырам, явился Декрет от 12 декабря 1973 г.) достиг завершающей стадии.

Это должно позволить сыру сократить значительное отставание, имевшее место по сравнению с защитой на национальном и международном уровнях вин с гарантированным марочным названием.

Появление этого отставания объясняется тем, что виноделы, будучи менее разобщенными и находившиеся в более выгодном положении в силу того факта, что вино напрямую поступает с того или иного виноградника, не проходит, как, например, сыр, через промежуточную стадию обработки на молочнотоварных фермах, сразу после утверждения Закона 1919 г. создали свою национальную организацию, которая приступила к активным действиям более чем за тридцать лет до появления Национального комитета по сыроделию.

Действительно, опыт показывает, что после создания этого органа в отношении всех без исключения марочных сыров произошел значительный прогресс.

Так, статус марочных наименований французских сыров занял прочное положение на национальном уровне. Он определяет продукт, являющийся частью достояния какого-то района или какой-то нации, юридически защищая (как если бы речь шла о людях) его «личность» и его «гражданские права».

Что касается международного уровня, то многое пока еще остается неосуществленным. Главным образом это объясняется тем, что многие страны по-разному подходят к толкованию юридического и практического содержания понятия «марочное наименование».

Защита осуществляется с помощью двусторонних соглашений, сфера действия которых бывает порой весьма ограниченной.

Распространение на марочные названия международных средств защиты путем патентования марок носит эпизодический характер и отличается высокой стоимостью и большой сложностью, связанной с различиями в национальных законодательствах даже касательно тех стран, которые подписали Мадридское соглашение.

Осуществление международной регистрации на основе Лиссабонского соглашения, дополняющего Парижскую Конвенцию*, пока еще не дало конкретных результатов, поскольку, если не считать Франции и Италии, к нему не присоединилось ни одной крупной страны.

Наконец, большие надежды возбудило подписание 1 июня 1951 г. Международной Конвенции в городе Стреза (Италия). Однако после ее ратификации 8 странами ей следуют только 6: Австралия, Дания, Франция, Италия, Голландия и Швейцария; к тому же складывающиеся в настоящее время условия не позволяют надеяться на увеличение количества стран-участниц.

Относительный провал этой Конвенции объясняется главным образом тем, что была сделана попытка навязать странам-участницам единый тип юридической защиты, который не всегда вписывается в рамки национальных законодательств. Объединение обычного правила с написанным следует проводить с большой осторожностью.

Однако, как бы там ни было, каждая страна стремится спасти то, что еще сохранилось (и что с каждым днем все больше сходит на нет) от ее традиционного гастрономического наследия, делая это хотя бы потому, что международная монополизация средств массовой информации влечет за собой международную монополизацию рекламы и разграбление национальных языков.

Законодатели должны как можно быстрее осознать необходимость выработки всеобъемлющих мер, которые гарантировали бы определенным районам и лицам неотъемлемое и неотчуждаемое право на владение марочными названиями, являющимися памятниками их цивилизации и культуры.

Получив такую защиту от прямой или косвенной узурпации своих прав, марочные названия образуют настоящий международный музей быта и гастрономии, открытый для всех людей, разделяющих убеждение, что «судьба нации зависит от того, как они питаются».

---

* La convention de l'Union de Paris.

Перечень французских сыров с зарегистрированным фирменным (марочным) названием (на 31 декабря 1982 г.)

Название сыра	Дата подписания декрета	Дата публикации в Официальном бюллетене Французской Республики
Бофор (Beaufort)	31.03.76	10.04.76
Блё де Кос (Bleu des Causses)	21.05.79	08.06.79
Блё д'Овернь (Bleu d'Auvergne)	07.03.75	21.03.75
Кантал (Cantal)	19.02.90	23.02.80
Салерс (Salers)	26.12.79	04.01.80
Фурм д'Амбер (Fourme d'Ambert)	21.01.76	06.02.76
Сен нектэр (Saint nectaire)	21.05.79	08.06.79
Блё де Жекс (Bleu de Gex)	20.09.77	28.09.77
Бри де Мо (Brie de Meaux)	18.08.80	30.08.80
Бри де Мелен (Brie de Melun)	18.08.80	30.08.80
Шаурс (Chaource)	27.01.77	06.02.77
Контэ (Comté)	30.03.76	13.04.76
Кротен де Шавиньоль (Crotlin de Chavignol)	13.02.76	24.02.76
Лагьоль (Laguiole)	24.06.76	07.07.75
Ливаро (Livarot)	17.12.75	02/03.01.76
Понлёвек (Pont lévêque)	24.05.76	03.06.76
Мароль (Maroilles)	24.05.76	03.06.76
Мюнстер (Munster)	31.05.78	11.06.78
Ншатель (Neufchatel)	11.01.77	21.01.77
Оссо ирати (Ossau iraty)	06.03.80	19.03.80
Пульньи Сен Пьер (Pouligny Saint Pierre)	24.05.76	03.06.76
Роблошон (Reblochon)	22.06.76	28.04.76
Рокфор (Roquefort)	22.10.79	30.10.79
Сель-сюр-Шер (Selles sur Cher)	21.04.75	29.04.75
Вашерен Мон д'Ор (Vacherin Mont d'Or)	24.03.81	28.03.81
Камамбер де Нормандй (Camembert de Normandie)	31.08.83	02.09.83
Пикодон де л'Ардеш (Picodon de la Drôme ou de l'Ardèche)	25.07.83	28.07.83

Глава 28

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРА В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ И РЕГИОНАХ МИРА. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОБМЕНЫ В ОБЛАСТИ СЫРОДЕЛИЯ

А. Эк*

1. Данные о производстве сыра в различных странах и регионах мира

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), объем ежегодного мирового производства сыра из всех видов молока превышает 12 млн т; по оценке на 1985 г. он составил 12 823 млн т.

* A. Eck.

28.1. Производство сыра в 1985 г. (данные ФАО, ноябрь, 1984)

Страны и континенты	Количество, тыс. т	Доля от общего объема мирового производства, %
Европа	6,353	49,5
ЕЭС (9 стран-участниц)	4,112	32,0
Северная Америка	2,980	23,2
США	2,687	20,9
Страны Тихоокеанского бассейна (Япония, Австралия, Новая Зеландия, Новая Каледония)	279	2,1
СССР	1,710	13,4
Страны с рыночной экономикой	8,847	69,0
Развивающиеся страны	1,502	11,7
Франция	1,300	10,1
Производство сыра во Франции, 1984 г., т (по данным Министерства сельского хозяйства Франции)		
Сыр из коровьего молока:	1 190 962	
свежий сыр, потребляемый без созревания	320 679	
мягкий сыр	408 188	
голубой сыр	33 824	
прессуемый сыр	428 271*	
Сыр из козьего молока	29 966	
Сыр из овечьего молока	22 532	
Плавленые сыры	100 593	

* Из которых 230 912 т прессуемых сыров с высокой температурой второго нагревания (эммментальский, грюйер, бофор и др.).

Следует сразу же заметить, что доля Франции в этом объеме составляет 10%: в 1985 г. во Франции было произведено 1 300 000 т сыра*, не считая плавленых сыров.

На протяжении более чем двадцати последних лет объем мирового производства сыра постоянно возрастает: менее чем с 6 млн т в 1961 г. он возрос до 7,6 млн т в 1970–1971 гг. и составил 12,8 млн т в 1985 г. Это означает, что за двадцатилетие этот объем вырос более чем вдвое.

Этот рост происходит параллельно с ростом производства молока. Однако следует отметить также увеличение доли молока, перерабатываемого в сыр: с 15% в 1965 г. она возросла до более чем 30% в наши дни.

Таким образом, речь идет не только об увеличении количества сыропригодного молока, но и о постоянном увеличении объема его переработки сыродельной промышленностью. Совершенно очевидно, что это объясняется определенным давлением со стороны его производителей, но спрос на молоко также возрастает, и сыродельная промышленность играет и продолжает играть свою роль в повышении этого спроса во всех странах мира.

Производство сыра сконцентрировано в довольно небольшом количестве стран, в таблице 28.1 приведены данные, касающиеся объема производства всех видов сыра в 1985 г. с указанием соответствующих количеств (в %) от общего объема производства.

Из представленных в таблице данных следует, что Европа (в географическом смысле этого определения) производит половину, а страны — члены Общего рынка — одну треть общего объема мирового производства сыра. С другой стороны, развитые страны и страны с рыночной экономикой произ-

* Включая фермские сыры (29 000 т). — *Прим. пер.*

водят $^2/_3$ общего объема мирового производства, в то время как их население составляет лишь 15% всего населения планеты.

К наиболее распространенным видам сыра относятся различные сорта группы прессуемых: чеддер, гауда, эмментальский и грюйер*.

Так, доля прессуемых сыров в общем объеме производства составляет, как правило, около 60%. Ситуация несколько по-иному складывается во Франции, где отдается предпочтение мягким сырам по сравнению с другими странами — производителями сыра, но, несмотря на это, и здесь на первом месте остаются прессуемые сыры.

Объем производства свежих сыров, потребляемых без созревания, достигший во Франции заметного уровня (26,9% общего объема сыра, изготовляемого из коровьего молока), постоянно продолжает увеличиваться. Создается впечатление, что увеличение потребления сыра прежде всего связано с этим его видом, и это положение распространяется на большинство стран, производящих этот продукт.

2. Международные обмены в области сыроделия

С точки зрения статистики эти обмены выражаются в общем объеме экспортных поставок и закупок по импорту каждой страны.

В этих условиях (по данным ФАО) в 1984 г. общий объем экспортных поставок сыра составил 1 780 000 т. Напротив, данные, касающиеся импорта сыра в 1984 г., позволяют получить цифру лишь 1 739 000 т.

В этом случае главенствующая роль также принадлежит экономически развитым странам. На их долю приходится не только почти весь объем поставок (95% в 1984 г.), но также и 76% общего объема импорта, что может удивить неискушенного читателя.

Действительно, можно понять и допустить, что отношение между количеством производимых продуктов и населением развитых стран заставляет их становиться экспортерами. При этом совершенно необязательно, чтобы те же самые страны становились также и импортерами сыра.

Тем не менее рассмотрение ситуации, складывающейся, например, между странами — членами ЕЭС, позволяет сказать, что в силу открытия национальных рынков общий рынок этих стран получил гораздо большее развитие, чем торговля с так называемыми странами третьего мира. Поэтому увеличение торгового оборота ЕЭС объясняется прежде всего развитием торговли между странами — членами этой организации.

Это означает, что торговля развитых стран в области сыроделия происходит только между ними самими, и если уровень международного торгового обмена в этой отрасли в целом повысился, то произошло это главным образом благодаря росту торговли именно между этими странами.

При этом, и как это ни странно, именно в течение последних лет произошло значительное увеличение объема импортных закупок сыра развивающимися странами, но их доля все еще продолжает оставаться незначительной (20% общего мирового объема), тогда как европейские страны закупают 60% сыра, предлагаемого на международном рынке.

Рассматривая вопрос с другой точки зрения, следует подчеркнуть большой объем экспортных поставок со стороны таких стран, как Новая Зеландия (поставляющая на внешний рынок 80% своего объема производства сыра) или Голландия (экспортирующая $^2/_3$ производимого в стране сыра). Что касается Франции, то она экспортирует около 25% общего объема своего производства (282 000 т в 1985 г.), импортируя от 70 000 до 80 000 т сыра ежегодно.

Особое положение складывается с развивающимися странами, не имеющими собственной молочной промышленности, со странами, население которых зачастую страдает от недостаточности питания.

---

* Второе место по объему производства (после чеддера) занимает творог — разновидность свежего сыра, изготавливаемого в СССР. — *Прим. ред.*

Может показаться само собой разумеющимся, что в подобной ситуации речь может идти о том, чтобы рекомендовать этим странам закупать молочные продукты, особенно сыр (содержащий меньшее количество воды, чем молоко, готовый к немедленному употреблению и имеющий относительно продолжительный срок хранения) в странах, являющихся его производителями, отличающихся высоким уровнем жизни и располагающих определенными излишками.

По этому поводу авторы считают необходимым обратить внимание читателя на то, что, не говоря о финансовой стороне этого вопроса, не следует забывать, что это может иметь различный политический резонанс.

Возможно, сыр в том виде, в котором он известен в тех или иных развитых странах, не является тем продуктом питания, который более всего подходит для населения, о котором в данном случае идет речь: это объясняется как условиями распределения продуктов питания в таких странах, так и представлением о сыре, существующем у их населения. С другой стороны, совершенно очевидно, что любое правительство стремится к максимальному повышению прибавочной стоимости любого продукта, продаваемого на территории его страны, через участие в его производстве местной промышленности.

В этих условиях оптимальный вариант заключается, по-видимому, в восстановлении или рекомбинировании молока на месте, с его последующей переработкой в тот или иной вид сыра, подобранный с учетом местных условий. Эта технология может быть дополнена развитием молочного животноводства в местных условиях, основой для которого послужит рождение новых потребностей, связанное с появлением свободных средств.

3. Продукты — имитаторы сыра

Выпуск продуктов питания, имитирующий сыр, не является каким-то новым явлением. Действительно известно, что вслед за изобретением маргарина последовал целый ряд работ, цель которых заключалась в возможности изготовления сыра из обезжиренного молока путем внесения в него определенного количества маргариновой эмульсии.

С практической точки зрения использование подобной технологии не представляет особых затруднений. Внесение в обезжиренное молоко растительных жиров в виде эмульсии вполне может быть реализовано с помощью определенных физических стабилизаторов, применение которых в сыроделии, и об этом не следует забывать, находится под запретом.

Можно также изготовлять подобные продукты, имитирующие сыр, из растительных белков и жиров.

Тем не менее, насколько это известно авторам, промышленное применение получили лишь технологии, основанные на обработке смесей обезжиренного молока и растительных жиров.

Так, начиная с 1974 г. в Швеции выпускается margarinost, доля которого в общем объеме производимого в этой стране сыра составляет, по всей вероятности, не более 2%.

Напротив, в США разработка продуктов, имитирующих сыр, достигла уровня массового промышленного производства, поскольку, несмотря на отсутствие каких-либо статистических данных по этому вопросу, считается, что ежегодное производство продукта моццарелла-аналог (mozzarella-analog) составляет 80 000 т, то есть более 20% общего объема производства сыров итальянского типа в США.

Обычно считается, что рост производства этих продуктов идет рука об руку с развитием тенденции к быстрому потреблению пищи: это объясняется разницей в цене между настоящим сыром и продуктом, который его имитирует, а также простотой использования этого продукта в промышленности, занимающейся выпуском готовых к употреблению блюд (благодаря содержащимся в нем стабилизаторам или эмульгаторам). Наконец, это объясняется отсутствием на продукте этикеток, несущих информацию для покупателя, и чрезмерно развитым у потребителя безразличием к действительному составу продукта.

Самым разительным примером в этом плане является появление целой индустрии, посвященной приготовлению пиццы. Результаты наблюдений, проведенных в США за продуктами типа моццареллы-аналога, служат неопровержимым доказательством вышеизложенного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fédération Internationale de Laiterie, 1982. Le marché mondial des fromages, 52 p., Bruxelles.
2. C.N.I.E.L. (Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière), 1986. L'économie laitière en chiffres, Paris.
3. FAO/OAA. Publications statistiques. Rome.

Глава 29

МЕЖДУНАРОДНАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ СЫРОДЕЛИЯ

А. Эк

В начале пятидесятых годов правительства целого ряда стран — членов ООН заявили об необходимости срочной и безотлагательной разработки «правил игры», которые позволили бы определять все необходимые условия для каждого конкретного случая продажи или закупки молочных продуктов (инициатива в принятии решения исходила от представителей молочной промышленности этих стран).

Первоочередная задача, возникшая при разработке данных правил, заключалась в подготовке международного соглашения, которое, во-первых, позволило бы дать определение продукту, называемому молоком, а затем позволило бы определить условия, соблюдение которых дает право называть тот или иной продукт сливочным маслом, сгущенным молоком или сыром, а также позволяет использовать название какого-то молочного продукта в составе наименований сложносоставных продуктов.

Эта идея, родившаяся вначале в рамках Международной молочной федерации, привела к появлению на свет Кодекса принципов ФАО/ВОЗ, касающегося молока и молочных продуктов (Молочного кодекса) [1], который впоследствии был использован в качестве приложения к кодексу законов о пище (Кодекс Алиментариус), разработанному теми же международными организациями ООН (ФАО и ВОЗ).

По своей сути Молочный кодекс является своеобразной программой, под которой могут поставить свои подписи все разделяющие ее государства.

Факт подписания программы означает, что правительства этих государств обязуются, если возникает такая необходимость, вносить изменения в свои собственные законодательства с целью приведения их в соответствие с положениями Кодекса.

Практика быстро доказала как недостаточность этой системы, так и необходимость внесения уточнений в отношении, например, минимального содержания жира в сливочном масле, минимального содержания сухого вещества в сгущенном молоке или в отношении разрешаемых к использованию пищевых добавок.

Это заставило правительства приступить к разработке стандартов на продукты питания (так называемых общих стандартов), вошедших затем в виде приложений в состав самого Кодекса (стандарты А1, А2 и т. д.).

Так, в настоящее время существуют общий стандарт, касающийся сыра (А6), а также стандарты для плавленых сыров (А8а, А8b, А8с), применяющиеся в зависимости от вида выпускаемой продукции.

Текст стандарта А6 приведен в приложении к настоящей книге. Для того чтобы читатель мог лучше понять некоторые аспекты этого стандарта, авторы считают целесообразным выступать со следующими замечаниями.

Определяющую роль в работе, начавшейся в 1950 г., сыграл вопрос, касавшийся этикетирования сыра и, в частности, указания его жирности (содержания жира в сухом веществе). Дело в том, что молочная промышленность всегда стремилась уклониться от обязанности сообщать содержание жира, когда последнее начинает превышать определенный уровень (например, 45%) или когда речь идет о сыре, производимом в соответствии с особыми требованиями (во Франции это относится к марочным сырам).

Однако существует целый ряд хорошо известных видов сыра с жирностью ниже 45%, которую тем не менее следовало бы сообщать, несмотря на то, что это сообщение (по крайней мере, в указанный период) могло вызвать негативную реакцию у потребителя.

Окольный путь был найден с помощью формулировки, данной § 4.1.3в стандарта А6. Следствием этого стало появление индивидуальных и групповых стандартов для сыров, экономическая ценность которых приобрела действительное значение лишь в рамках какой-то группы продуктов, например, голубых сыров [3] или очень твердых терочных сыров (стандарт С35) [4].

Это привело к тому, что в настоящее время имеется 35 индивидуальных стандартов, касающихся сыра [5].

Понятие индивидуального стандарта, как это видно из § 3 стандарта А6, позволило решить проблему пищевых добавок.

По мере развития международных обменов в области сыроделия и, как ни странно, после того, как многие фирмы приступили к производству и продаже сыров, не имеющих точного определения и предлагаемых потребителю под вымышленными названиями, рядом с которыми, разумеется, ставилось слово «сыр», таможенные службы всех стран начали требовать, чтобы в случае пересечения границы их государств такого рода продуктами в их распоряжение немедленно представлялись сведения, позволяющие относить эти продукты к соответствующим категориям товаров, обрабатываемых таможней.

Кроме этого, представляется нелишним сообщать потребителю сведения о предлагаемом ему сыре, с которым он, возможно, встречается впервые.

Эти соображения привели к разработке положения (§ 4.1.2 и 4.1.3а стандарта А6), делающего обязательным (за исключением случаев, когда продукт изготовлен в соответствии с каким-то индивидуальным стандартом или отвечает определению, действующему в данной стране) сообщение основных потребительских свойств продукта в соответствии с требованиями таблицы, прилагаемой к тексту стандарта.

Возникающее в этом случае затруднение объясняется невозможностью установления математических границ для свойств, связанных с консистенцией продукта (мягкий сыр, полумягкий сыр и т. д.), а также отсутствием достаточной корреляции между консистенцией (содержанием воды в обезжиренном сыре).

Это ясно следует из рассмотрения результатов работы, проведенной Международной молочной федерацией [6], и служит объяснением существования наложения между различными классами продукта.

Авторы обращают внимание читателя также и на тот факт, что количество стран, принявших общий стандарт А6, то есть принявших на себя обязательство включить его в свод своих законов, относительно невелико.

Тем не менее они считают возможным заявить, что фактически этот стандарт получил всеобщее признание, если не считать того его положения, в котором говорится об определении сыра, выпускаемого в продажу без присвоения ему общепринятого наименования.

Кстати, здесь мы приближаемся к границе, если таковая существует, между настоящим сыром и его подделками. К счастью, пока еще не угас дух, вдохновивший авторов Молочного кодекса на то, чтобы запретить называть сыром продукт, в котором одна из составных частей молока была заменена ингредиентом иного происхождения, дух, подчиняющий изготовителя и продукт жестким рамкам закона. Но кто знает, какие изменения произойдут в этом вопросе к концу двадцатого века?

ЛИТЕРАТУРА

1. FAO/OMS, 1973. Code de Principes concernant le lait et les produits laitiers. CAC M/1, 137 p.

2. FAO/OMS, 1978. Comité mixte FAO/OMS d'experts gouvernementaux sur le Code de Principes concernant le lait et les produits laitiers. Rapport de la 19ème session, CX 5/70, 31—40.

3. FAO/OMS, 1973. Norme internationale pour certains fromages persillés. Comité mixte FAO/OMS d'experts gouvernementaux sur le Code de Principes concernant le lait et les produits laitiers. Rapport de la 16ème session, 39—41.

4. FAO/OMS, 1978. Fromage à pâte extradure à râper. CX 5/70, 41—42.

5. FAO/OMS, 1972. Normes internationales recommandées pour les fromages. CAC/Cl, C25, 156 p.
   1973. Pour le camembert: Rapport de la 16ème session.
   1973. Pour le brie: Rapport de la 16ème session.

6. F.I.L., 1980. Catalogue des fromages. Doc 141, 40 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ

CX 5/70—19-я сессия — Стандарт A—6
Приложение II — Этап 6

Предлагается правительствам для рассмотрения и утверждения

Общий стандарт, рекомендуемый для сыра

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий Стандарт распространяется на все продукты, отвечающие определению сыра, данному в § 2 Стандарта, включая виды сыра, для которых были разработаны индивидуальные или групповые стандарты. При условии соблюдения положений настоящего Стандарта стандарты, касающиеся отдельных видов или групп видов сыра, могут содержать особые положения, отличающиеся от предусмотренных в настоящем Стандарте. В этом случае эти особые положения распространяются лишь на указанные отдельные виды или группы видов сыра. Настоящий Стандарт не распространяется на сыры, изготовляемые из молочной сыворотки.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Сыр представляет собой свежий или прошедший созревание продукт твердой или полутвердой консистенции, получаемый:

а) путем свертывания, отдельно или в виде смеси, молока, обезжиренного молока, частично обезжиренного молока, сливок, сливок, содержащихся в молочной сыворотке или пахте, с помощью воздействия сычужного фермента или других молокосвертывающих препаратов с последующим частичным удалением молочной сыворотки, образующейся в результате этого свертывания;

б) с использованием технологий производства, обеспечивающих свертывание молока и/или веществ, являющихся его производными, с целью получения готового продукта, основные физические, химические и органолептические характеристики которого идентичны характеристикам продукта, определенного в п. а.

3. ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ

3.1. АРОМАТИЗАТОРЫ

В случае сыров, являющихся предметом индивидуального или группового международного стандарта, допускается использование только тех пищевых добавок, которые предусмотрены положениями указанного стандар-

та. Естественные ароматизаторы, не входящие в состав молока, например пряности, могут вноситься лишь в таких количествах, которые позволяют рассматривать их только как ароматизаторы, при условии, что их внесение не производится с целью замены одной из составных частей молока и что сыр остается основным составным элементом продукта.

3.2. ДРУГИЕ ДОБАВКИ

В случае сыров, не являющихся предметом индивидуального или группового международного стандарта, допускается использование только тех добавок, которые технологически необходимы и использование которых разрешено положениями индивидуального или группового стандарта, применяемого в отношении аналогичного вида сыра, в соответствии с классификацией, приведенной в приложении, или в отсутствие такового в отношении любого вида сыра с максимально приближающимися к рассматриваемым сырам характеристиками.

4. ЭТИКЕТИРОВАНИЕ

Помимо разделов 1, 2, 4 и 6 Общего международного стандарта, рекомендованного для этикетирования фасованных пищевых продуктов (CAC/RS 1—1969), действуют следующие особые положения.

4.1. НАИМЕНОВАНИЕ ПРОДУКТА

4.1.1. Все продукты, носящие наименование «сыр» и название одной из разновидностей сыра, должны отвечать требованиям настоящего Стандарта.

4.1.2. Продукты, отвечающие требованиям настоящего Стандарта, обозначаются наименованием «сыр» и названием разновидности сыра или оригинальным названием, если таковое существует; однако, если сыр является предметом индивидуального или группового стандарта или если его определение основано на положениях какого-то национального законодательства, допускается требовать от него наличия только его специфического названия.

4.1.3. Наименование должно сопровождаться сообщением, содержащим:

а) соответствующее название (в соответствии с классификацией сыров, прилагаемой к настоящему Стандарту);

б) указание минимального содержания жира в сухом веществе и (или) содержания жира, выраженного в проценте массы; однако такое сообщение необязательно в странах, где производится розничная продажа этого сыра, при условии, что:

1) этот сыр — предмет индивидуального или группового международного стандарта

или

2) его состав определяется национальным законодательством.

4.1.4. В случаях, когда для изготовления продукта используется только другое молоко, помимо коровьего, непосредственно перед наименованием продукта или сразу после него должны следовать одно или несколько слов, обозначающих животного, от которого получено это молоко; в случае использования смеси из различных видов молока их следует указывать в порядке убывания из количественного содержания. Это указание необязательно, если его отсутствие не создает риска введения потребителя в заблуждение.

4.1.5. Внесение пряностей или других ароматизаторов должно сообщаться во всех случаях, за исключением тех, когда присутствие этих веществ является традиционной особенностью продукта.

4.2. ИНГРЕДИЕНТЫ

Присутствие в продукте иных ингредиентов, помимо получаемых из молока, культур молочнокислых заквасок, сычужного препарата и молокосвертывающих ферментов, должно сообщаться на этикетке в порядке убывания их количественного содержания.

4.3. МАССА НЕТТО

Масса нетто должна указываться в метрической системе единиц [в единицах Международной системы единиц (СИ)] или в единицах системы, принятой в англосаксонских странах*, а также с помощью обеих этих систем в зависимости от положений, действующих в той стране, где производится продажа сыра.

4.4. НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИЗГОТОВИТЕЛЯ

На этикетке продукта должны быть указаны: название и адрес фирмы-изготовителя, упаковщика, распределителя, импортеров, экспортера или продавца продукта.

4.5. СТРАНА-ИЗГОТОВИТЕЛЬ

Страна — изготовитель сыра должна указываться в случаях, когда отсутствие этого указания может ввести потребителя в заблуждение. В частности, сыры, носящие название какой-то разновидности, но изготовленные в другой стране, не являющейся местом происхождения этой разновидности, должны нести название страны-изготовителя, даже если их реализация осуществляется только на внутреннем рынке этой страны.

4.6. ОБОЗНАЧЕНИЕ ПАРТИИ ПРОДУКТА

На этикетке продукта должны быть поставлены номер партии и сведения, позволяющие определять изготовителя и дату изготовления продукта.

4.7. СЫР, ИЗГОТОВЛЯЕМЫЙ ИЗ РЕКОМБИНИРОВАННОГО ИЛИ ВОССТАНОВЛЕННОГО МОЛОКА

Сыры, отвечающие требованиям настоящего Стандарта и изготовленные из обезжиренного, частично обезжиренного молока или сливок (рекомбинированных или восстановленных), могут носить название «сыр» при условии, что на видном месте на этикетке будет указано «Изготовлен из рекомбинированного (X)» или «Изготовлен из восстановленного (X)», где X в зависимости от каждого конкретного случая может обозначать молоко, обезжиренное молоко, частично обезжиренное молоко или сливки. Такой способ

---

* Система мер и весов, принятая в англосаксонских странах в отношении всех товаров, за исключением драгоценных металлов, драгоценных камней и медицинских препаратов. — *Прим. пер.*

этикетирования не должен распространяться на восстановленное обезжиренное молоко, используемое для приготовления заквасок или нормализации отношения между содержаниями жира и казеина.

4.8. ДАТИРОВКА

На этикетке должен быть ясно указан минимальный срок хранения для:

а) свежего сыра, упаковка которого осуществляется изготовителем;

б) зрелого сыра, фасованного на индивидуальные порции, ломти, или натертого сыра.

Датировка целых головок сыра во время созревания необязательна.

4.9. ПОСТАВКА СЫРА БЕЗ ТАРЫ

В случае, если речь идет о сырах, поставляемых без тары, данные, указанные в §§ 4.1—4.7, должны наноситься на каждую головку сыра или вноситься в отгрузочную документацию.

5. МЕТОДИКА ОТБОРА ПРОБ И АНАЛИЗА

5.1. ОТБОР ПРОБ

Отбор проб производится в соответствии со стандартом ФАО/ВОЗ № В-1 «Стандартные методы отбора проб молока и молочных продуктов», §§ 2 и 7.

5.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИРНОСТИ

Определение жирности проводится в соответствии с требованиями стандарта ФАО/ВОЗ № В-3 «Определение жирности сыра и плавленых сыров».

5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУХОГО ВЕЩЕСТВА

Определение содержания сухого вещества проводится в соответствии с требованиями стандарта ФАО/ВОЗ № В (стандарт подлежит разработке).

Дополнение

Терминология, используемая для классификации сыра

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ

1.1. Зрелый сыр. Сыр, не готовый к употреблению в пищу непосредственно после изготовления и подлежащий выдержке в течение определенного времени при температуре и в условиях, обеспечивающих протекание характерных для этого вида сыра биохимических и физических изменений.

1.2. Сыр, созревающий с участием плесневых микроорганизмов. Зрелый сыр, созревание которого происходит главным образом за счет развития характерных для этого вида сыра плесневых микроорганизмов в его массе и (или) на его поверхности.

1.3. Свежий сыр или сыр, потребляемый без созревания. Сыр, готовый к потреблению почти сразу после изготовления.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ СЫРА ПО КОНСИСТЕНЦИИ СЫРНОГО ТЕСТА, ЖИРНОСТИ И ОСНОВНЫМ ПАРАМЕТРАМ ПРОЦЕССА СОЗРЕВАНИЯ

Приведенная ниже классификация распространяется на все виды сыра, являющиеся предметом настоящего Стандарта. При этом не исключается присутствие более точных данных в индивидуальных стандартах на отдельные виды сыра.

Формула I		Формула II		Формула III
ВОСВ (массовая доля влаги в обезжиренном сухом веществе)*		ЖСВ (массовая доля жира в сухом веществе)**		Наименование в соответствии с основными параметрами созревания
Первая часть наименования:		Вторая часть наименования:		
<51	Терочный	>60 A	Полножирный	1. Созревающий: а) главным образом на поверхности; б) главным образом в массе
49—56	Твердый	45—60 B	Жирный	
54—63	Полутвердый	25—45 C	Полужирный	
61—69	Полумягкий	10—25 D	Нежирный	
>67	Мягкий	<10 E	Обезжиренный	2. Созревающий с участием плесеней: а) главным образом на поверхности; б) главным образом в массе 3. Свежий сыр

* ВОСВ — массовая доля влаги в обезжиренном сухом веществе:

$$\frac{\text{Масса влаги}}{\text{Общая масса сыра—Масса сыра}} \cdot 100.$$

** ЖСВ — массовая доля жира в сухом веществе:

$$\frac{\text{Масса жира}}{\text{Общая масса сыра—Масса влаги}} \cdot 100.$$

Пример:

Сыр с ВОСВ=57% и ЖСВ=53%.

Режим созревания идентичен режиму созревания сыра рокфор.

Наименование сыра:		
Полутвердый (Формула I)	Жирный (Формула II)	Голубой (Формула III)

Автомат программируемый 420
Автоматизация 417, 420
Агглютинины 106, 127
Аденин 126
Адсорбция 41
Активность
— воды (a_w) 42, 51—54, 71, 275, 435
— протеолитическая 238
— сычужного фермента 97
Алпма (технология) 381
Алюминий 321
Аминокислоты 70, 86, 90—93, 303, 306, 449, 451—452
Амины 302, 456
Аммиак 91, 280
Анализ сенсорный 441
Антибиотики 128, 455
Аромат сыра 303
Атеросклероз 456
Аспергиллус (плесневой гриб) 267
Атмосфера сыроподвалов при созревании сыра 279

Бактерии
— мезофильные 226
— молочнокислые 103, 165
— патогенные 431, 455
— пропионовокислые 241
— психротрофные 122
— термофильные 225
— токсиногенные 433
Бактериофаги 113
Бактоотделение 168
Бактофугирование 167
Белки 11, 88, 147, 448
— растворимые 144
— сывороточные 149
Блё де Жекс (сорт сыра) 464
Блё де Кос (сорт сыра) 464
Блё де Лакёй (сорт сыра) 219
Ботулизм 436
Бофор (сорт сыра) 226, 247
Бри де Мелен (сорт сыра) 464
Бри де Мо (сорт сыра) 464
Брожение
— молочнокислое 103
— пропионовокислое 77, 173
Броччо (сорт сыра) 230
Бруцелла 120
Бумага упаковочная 323
Бутанол 307

«Валднер» (технология) 381
Ванна сыродельная 32, 385
— закрытая 384
— открытая 384
Вашерен Мон д'Ор (сорт сыра) 464
Вещество сухое 188
Вискозиметр 131—132
Витамины 448
Вкус (горький, затхлый, кислый, прогорклый, сладкий, соленый и др.) 444
Вода 235
— свободная 50
— связанная 41, 45—49
Время схватывания 195
Время флокуляции 37
Вспучивание
— позднее 261
— раннее 260
Вторичная фаза свертывания молока 23
Выделение сыворотки 34, 182
Вязкость 44, 193—194

Газ углекислый 338—339
Гауда (сорт сыра) 56, 81
Гель 184, 196
«Герен» (технологическая линия) 380
Гликомакропептид (см. Казеномакропептид)
Гомогенизация молока 140
Горгонзола (сорт сыра) 208
Грана (сорт сыра) 226
Грюйер (сорт сыра) 227
Грюйер де контэ (сорт сыра) 226, 227

Дезинфекция 403
Десорбция 41
Деминерализация (сгустка) 28, 214

«Жабья шкура» (порок) 265
Жир 79
Жюра (сорт сыра) 226

Закваски 103, 116
— грибковые 257
— из чистых культур 109
Замораживание 235
— сгустка 234
— сырного теста 235
Запах керосина 308
Зерно сырное 186
— с неоднородной структурой 190

Изоэлектрическая точка (казеина) 21
Интоксикация 432
Ионизация 21

Казеин 48, 132
— α_s-казеин 11, 12
— β-казеин 11, 12
Казеинат 148
Казеномакропептид 48
Казеины α_{s1}, α_{s2} 11, 12
Кальций растворимый 145
Камамбер (сорт сыра) 242, 305
Камамбер де Нормандии (сорт сыра) 464
Каматик (технология) 382
Кантал (сорт сыра) 223, 464
Карре де л'эст (сорт сыра) 206
Картье (технология) 382
Качкавала (сорт сыра) 228
Кетоны 305
Кислород 313
Кислота
— аскорбиновая 237
— глутаминовая 11
— лимонная 350
— масляная 82
— молочная 77
— муравьиная 82
— уксусная 82
Кислоты жирные свободные 82, 83, 236
Клещи сырные 328
Коагулят 184
Колориметрия 299
Контэ (сорт сыра) 247
Конвейер 413
Кондиционирование воздуха 394
«Корблен» (технологическая линия) 379
Корка сырная мытая 306
Коррозия 405
«Кошачья шерсть» (порок) 265
Коэффициент a_w 275
Кротен де Шавиньоль (сорт сыра) 464
Крышка (упаковки) 321
Куттер (резательная машина) 348

Лаг-фаза 113
Лагьоль (сорт сыра) 244
Лактаза 167
Лактат 79
Лактопероксидаза 127
Лангр (сорт сыра) 212
Ливаро (сорт сыра) 464
Лизогения 114
Лизоцим (мурамидаза) 173
Липазы 64, 69
Липолиз 80—82, 305

Мароль (сорт сыра) 464
Маститы 135, 136
Материалы упаковочные 334
Метантиол 307
Метилкетоны 305
Метионин 304
Микотоксины 455
Минерализация сгустка 28
Мицелла казеина 11, 17
Мойка 397
Молоко
«быстрое» 136
восстановленное (рекомбинированное) 359
— сырое 224
Моццарелла (сорт сыра) 82, 228
Мюнстер (сорт сыра) 464

Натрий 449, 457
Невшатель (сорт сыра) 464
Низин 176
Низиностойкость 177
Нитраты 172
Нитриты 173

Обработка
— тепловая 35, 129, 147, 228
— упаковочных материалов (фунгицидная) 317, 327
Оссо прати (сорт сыра) 464
Охлаждение молока (на фермской молочной) 155

Параказеин 49
Парафинирование 328
Пармезан (сорт сыра) 56, 226
Пастеризация молока 433
— сыра 342
pH 271
Пенетрометр 196
Пепсин 100
Первичная фаза свертывания молока 23
Переворачивание 412

Пикодон (сорт сыра) 464
Плавление 228, 345
Плесени 70, 252
Поплёвек (сорт сыра) 464
Пористость 195
Пороки 266
— вкуса 260, 263
— запаха 307
Посолка 40, 56
— в рассоле 59
Пресс сырный 386
— кассетный 387
Привкус 444
— аммиачный 444
— грибной 308
— жирных кислот 444
— капустный 444
— картофельный 308
— кошачьей мочи 308
— маслянокислый 308
— металлический 308
— мыльный 444
— ореховый 444
— подвала 444
— растительный 444
— салистый 444
— сена 444
— серы 444
— сладкий 444
— сладковатый 444
— травы 444
— цветочный 444
— целлулоида 308
Приемлемость сыра (организмом человека) 451
Проволоне (сорт сыра) 210, 228
Прогнозирование выхода сыра 426
Программирование 417
Продолжительность свертывания молока по Берриджу 195
Пролин 11, 306
Проницаемость 195
Протеазы 64, 89, 167

Разрезка сгустка 434
Рассол 59—60
Реблошон (сорт сыра) 206
Рокфор (сорт сыра) 221, 245, 464

Салерс (сорт сыра) 464
Сальмонелла 436
Сбринц (сорт сыра) 226
Свертывание молока 130, 131, 158, 193
Свойства сыра реологические 35, 159, 293
Сгусток 30, 31, 233
Сель-сюр-Шер (сорт сыра) 464
Сен-марселен (сорт сыра) 212
Сен-нектэр (сорт сыра) 464
Сен-полэн (сорт сыра) 56
«Сентри-Вей» (технология) 150
Сен-флорантен (сорт сыра) 212
Симбиоз 165
Синерезис 32, 44
Созревание молока 122, 163, 164
— сыра 50, 62—63, 270, 284
Соли-плавители 350
Средства дезинфицирующие 397
Стафилококки патогенные 120
«Стэн-Ютэн 13» (технология) 365
Стрептококки 220, 240
Сументрен (сорт сыра) 212
Сыр
— ароматизированный 229
— бескорковый 286, 287
— голубой 219, 245, 304
— мягкий 214, 215
— с высокой температурой второго нагревания 224, 285
— с мытой коркой 306
— с чеддеризацией и плавлением 228
— плавленый 345
— потребляемый без созревания 205
— прессуемый 221, 246, 285
— фасованный на заводе 227
Сыроподвал 392

Тара внешняя 332
Тележка с подъемником 414
Температура 73, 142, 276
Термизация 162
Тесто сырное 235
Технология MMV 152
Тиоцианат 127
Тирозин 11
Токсикоинфекция 433
Транспортировка 413

Ультрафильтрат 428—429
Ультрафильтрация 152, 428—429

Фасовка 333—340
Фермент сычужный 22, 97
Ферменты
— липолитические 124
— микробного происхождения 67, 124
— молокосвертывающие 22—23, 66
— протеолитические 68
Фета (сорт сыра) 229, 307
Фильтр Берже 372
Флокуляция 38
Флора
— дрожжевая 248
— молочнокислая 125
Формальдегид 176
Формование 370
Фосфатаза 65

Химозин 98

Цвет сыра 299, 300
Ценность пищевая 449
Центрифугирование 373
Цистин 11
Цитрат 345, 350

Чеддер (сорт сыра) 223, 242, 303
Чеддеризация 228

Шаурс (сорт сыра) 212
«Шулембург» (технология) 372

Эдамский (сорт сыра) 56
Эмментальский (сорт сыра) 56, 82, 246
Энтеротоксины 432, 436
Эпуас (сорт сыра) 212
Этанол 83

Ярлберг (сорт сыра) 223

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к русскому изданию 5

Предисловие к французскому изданию 8

Часть I

ОБЩИЕ МЕХАНИЗМЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ МОЛОКА В СЫР

Глава 1. СВЕРТЫВАНИЕ МОЛОКА. *Ж. Брюль, Ж. Ленуар* . . 10

Введение 10

1. **Мицелла казеина** 11
1.1. Состав и свойства 11
1.2. Характеристика составных частей мицеллы казеина . . . 11
1.2.1. Белки 11
1.2.1.1. Состав и химическая структура 11
1.2.1.2. Свойства 14
1.2.2. Неорганические составные части казеиновой мицеллы . . 16
1.3. Мицеллярная структура 16
1.3.1. Образование казеиновой мицеллы 16
1.3.2. Строение казеиновой мицеллы 17
1.4. Динамический характер казеиновой мицеллы 19
1.5. Устойчивость мицеллы казеина 20

2. **Механизмы свертывания молока** 20
2.1. Кислотное свертывание молока 21
2.1.1. Механизм кислотного свертывания молока 21
2.1.2. Факторы, определяющие кислотное свертывание молока . . 22
2.2. Свертывание молока с помощью молокосвертывающих ферментов 22
2.2.1. Механизм сычужного свертывания 23
2.2.1.1. Ферментативная фаза 23
2.2.1.2. Фаза коагуляции 23
2.2.2. Факторы, определяющие сычужное свертывание 25
Литература 27

Глава 2. ВЫДЕЛЕНИЕ СЫВОРОТКИ ИЗ СГУСТКА. *Ф. Вебэр*

1. **Определение и цель** 28

2. **Механизмы выделения сыворотки** 29
2.1. Выделение сыворотки из сгустка, полученного с помощью молокосвертывающих ферментов 29
2.2. Выделение сыворотки из сгустка, полученного путем кислотного свертывания 30
2.3. Выделение сыворотки из сычужно-кислотного сгустка . . 30

2.4. Жидкая фаза сырного сгустка 31

3. **Теория процесса выделения сыворотки** 32
3.1. Выделение сыворотки в сыродельной ванне без отливания 32
3.2. Выделение сыворотки в процессе формования [40] . . . 33

4. **Факторы, влияющие на выделение сыворотки из сгустка** . . 34

5. **Факторы, непосредственно влияющие на выделение сыворотки из сгустка** 35
5.1. Тепловая обработка сгустка 35
5.2. Механическая обработка сгустка 35
6. **Косвенные факторы** 37

7. **Факторы, связанные с индивидуальными особенностями молока** 38
Литература 39

Глава 3. АКТИВНОСТЬ ВОДЫ В СЫРЕ И ПОСОЛКА. *Ж. Арди* 40

1. **Связанная (адсорбционная) вода сыра** 41
1.1. Определение и измерение 41
1.2. Структура воды, содержащейся в пищевых продуктах . . 42
1.2.1. Взаимодействие воды с растворенными веществами . . 42
1.2.2. Взаимодействие воды с макромолекулами 44
1.3. Вода, связанная с составными частями молока 45
1.4. Параметры, определяющие содержание связанной воды в сыре 48
1.4.1. Обработка молока 48
1.4.1.1. Вода, связанная казеином 48
1.4.1.2. Вода, связанная сывороточными белками 49
1.4.1.3. Вода, образующая соединения с лактозой и минеральными веществами сыра 49
1.4.1.4. Вода, связанная с оболочкой жировых шариков и фосфолипидами 49
1.4.2. Выделение сыворотки из сгустка, посолка и созревание сыра 50

2. **Активность воды сыра** 51
2.1. Определение и измерение активности воды, содержащейся в сыре 51
2.2. Роль активности воды, содержащейся в пищевых продуктах 53
2.2.1. Показатель a_w и развитие микроорганизмов 53
2.2.2. Показатель a_w, химические и биохимические реакции . . 54
2.2.3. Влияние a_w на физические свойства продуктов питания . . 54
2.3. Изменение активности воды, содержащейся в сыре . . . 56

3. **Посолка сыров** 56
3.1. Содержание соли в сыре. Назначение посолки 57
3.2. Механизмы диффузии соли и кинетика ее поглощения продуктом 58
3.3. Потеря сырной влаги, вызываемая посолкой 58
3.4. Миграция соли и уравновешивание ее содержания в сырной массе во время созревания сыра 59
3.5. Рассолы, используемые для посолки сыров 60
Литература 62

Глава 4. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И БИОХИМИЯ СОЗРЕВАНИЯ СЫРА. *К. Шуази, М. Демазэ, Ж. К. Грипен, Ж. Ламберэ, Ж. Ленуар, К. Туркер** 62

1. **Созревание сыра — сложный биохимический процесс** . . . 63

2. **Агенты, обусловливающие созревание сыра** 64
2.1. Ферменты молока 64
2.1.1. Липаза 64
2.1.2. Протеазы 65
2.1.3. Другие ферменты молока 65

2.2. Молокосвертывающие ферменты 66
2.2.1. Количества молокосвертывающих ферментов, остающиеся в сгустках 66
2.2.2. Стабильность действия сычужного фермента во время созревания сыра 67
2.2.3. Исследование действия сычужного фермента на различные фракции казеинового комплекса 67
2.3. Микроорганизмы и их ферменты 67
2.3.1. Протеолитические ферменты 68
2.3.1.1. Ферменты молочнокислых бактерий 68
2.3.1.2. Ферменты других бактерий 68
2.3.1.3. Ферменты дрожжей 69
2.3.1.4. Ферменты плесеней 69
2.3.2. Липазы 69
2.3.2.1. Липазы бактериального происхождения 69
2.3.2.2. Липазы дрожжей и плесеней 70
2.3.3. Ферменты, расщепляющие аминокислоты 70
2.3.4. Ферменты, оказывающие воздействие на жирные кислоты 70

3. Факторы, определяющие созревание сыра 71
3.1. Вентиляция и состав воздуха в сыроохранилищах 71
3.2. Активность воды 71
3.3. Температура 73
3.4. Показатель pH 75

4. Изменения, происходящие в составных частях сырного теста в процессе созревания 77
4.1. Сбраживание молочного сахара и расщепление молочной кислоты 77
4.1.1. Основные пути расщепления молочного сахара 77
4.1.2. Эволюция молочного сахара и основных продуктов его расщепления в некоторых видах сыра 78
4.2. Гидролиз жира и превращения жирных кислот 79
4.2.1. Состав молочного жира 79
4.2.1.1. Состав и структура триглицеридов 79
4.2.1.2. Физико-химическая структура молочного жира 79
4.2.2. Липолиз 80
4.2.2.1. Общие сведения о механизме липолиза 80
4.2.2.2. Степень липолиза в основных видах сыра 81
4.2.2.3. Характеристики свободных жирных кислот 82
4.2.2.4. Основные факторы липолиза 83
4.2.3. Трансформации, происходящие с жирными кислотами . . 83
4.2.4. Влияние липолиза на органолептические свойства сыра . . 84
4.3. Расщепление белков и трансформации аминокислот . . . 86
4.3.1. Природа и степень интенсивности протеолиза в сыре . . 86
4.3.1.1. Используемые методы анализа 86
4.3.1.2. Эволюция различных фракций азотистых соединений в некоторых сырах 87
4.3.2. Общие механизмы расщепления белков 88
4.3.3. Расщепление аминокислот 90
4.3.3.1. Явления, происходящие в процессе расщепления аминокислот 90
4.3.3.2. Общие механизмы расщепления аминокислот 90
4.3.4. Влияние расщепления белков и аминокислот на органолептические свойства сыра 92
Литература 93

Часть II

ПРИГОТОВЛЕНИЕ СГУСТКА

Глава 5. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ 97

1. Сычужный фермент и другие молокосвертывающие ферменты *Ж.-П. Гамэ* 97

1.1. Сычужный фермент 97
1.1.1. Происхождение 97
1.1.2. Приготовление сычужного фермента 97
1.1.3. Свойства сычужного фермента 98
1.2. Другие молокосвертывающие ферменты 98
1.2.1. Заменители сычужного фермента животного происхождения 99
1.2.2. Заменители сычужного фермента растительного происхождения 100
1.2.3. Заменители сычужного фермента микробного происхождения 101

2. Молочнокислые закваски 103
2.1. Молочнокислые закваски и бактерии молочнокислого брожения. *К. Шуази* 103
2.1.2. Молочнокислые бактерии 104
2.1.2.1. Определение 104
2.1.2.2. Классификация молочнокислых бактерий 104
2.1.2.3. Основные свойства молочнокислых бактерий 104
2.1.3. Основные виды заквасок и их состав 109
2.1.4. Приготовление заквасок 110
2.1.5. Хранение и обеспечение сохранности штаммов заквасок . . 112
2.2. Бактериофаги. *М.-К. Шопен* 112
2.2.1. Основные характеристики фагов 113
2.2.1.1. Морфология 113
2.2.1.2. Цикл размножения бактериофагов 113
2.2.1.3. Лизогения 114
2.2.1.4. Чувствительность бактериофагов по отношению к различным физическим и химическим факторам 114
2.2.1.5. Обнаружение и определение количественного содержания бактериофагов 114
2.2.2. Источники загрязнения бактериофагами на сыродельных заводах 115
2.2.3. Средства защиты от бактериофагов 115
2.2.3.1. Защита заквасок от заражения бактериофагами . . . 115
2.2.3.2. Выбор закваски 116
Литература 117

Глава 6. СОСТАВ И СВОЙСТВА МОЛОКА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В СЫРОДЕЛИИ 119

1. Микрофлора свежевыдоенного молока, предназначенного для производства сыра. *Ж. Ришар, Ж. Оклер* 119
1.1. Основные группы микроорганизмов, представляющие интерес для сыроделия 119
1.2. Происхождение микроорганизмов, содержащихся в свежевыдоенном молоке 120
1.3. Развитие микроорганизмов в свежевыдоенном молоке . . 122
1.4. Ферменты психротрофных бактерий и их роль в сыроделии 124

2. Пригодность молока к развитию молочнокислой флоры. *Ж. Оклер* 125
2.1. Факторы, способствующие размножению молочнокислых бактерий в молоке 126
2.2. Бактерицидные вещества, содержащиеся в сыром молоке 127
2.2.1. Система лактопероксидаза — тиоцианат 127
2.2.2. Агглютинины 127
2.2.3. Другие бактерицидные вещества, содержащиеся в молоке 128
2.3. Антибиотики-антисептики 128
2.4. Влияние тепловой обработки на развитие молочнокислых бактерий 129

3. Способность молока к сычужному свертыванию. *Ж. Ленуар, Н. Шнайд* 130
3.1. Параметры, определяющие способность молока к сычужному

свертыванию . . . 131
3.2. Факторы свертывания молока, определяемые его индивидуальными особенностями . . . 132
3.2.1. Роль концентрации казеинов . . . 132
3.2.2. Влияние концентрации кальция и коллоидного фосфата кальция . . . 133
3.2.3. Влияние размеров мицелл казеина . . . 134
3.3. Связь между составом молока и его поведением по отношению к сычужному ферменту . . . 135
3.3.1. Маститное молоко . . . 136
3.3.2. «Медленное» и «быстрое» молоко . . . 136
3.3.3. Общая характеристика способности молока к сычужному свертыванию . . . 137
3.4. Роль предварительной технологической обработки . . . 139
3.4.1. Концентрирование молока . . . 139
3.4.2. Гомогенизация молока . . . 140

4. Подготовка молока . . . 142
4.1. Тепловая обработка молока. *Ж. Эрмье, О. Сэр* . . . 142
4.1.1. Влияние тепловой обработки молока на содержащиеся в нем микроорганизмы . . . 142
4.1.1.1. Законы уничтожения микроорганизмов под действием высоких температур . . . 142
4.1.1.2. Воздействие нагревания на различные группы микроорганизмов . . . 143
4.1.2. Изменение составных частей молока при нагревании . . . 144
4.1.2.1. Растворимые белки . . . 144
4.1.2.2. Содержание растворимого кальция . . . 145
4.1.3. Влияние тепловой обработки на проведение технологических операций . . . 145
4.1.4. Тепловая обработка молока при температурах выше 100 °С 147
4.2. Изменение содержания белков в молоке, предназначенном для производства сыра. *Ж.-Л. Мобуа* . . . 147
4.2.1. Концентрирование составных частей молока, предназначенного для производства сыра . . . 148
4.2.2. Обогащение предназначенного для переработки в сыр молока казеинатом . . . 148
4.2.3. Обогащение молока сывороточными белками . . . 149
4.2.3.1. Обогащение молока денатурированными сывороточными белками . . . 149
4.2.3.2. Обогащение молока нативными сывороточными белками . . . 151
4.3. Переработка молока, подвергнутого охлаждению и хранению. *Ж. Ленуар, Н. Шнайд* . . . 155
4.3.1. Влияние охлаждения молока на его физико-химические свойства . . . 155
4.3.1.1. Влияние охлаждения молока на фракции казеинового комплекса . . . 155
4.3.1.2. Влияние охлаждения молока на солевой баланс . . . 156
4.3.1.3. Изменения, происходящие в мицелле казеина . . . 157
4.3.2. Влияние охлаждения на сычужную свертываемость молока 158
4.3.2.1. Влияние охлаждения на длительность свертывания молока 158
4.3.2.2. Влияние охлаждения молока на реологические свойства сгустка . . . 159
4.3.2.3. Влияние охлаждения молока на выделение сыворотки из сгустка . . . 159
4.3.3. Средства коррекции состава охлажденного молока и их влияние на его сычужную свертываемость . . . 160
4.3.3.1. Внесение солей кальция . . . 161
4.3.3.2. Нагревание и термизация молока . . . 162
4.3.3.3. Подкисление молока . . . 162
4.3.3.4. Созревание молока . . . 163

4.3.3.5. Обогащение молока обезжиренным сухим веществом . . . 163
4.3.3.6. Обогащение молока белками . . . 163
4.4. Созревание молока. *М. Демазо* . . . 164
4.4.1. Определение и назначение . . . 164
4.4.2. Созревание с помощью внесения в молоко микроорганизмов 164
4.4.2.1. Рекомендуемые меры предосторожности . . . 164
4.4.2.2. Внесение штаммов молочнокислых бактерий . . . 165
4.4.2.3. Внесение протеолитических микрококков . . . 166
4.4.3. Перспективы развития технологии предварительного созревания молока; использование экзогенных ферментов . . . 167
4.4.3.1. Проведение созревания с внесением лактазы . . . 167
4.4.3.2. Проведение созревания с внесением протеазы . . . 167
4.4.3.3. Проблемы регламентации . . . 167
4.5. Отделение бактерий центрифугированием. *Ж.-Л. Бержер* . . . 167
4.6. Другие виды обработки молока, предназначенного для переработки в сыр, и дополнительные средства, вносимые в молоко. *Ж.-Л. Бержер* . . . 171
4.6.1. Бактериологическая очистка молока с помощью отстоя сливок 171
4.6.2. Внесение нитратов . . . 172
4.6.3. Лизоцим . . . 173
4.6.4. Перекисно-каталазная обработка (ПК-обработка) . . . 175
4.6.5. Обработка молока формальдегидом . . . 176
4.6.6. Низин и ингибирующие закваски . . . 177
Литература . . . 177

Глава 7. ХАРАКТЕРНЫЕ ОШИБКИ, ДОПУСКАЕМЫЕ ПРИ СВЕРТЫВАНИИ МОЛОКА И ВЫДЕЛЕНИИ СЫВОРОТКИ. *Ж. Лабле* 182

1. Общие сведения . . . 182

2. Исследование основных параметров, носящих приоритетный характер . . . 183
2.1. Подготовка молока . . . 183
2.2. Сычужно-кислотные изменения, происходящие в геле и в сгустке . . . 184
2.3. Постановка зерна . . . 186
2.4. Сычужно-кислотные изменения сгустка и сырного теста формуемого сыра . . . 187
2.5. Регулирование содержания сухого вещества . . . 188
2.6. Регулирование pH сыра . . . 189

3. Зерно с неоднородной структурой . . . 190
Литература . . . 192

Глава 8. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СГУСТКА. *И. Ноэль, Ж.-П. Рамэ, А. Жервэ, Ж. Лабле, О. Сэр* . . . 193

1. Описание физических явлений, происходящих при свертывании молока и выделении сыворотки из сгустка . . . 193
1.1. Свертывание молока . . . 193
1.2. Выделение сыворотки из сгустка . . . 194

2. Измерительные средства . . . 195
2.1. Методы и средства наблюдения за переходом молока из жидкого состояния в гелеобразное . . . 195
2.2. Методы и средства наблюдения за изменениями, происходящими с гелем . . . 196
2.3. Измерение способности сгустка к выделению сыворотки . . . 198
2.3.1. Весовые методы анализа . . . 198
2.3.2. Колориметрические методы . . . 199
2.3.3. Анализ изображений . . . 199
2.3.4. Реологическое измерение . . . 199
2.3.5. Другие методы исследования хода выделения сыворотки 199

3. **Математическое описание происходящих явлений** 200
3.1. Изменение реологических свойств сгустков 200
3.2. Кинетика выделения сыворотки 202
Литература 202

Глава 9. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СГУСТКОВ РАЗЛИЧНОГО ТИПА. *Ж. Пернодe* 204

1. **Свежие сычужно-кислотные сыры и сырные массы, потребляемые без созревания** 205
1.1. Сыр пониженной жирности с гладкой коркой 205
1.2. Формованный сыр 210
1.3. Сыр с повышенным содержанием жира 211

2. **Кисломолочные сыры без созревания или с созреванием** . . 212
2.1. Общая технология производства 212
2.2. Сыры, изготовляемые из козьего молока 213

3. **Мягкие сыры** 214
3.1. Традиционные французские мягкие сыры 215
3.2. Модернизация традиционных технологических процессов изготовления мягких сыров. Новые виды продукции 218

4. **Голубые сыры** 219
4.1. Отбор молока для производства голубых сыров 219
4.2. Технология производства голубых сыров и ее особенность 219
4.3. Особенности технологии изготовления сыра рокфор из сырого и цельного овечьего молока 221

5. **Прессуемые сыры** 221
5.1. Подготовка молока 222
5.2. Выделение сыворотки из сгустка 222
5.3. Извлечение сыров из форм, посолка 223
5.4. Технология производства прессуемых сыров типа каптала и чеддера 223

6. **Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания (диаграмма 6)** 224

7. **Другие технологии сыроделия** 228
7.1. Сыры с чеддеризацией и плавлением сырной массы . . . 228
7.2. Особенности технологии производства сыра фета и аналогичных видов 229
7.3. Сыр типа меттона 229
7.4. Сушеные сыры 229
7.5. Сыры с ароматизирующими добавками 229
7.6. Сыры типа сардского 230
7.7. Продукты, получаемые осаждением молочных и сывороточных белков 230

8. **Заключение** 230
Литература 230

Глава 10. РЕЗЕРВИРОВАНИЕ СЫРНОЙ МАССЫ. *Ж.-К. Ле Жуан* 231

1. **Преимущества метода резервирования сырной массы перед другими технологиями** 231

2. **Описание используемой технологии** 232
2.1. Приготовление сгустков 233
2.2. Замораживание, хранение и использование сгустка после размораживания 234
3. **Влияние замораживания сырного теста на качество сыра** 235
3.1. Связь между пороками консистенции и содержанием воды в сырном тесте 235
3.2. Развитие микрофлоры 236

3.3. Окисление и содержание свободных жирных кислот . . . 236
3.3.1. Роль pH 236
3.3.2. Роль соли 237
3.3.3. Содержание свободных жирных кислот 237
3.3.4. Антиокислители 237
3.4. Протеолитическая активность ферментов сгустка и их состав 238
3.5. Порок слабовыраженных вкуса и запаха в сырах, изготовленных из сырной массы, подвергавшейся замораживанию . . 238
4. **Технические характеристики и методы контроля сырных масс, приготовленных из козьего молока** 238
Литература 239

Часть III

СОЗРЕВАНИЕ СЫРА

Глава 11. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ. *К. Шуази, М. Геган, Ж. Ленуар, Ж. Л. Шмидт, К. Турнер* 240

1. **Основные полезные для сыроделия микроорганизмы** . . . 240
1.1. Бактериальная флора 240
1.1.1. Количественное содержание микроорганизмов и разнообразие бактериальной флоры сыров 240
1.1.2. Основные группы микроорганизмов, принимающие участие в созревании сыра [1] 240
1.1.2.1. Молочнокислые стрептококки 240
1.1.2.2. Лейконостоки 240
1.1.2.3. Лактобациллы 241
1.1.2.4. Пропионовокислые бактерии 241
1.1.2.5. Микрококки и коринебактерии 241
1.1.3. Экология микрофлоры некоторых типов сыра 242
1.1.3.1. Мягкий сыр со слизью на корке: камамбер [2] 242
1.1.3.2. Прессуемый сыр с низкой температурой второго нагревания: чеддер [4—7] 242
1.1.3.3. Голубой сыр: рокфор [8, 9] 245
1.1.3.4. Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания: эмментальский и контэ [13, 14] 246
1.1.3.5. Состав слизи на корке сыров контэ и бофор [18] . . . 247
1.2. Дрожжевая флора 248
1.2.1. Разнообразие дрожжевой флоры 248
1.2.2. Размеры и эволюция дрожжевой флоры 249
1.2.3. Роль дрожжей в созревании сыра 250
1.3. Микофлора 252
1.3.1. Плесени, используемые в сыроделии 252
1.3.1.1. *Penicillium camemberti* 252
1.3.1.2. *Penicillium roqueforti* 253
1.3.1.3. *Geotrichum candidum* 254
1.3.2. Биохимическая активность *Penicillium* и *G. candidum*, их роль в процессе созревания сыра 255
1.3.2.1. Нейтрализация сырного теста 255
1.3.2.2. Образование ферментов 255
1.3.4. Закваски из плеснеобразующих грибов 257
1.3.4.1. Происхождение и селекция штаммов 257
1.3.4.2. Производство заквасок 257
1.3.4.3. Использование грибковых заквасок 257

2. **Явление ассоциации микроорганизмов** 258
2.1. Сложность микрофлоры сыров 258
2.2. Размножение микроорганизмов и факторы роста 258
2.3. Примеры ассоциаций микроорганизмов 258
2.3.1. Явления антагонизма 258
2.3.2. Явления стимуляции 259

3. **Пороки сыра микробиологического происхождения** . . . 260
3.1. Пороки бактериального происхождения . . . 260
3.1.1. Пороки вспучивания сыра . . . 260
3.1.1.1. Раннее вспучивание . . . 260
3.1.1.2. Позднее вспучивание . . . 261
3.1.2. Пороки вкуса . . . 263
3.2. Пороки плесневого происхождения . . . 263
3.2.1. Голубая плесень . . . 263
3.2.2. Порок «кошачья шерсть» . . . 265
3.2.3. Слизь . . . 265
3.2.4. Другие виды пороков сыра . . . 266
Литература . . . 267

Глава 12. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЗРЕВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СЫРА. *Ф. Вебэр, Ж.-П. Рамэ* . . . 270

1. **Введение** . . . 270

2. **Сравнение процессов изготовления различных видов сыра** 271
2.1. Внутренние факторы . . . 271
2.1.1. Показатель pH . . . 272
2.1.2. Коэффициент a_w . . . 275
2.2. Внешние факторы . . . 276
2.2.1. Температура . . . 276
2.2.2. Относительная влажность . . . 278
2.2.3. Роль атмосферы производственных помещений . . . 279
2.2.4. Обработка сыров в процессе созревания . . . 280
Литература . . . 283

Глава 13. СОЗРЕВАНИЕ СЫРА В ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНКАХ. *М. Фрадэн* . . . 284

1. **Введение** . . . 284
1.1. История создания и причины, приведшие к появлению технологии созревания сыра в полимерных пленках . . . 284
1.1.1. Технические требования . . . 284
1.1.2. Требования коммерческого характера . . . 284
1.2. Определение . . . 285

2. **Сыры, пригодные для созревания без корки** . . . 285
2.1. Типы сыров . . . 285
2.1.1. Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания 285
2.1.2. Прессуемые сыры с низкой температурой второго нагревания 285
2.2. Общие принципы производства бескорковых сыров . . . 286

3. **Подбор полимерных материалов с учетом требований технологии созревания бескорковых сыров** . . . 287

4. **Технология созревания сыров в полимерных пленках** . . . 290
4.1. Вакуумирование в атмосферных условиях . . . 291
4.2. Вакуумирование в вакуумной камере или в «вакуумном колпаке» . . . 291

5. **Заключение** . . . 292
Литература . . . 292

Глава 14. ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЫРА . . . 293

1. **Физические свойства.** *Ж. Арди* . . . 293
1.1. Реологические и структурные свойства сыра . . . 293
1.1.1. Реологические характеристики . . . 293
1.1.2. Методы исследования структурных свойств сыра . . . 294
1.1.2.1. Измерение основных реологических параметров . . . 294
1.1.2.2. Эмпирические методы . . . 295

1.1.2.3. Анализ общих структурных характеристик (профиля структуры) с помощью аппаратуры . . . 296
1.1.3. Параметры, влияющие на структурные свойства различных сыров . . . 297
1.2. Внешний вид и цвет сыра . . . 299
1.2.1. Принцип поверхностной колориметрии . . . 299
1.2.1.1. Источник света . . . 299
1.2.2. Цвет сыра . . . 300
1.3. Теплофизические характеристики сыра . . . 301

2. **Формирование аромата сыра.** *Ж. Адда* . . . 302
2.1. Введение . . . 302
2.2. Чеддер . . . 303
2.3. Голубые сыры . . . 304
2.4. Камамбер . . . 305
2.5. Сыры с мытой коркой . . . 306
2.6. Прессуемые сыры с высокой температурой второго нагревания 306
2.7. Фета́ . . . 307
2.8. Пороки аромата сыра . . . 307
2.9. Заключение . . . 309
Литература . . . 309

Часть IV

ФАСОВКА, УПАКОВКА И ХРАНЕНИЕ СЫРА

Глава 15. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ. *Л. Эк* . . . 312

Глава 16. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФАСОВКИ И УПАКОВКИ СЫРА. *Ж. Стель* . . . 313

1. **Взаимодействие между упаковкой и ее содержимым; влияние на сыр** . . . 313
1.1. Свет и кислород . . . 313
1.2. Физико-химические реакции . . . 314
1.3. Токсикологические проблемы использования полимерных упаковочных материалов . . . 317
1.4. Фунгицидная обработка . . . 317

2. **Упаковка сыров, потребляемых без созревания** . . . 318
2.1. Бумага . . . 319
2.2. Полимерные материалы . . . 320
2.3. Алюминий . . . 321
2.4. Крышки . . . 321

3. **Упаковка мягких сыров** . . . 322
3.1. Материалы растительного происхождения . . . 322
3.2. Бумага . . . 323
3.3. Полимерные материалы . . . 324
3.4. Металлы . . . 324
3.5. Комбинированные материалы . . . 326
3.6. Фунгицидная обработка . . . 327
3.7. Наружная упаковка, внешняя тара . . . 327

4. **Упаковка прессуемых сыров** . . . 328

5. **Упаковка плавленого сыра** . . . 329
5.1. Упаковки индивидуальных порций . . . 330
5.2. Упаковка ломтевых плавленых сыров . . . 330
5.3. Упаковка блочных плавленых сыров . . . 331
5.4. Упаковка плавленых сыров в специальном исполнении . . . 331
5.4.1. Колбасные сыры . . . 331
5.4.2. Упаковка плавленых сыров цилиндрической, полусферической и других форм . . . 331
5.4.3. Упаковка плавленых сыров в тубы . . . 331

5.4.4. Жестяная банка . . . 332
5.5. Внешняя упаковка . . . 332
Литература . . . 332

Глава 17. ФАСОВКА ЗРЕЛЫХ СЫРОВ. *Ж. Стель* . . . 333

1. Подготовка сыров . . . 333

2. Упаковочные материалы . . . 334
2.1. Оберточные полимерные пленки . . . 334
2.1.1. Гидратцеллюлоза . . . 334
2.1.2. Полиэтилен . . . 334
2.1.3. Полипропилен . . . 335
2.1.4. Сополимер винилхлорида с винилиденхлоридом (ВХВД) 335
2.1.5. Поливинилхлорид . . . 335
2.2. Пакеты и мешки . . . 335
2.2.1. Примеры многослойных материалов, используемых для изготовления пакетов . . . 336
2.2.2. Примеры герметичных комбинированных материалов . . . 337
2.3. Термоформируемая упаковка . . . 337

3. Процессы, происходящие в фасованном сыре . . . 339
Литература . . . 340

Глава 18. ХРАНЕНИЕ ЗРЕЛЫХ СЫРОВ. *Ж. Стель* . . . 340

Литература . . . 344

Часть V

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА 345

Глава 19. ПЛАВЛЕНЫЕ СЫРЫ. *Ж. П. Патар* . . . 345

1. Плавление — дополнительный этап технологии производства сыра . . . 345

2. Оборудование для производства плавленого сыра . . . 347

3. Соли-плавители и другие технологические добавки . . . 350

4. Уточнение некоторых технологических и научных понятий 353

5. Расширение ассортимента и будущее плавленого сыра . . . 355
5.1. Порционирование и упаковка . . . 355
5.2. Структура, консистенция, вкусовые качества . . . 355
5.3. Внесение добавок в виде молочных продуктов . . . 358
5.4. Использование других добавок . . . 358
5.5. Будущее плавленого сыра . . . 358
Литература . . . 358

Глава 20. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЫРОДЕЛИИ РЕКОМБИНИРОВАННОГО ИЛИ ВОССТАНОВЛЕННОГО МОЛОКА . . . 359

1. Общие сведения. *Ж. Шерей* . . . 359
1.1. Преимущества производства сыра из рекомбинированного молока . . . 360
1.1.1. Преимущества для стран, не производящих молоко или производящих его в незначительных количествах . . . 360
1.1.2. Преимущества использования в сыроделии рекомбинированного или восстановленного молока для стран — производителей молока . . . 360
1.2. Сырье . . . 361
1.2.1. Определение восстановленного и рекомбинированного молока в соответствии с «Кодекс Алиментариус» . . . 361
1.2.2. Требования к качеству сырья . . . 361
1.3. Развитие технологий использования в сыроделии восстановленного и рекомбинированного молока . . . 362
1.4. Сыры, изготовляемые из рекомбинированного молока, и рынки их реализации . . . 363

2. Производство сыров из рекомбинированного или восстановленного молока. *Ж. Лабле* . . . 363
2.1. Общие сведения . . . 363
2.2. Используемые технологические процессы . . . 365
2.2.1. Изготовление мягких сыров по традиционной технологии 365
2.2.2. Изготовление полутвердого прессуемого сыра с использованием модифицированной технологии свертывания молока «Стэн Ютэн 13» . . . 365
2.2.3. Производство свежих сыров (35% сухого вещества) методом ультрафильтрации . . . 366
2.2.4. Использование сырья с нулевым содержанием жира для производства плавленого сыра . . . 366
2.2.5. Новая технология упрощенного мгновенного свертывания 366
2.3. Использование смесей свежего молока с сухим молоком или различными видами сухого молока . . . 367
2.4. Другие технологии . . . 368
2.5. Оценка сыропригодности сухого обезжиренного молока. *Ж. Л. Тест* . . . 368
2.5.1. Процесс испытания . . . 368
Литература . . . 369

Часть VI

ОСНОВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА

Глава 21. ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ . . . 370

1. Производство свежего сыра, потребляемого без созревания. *Ф. Бертран* . . . 370
1.1. Немеханизированные способы производства . . . 370
1.1.1. Ручное формование с помощью ковшей . . . 370
1.1.2. Выделение сыворотки с использованием мешков . . . 371
1.2. Технология с низким уровнем механизации . . . 372
1.2.1. Технология «Шулембург» . . . 372
1.2.2. Выделение сыворотки с использованием фильтров Берже 372
1.3. Выделение сыворотки с помощью центрифугирования сгустка 373
1.3.1. Технология выделения сыворотки центрифугированием . . 373
1.3.2. Оборудование, используемое для выделения сыворотки . . 374
1.3.2.1. Выделение сыворотки из обезжиренного сгустка . . . 374
1.3.2.2. Выделение сыворотки из сгустка повышенной жирности . . 375
1.4. Производство свежих сыров, потребляемых без созревания, из молока, подвергнутого ультрафильтрации (технология MMV) 375

2. Производство мягких и голубых сыров. *Ф. Бертран* . . . 376
2.1. Традиционные технологии и оборудование . . . 377
2.1.1. Производство мягких сыров . . . 377
2.1.2. Производство голубых сыров . . . 377
2.2. Механизированные технологии производства . . . 377
2.2.1. Общий характер эволюции технологического оборудования 377
2.2.2. Выделение сыворотки методом фильтрации и механизации процесса формования сгустка после фильтрации . . . 378
2.2.3. Технологии с низким уровнем механизации, реализуемые без изменения традиционных технологических схем . . . 378
2.2.3.1. Технология производства сыров с использованием системы прямой дозировки смеси сгустка и сыворотки в групповые формы . . . 379
2.2.3.2. Технология производства сыра с использованием системы

предварительного распределения сгустка для промежуточного выделения сыворотки перед формованием . . . 380
2.2.3.3. Технологии изготовления сыра с использованием систем предварительной дозировки молока . . . 382
2.2.4. Производство мягких сыров по технологии ММВ . . . 382
2.2.5. Механизация операций посолки . . . 383
2.2.5.1. Машинная посолка . . . 383
2.2.5.2. Посолка в рассоле . . . 383
3. **Производство прессуемых сыров.** *Ж.-Л. Эвет* . . . 384
3.1. Сыродельные ванные . . . 384
3.1.1. Сыродельные ванны открытого и закрытого типов . . . 384
3.1.2. Критерии выбора сыродельных ванн . . . 385
3.1.3. Типы сыродельных ванн . . . 385
3.2. Системы удаления сыворотки и предварительного прессования, используемые для изготовления прессуемых сыров с низкой температурой второго нагревания . . . 385
3.2.1. Аппараты для отделения сыворотки . . . 385
3.2.1.1. Аппарат для удаления сыворотки при ручной разрезке сырного пласта . . . 385
3.2.1.2. Аппарат для удаления сыворотки с встроенной системой разрезки сырного пласта . . . 386
3.2.2. Оборудование формования с встроенными системами предварительного прессования . . . 386
3.3. Различные способы прессования сырной массы при изготовлении сыров с низкой температурой второго нагревания . . . 387
3.3.1. Пневматический пресс вертикального типа . . . 387
3.3.2. Туннельный конвейерный пресс . . . 387
3.3.3. Туннельный пресс с автоматической подачей сырной массы 387
3.3.4. Кассетный пресс фирмы «Гадан-Пасилак» . . . 387
3.4. Технологические линии для производства сыра чеддер . . . 388
3.4.1. Технология «Белл С. И. Р. О.» («Bell S. I. R. O.») . . . 388
3.4.2. Технология «Чеддер Мастер» («Cheddar Master») . . . 388
3.4.3. Классическая технологическая линия для производства сыра чеддер фирмы «Альфа-Лаваль» . . . 388
3.4.4. Технологическая линия «Альфоматик» («Alfomatic») фирмы «Альфа-Лаваль» . . . 389
3.4.5. Технология «Лактоматик» («Lactomatic») . . . 389
3.5. Удаление сыворотки и формование сыров с высокой температурой второго нагревания . . . 389
3.6. Прессование сыров с высокой температурой второго нагревания . . . 389
3.7. Посолка в рассоле . . . 390
3.8. Созревание прессуемых сыров . . . 390
3.8.1. Технология «Элтен» («Elten») . . . 390
3.8.2. Созревание сыров с высокой температурой второго нагревания 391
4. **Кондиционирование воздуха в помещениях для созревания сыра.** *Ф. Бертран* . . . 391
4.1. Виды и роль различных производственных помещений, используемых на этапе между завершением производства сыра и его реализацией . . . 392
4.1.1. Сушильня . . . 392
4.1.2. Сушильни и сыроподвалы, предназначенные для созревания сыра . . . 392
4.1.3. Помещения для хранения и складирования сыра . . . 393
4.2. Принципы проектирования и расчета помещений для созревания и хранения сыра . . . 394
4.2.1. Стены и теплоизоляция . . . 394
4.2.1.1. Используемые материалы . . . 394
4.2.1.2. Толщина слоев теплоизоляции . . . 394
4.2.2. Кондиционирование воздуха . . . 394

4.2.2.1. Упрощенное решение . . . 395
4.2.2.2. Решение, отвечающее условиям промышленного производства сыра . . . 395
Глава 22. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ . . . 397
1. **Мойка и дезинфекция.** *Ж. Дофен, Ж.-П. Экалар, Л. Керера* 397
1.1. Моющие и дезинфицирующие средства . . . 397
1.2. Способы проведения и оптимизация мойки . . . 400
1.2.1. Мойка закрытых систем . . . 401
1.2.2. Туннельные моечные установки . . . 402
1.3. Проведение дезинфекции . . . 403
1.4. Проблемы общего характера . . . 405
1.4.1. Опасность возникновения коррозии [4, 5] . . . 405
1.4.2. Прилипание сгустка к формам и мятам, загрязнение . . . 405
1.4.3. Контроль качества мойки . . . 405
1.4.4. Вода: экономия, качество . . . 406
1.4.5. Рециркуляция, насыщение и слив моющих растворов . . . 406
2. **Внутризаводские транспортные системы.** *Ж.-К. Жили, Ж. Вьят* 407
2.1. Введение . . . 407
2.2. Требования, выдвигаемые продуктом и технологией его производства . . . 408
2.2.1. Соблюдение физико-химических и морфологических особенностей сыра . . . 408
2.2.2. Бактериологические и санитарные аспекты . . . 409
2.2.3. Требования, выдвигаемые к транспортным системам со стороны окружающей среды . . . 409
2.2.4. Соблюдение требований технологии . . . 410
2.3. Требования, выдвигаемые оборудованием транспортных систем 410
2.4. Основные виды операций, выполняемых внутризаводскими транспортными системами . . . 411
2.4.1. Перемещение . . . 411
2.4.2. Размещение . . . 412
2.4.3. Переворачивание . . . 412
2.5. Технические решения . . . 413
2.5.1. Традиционные технические решения . . . 413
2.5.1.1. Конвейеры . . . 413
2.5.1.2. Тельферы . . . 413
2.5.1.3. Транспортные тележки . . . 414
2.5.1.4. Специальное оборудование . . . 414
2.5.2. Неразрешенные проблемы внутризаводских транспортных систем . . . 414
2.5.3. Новые подходы к решению проблем, связанных с созданием систем внутризаводского транспорта . . . 415
2.6. Заключение . . . 416
3. **Программирование технологических операций и автоматизация производства.** *М. Герен, А. Эк* . . . 417
3.1. Наследование традиций и научно-технический прогресс . . . 417
3.2. Практика сыроделия. Программирование технологических операций . . . 418
3.2.1. Использование сыродельных ванн большого объема . . . 418
3.2.2. Достижения в области программирования выделения сыворотки в формах . . . 419
3.2.3. Программирование созревания сыра . . . 420
3.3. На пути к автоматизации. Гибкое производство . . . 420
3.3.1. Средства и методы . . . 420
3.3.2. Контрольно-измерительные приборы . . . 421
3.3.3. К проблеме сосуществования традиционных и современных технологий сыроделия . . . 421
Литература . . . 422

Часть VII
ПРОДУКТ, НОСЯЩИЙ НАЗВАНИЕ «СЫР»

Глава 23. ВЫХОД СЫРА. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ. 424

Ж. Вандевег . . . 424

1. **Определение выхода сыра** . . . 424

2. **Контроль выхода сыра** . . . 424

2.1. Определение выхода сыра на основе количества переработанного молока и количества полученного сыра . . . 424

2.2. Определение выхода сыра на основе количества обезжиренного сухого вещества молока, переходящего в сыр: коэффициент *G* . . . 425

2.3. Контроль выхода сыра на основе аналитического определения содержания сухого вещества в молоке, сыре и молочной сыворотке . . . 425

3. **Прогнозирование выхода сыра** . . . 426

3.1. Прогнозирование выхода сыра на основе статистического анализа данных, полученных по большому количеству производственных выработок . . . 426

3.2. Метод обобщения, или «теория губки» . . . 427

3.3. Выход сыра из сгущенного молока (сгущение, внесение сухого молока) . . . 428

3.4. Изготовление сыра методом ультрафильтрации молока (технология MMV) . . . 428

4. **Сравнительные исследования данных, касающихся выхода сыра (проведение корреляции выхода сыра в зависимости от содержания сухого вещества)** . . . 430

Литература . . . 430

Глава 24. ГИГИЕНИЧЕСКИЙ АСПЕКТ СЫРОДЕЛИЯ. *Л. Вейе-Понсэ* . . . 431

1. **Происхождение опасных для человека источников бактериального загрязнения сыра** . . . 431

1.1. Болезнетворные бактерии, попадающие в молоко непосредственно от животного . . . 431

1.2. Патогенные бактерии, попадающие в молоко от персонала молочно-товарных ферм . . . 432

1.3. Другие источники проникновения патогенных бактерий . . . 432

2. **Бактерии — источники токсикоинфекций и интоксикаций** . . . 432

2.1. Внутренние факторы . . . 433

2.1.1. Состав . . . 433

2.1.2. Активность воды . . . 435

2.1.3. Кислотность . . . 435

2.2. Внешние факторы . . . 437

3. **Гигиеническое качество сыра** . . . 438

4. **Заключение** . . . 438

Литература . . . 439

Глава 25. СЕНСОРНЫЙ АНАЛИЗ СЫРА. *Л. Вассаль* . . . 439

1. **Методы сенсорного анализа** . . . 441

2. **Корреляция между сенсорным анализом и инструментальными измерениями** . . . 445

3. **Заключение** . . . 446

Литература . . . 447

Глава 26. СЫР В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА. *Ж.-К. Дилон* . . . 447

1. **Питательные свойства сыра** . . . 447

1.1. Состав . . . 447

1.1.1. Белки . . . 448

1.1.2. Кальций . . . 448

1.1.3. Витамины . . . 448

1.1.4. Липиды . . . 449

1.1.5. Натрий . . . 449

1.2. Пищевая ценность . . . 449

1.2.1. Энергетическая ценность . . . 449

1.2.2. Пищевая ценность белков . . . 449

1.2.3. Приемлемость сыра организмом человека . . . 451

1.3. Рекомендуемые нормы потребления сыра различными возрастными группами населения . . . 452

2. **Место сыра в современном рационе питания** . . . 453

2.1. Результаты опросов, проведенных среди потребителей . . . 453

2.1.1. Потребление сыра в странах — членах ЕЭС . . . 453

2.1.2. Потребление сыра во Франции . . . 453

2.2. Факторы, определяющие потребление сыра во Франции . . . 454

2.3. Место сыра в удовлетворении пищевых потребностей населения Франции . . . 454

3. **Сыр и здоровье человека** . . . 455

3.1. Проблемы токсикологического характера . . . 455

3.1.1. Загрязнение сыра патогенными бактериями . . . 455

3.1.2. Присутствие следов антибиотиков . . . 455

3.1.3. Остатки микотоксинов . . . 455

3.1.4. Амины, вызывающие повышенное кровяное давление . . . 456

3.2. Проблемы, связанные с использованием сыра в рационе питания . . . 456

3.2.1. Животные жиры и атеросклероз . . . 456

3.2.2. Натрий и повышенное артериальное давление . . . 457

4. **Заключение** . . . 458

Литература . . . 458

Глава 27. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ФИРМЕННЫХ НАЗВАНИЙ СЫРОВ. *Ж. Миттэн* . . . 459

Глава 28. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРА В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ И РЕГИОНАХ МИРА. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОБМЕНЫ В ОБЛАСТИ СЫРОДЕЛИЯ. *А. Эк* . . . 464

1. **Данные о производстве сыра в различных странах и регионах мира** . . . 464

2. **Международные обмены в области сыроделия** . . . 466

3. **Продукты — имитаторы сыра** . . . 467

Литература . . . 468

Глава 29. МЕЖДУНАРОДНАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ СЫРОДЕЛИЯ. *А. Эк* . . . 468

Литература . . . 470

Приложение . . . 471

Общий стандарт, рекомендуемый для сыра . . . 471

1. Область применения . . . 471

2. Определение . . . 471

3. Пищевые добавки . . . 471

3.1. Ароматизаторы . . . 471

3.2. Другие добавки . . . 472

4. Этикетирование . . . 472

4.1. Наименование продукта 472
4.2. Ингредиенты 473
4.3. Масса нетто 473
4.4. Название и адрес изготовителя 473
4.5. Страна-изготовитель 473
4.6. Обозначение партии продукта 473
4.7. Сыр, изготовляемый из рекомбинированного или восстановленного молока 473
4.8. Датировка 474
4.9. Поставка сыра без тары 474
5. *Методика отбора проб и анализа* 474
5.1. Отбор проб 474
5.2. Определение жирности 474
5.3. Определение содержания сухого вещества 474
Дополнение 474
Терминология, используемая для классификации сыра . . 474
1. *Определение* 474
2. *Классификация видов сыра по консистенции сырного теста, жирности и основным параметрам процесса созревания* . . 475
Предметный указатель 476

ПРОИЗВОДСТВО
СЫРА:
технология и качество

Зав. редакцией В. Е. Машковский
Редактор О. В. Мищиха
Младший редактор Т. И. Беляшина
Художник В. М. Лукьянов
Художественный редактор С. Н. Болоболов
Технический редактор И. В. Макарова
Корректор В. Н. Маркина

ИБ № 5778

Сдано в набор 28.09.88. Подписано к печати 22.11.88. Формат 60×90 1/16. Бумага кн.-журн. Гарнитура Литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 31. Усл. кр.-отт. 31. Уч.-изд. л. 44,81. Изд. № 56. Тираж 3600 экз. Заказ № 550. Цена 7 р. 70 к.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агропромиздат», 107807, ГСП-6, Москва, Б-78, ул. Садовая-Спасская, 18.

Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 113105, Нагатинская, 1.