

Лекция 10

Особенности производства сыров с чеддеризацией и термомеханической обработкой

1. Виды, ассортимент,
распространенность
2. Особенности технологии
сыров:

chedder,
mozzarella
suoguni



Распространенность сыров данного вида

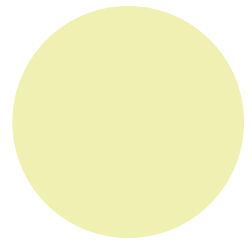
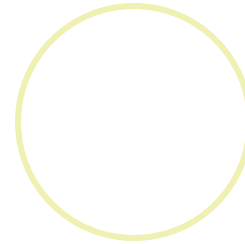
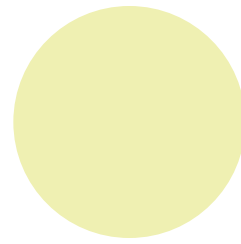
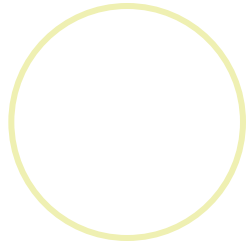
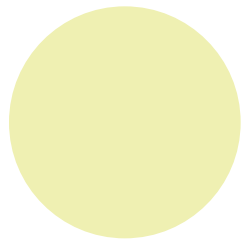
- В мировом объеме производства сыры с чеддеризацией сырной массы занимают первое место.
- Популярность этого вида сыров объясняется тем, что технология их производства проще, чем технология других сыров, требования к качеству молока менее жесткие, а получаемые продукты отличаются хорошими органолептическими и стабильными качественными показателями.
- Объясняется это тем, что наибольший объем микрофлоры и максимальное количество ферментов отмечаются на начальных этапах выработки сыра (особенно в период чеддеризации).
- Сыры с чеддеризацией сырной массы подразделяются на три группы:

1) Прессуемые сыры с чеддеризацией сырной массы до формования

- В эту группу входят твердые сыры (МДВ 37-44)%.
- Представителем является сыр Чеддер и его разновидности (Честер, Чевил, Глостер двойной и простой, Дерби, Карфилли, Лестер, Уэнслидейл и др.).
- Вырабатывают их главным образом в США, Англии, Австралии, Канаде, Новой Зеландии, где их удельный вес составляет 80-85% от всего объема производимых сыров.
- Около 65% всех сыров мира вырабатываются по технологии чеддера.

б) Самопрессующиеся сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой

- (плавлением и формированием волокон) сырной массы, так называемые, сыры «Паста филата».
- К этой группе относятся твердые, полутвердые и мягкие сыры (МДВ 40-58%).
- Традиционными производителями этого вида сыров являются:
- Болгария (сыр Качкавал и его разновидности: Витоша, Венеция, Рила, Рициария и др.)
- Италия (сыры Моцарелла, Проволоне, Фиор ди лятте, Пекорино, Качиокавало и др.), где их удельный вес составляет 70-75% от всего объема производимых сыров.



- Крупными производителями являются также Греция (Касери), Турция (Кашер), Румыния (Далиа), Венгрия (Хайду) и большинство арабских стран – Ливан, Сирия, Иордания, Иран, Ирак и др. (сыры Халлуми, Шупел, Джедел и др.).
- В России представителями этой группы сыров являются: Сулугуни, Кавказский, Арман, Чечил, Боярский, Слоистый, Донской, Муромский, Казачок и др.

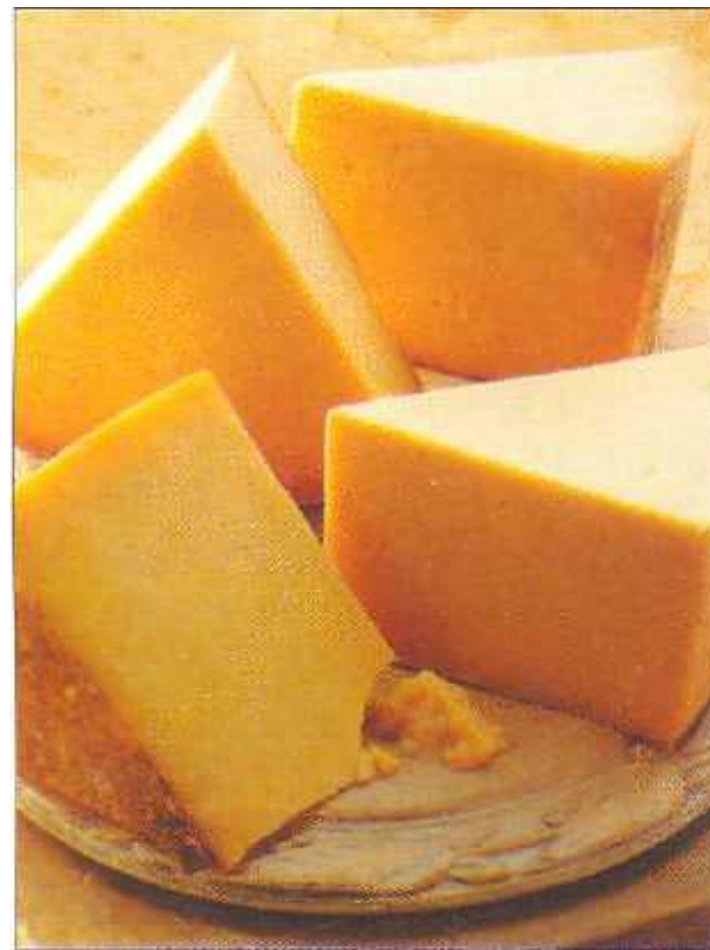
в) *Самопрессующиеся сыры с чеддеризацией после формования*, так называемые сыры с пареным тестом

- В эту группу входят полутвердые и мягкие сыры (МДВ 40-46%).
- Их производят в ряде европейских стран. В Италии и Германии это Бель Пэз, в Чехии – Злато, в России ближайший родственник таких сыров – сыр Дорожный, он созревает с участием микрофлоры сырной слизи.

На стадии самопрессования (после заполнения форм) сыры переносят в парильное помещение или шкаф, где их выдерживают при температуре 37-42°C и относительной влажности свыше 100% (в пару). Продолжительность выдержки в парилке – 2,5-3,5 ч. Контроль: по активной и титруемой кислотности выделяющейся сыворотки и/или сырной массы.

Прессуемые сыры с чеддеризацией сырной массы до формования

- Технология производства сыра чеддер наиболее изучена и стандартизована. Четкий контроль сырья и параметров на каждом технологическом этапе позволяет получать сыры стабильного качества.
- Процесс их производства достаточно длителен, трудоемок, требует использования специального технологического оборудования.



Чеддер – классический английский сыр

- Высокий сыр цилиндрической формы, имеет различные размеры: диаметр – 35,5 - 38 см, высота 33- 38 см, масса 18-22,5 кг.
- Сыры *cheddar* вытянутой формы (Truckle Cheddars) имеют диаметр 12,5 – 15 см, высоту 25 – 30 см и массу 4,5 кг.
- Cheddlets имеют массу 3 кг и средние размеры.
- При использовании механизированных систем чаще всего выпускают сыр в виде брусков массой около 18 кг.



- *Цвет*

Стандартный кремово – желтый, иногда окрашенный

- *Консистенция*

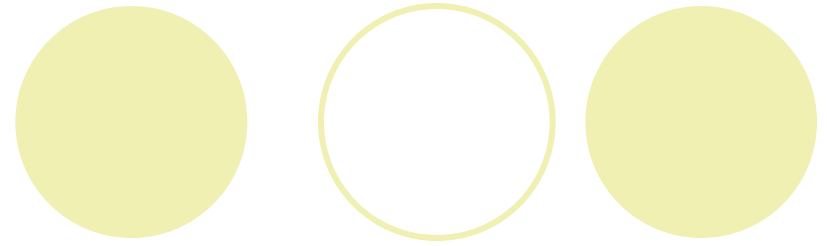
Твердая

- *Текстура*

Плотная, обычно без трещин или круглых пустот.

- *Вкус*

Чистый, ореховый



- Сыр отличается слегка кисловатым, несколько пряным вкусом. Консистенция его мягкая, нежная, маслянистая

Особенности технологии

- Традиционно используемая бактериальная закваска состоит из молочнокислых и ароматобразующих лактококков с добавлением *L. plantarum*, вносится в количестве 1,5-2,0%.
- Предложено также для сыров типа чеддер использовать закваску мезофильных лактококков с добавлением термофильных культур
L. casei,
L. bulgaricus,
L. helveticus,
или с добавлением термофильного стрептококка в соотношении 1:1.
- Титруемая кислотность смеси перед свертыванием – 20-23 ° Т.



Разрезка сгустка

- Сгусток должен быть достаточно плотным и ровно распадаться при погружении стержня (диаметром 6 мм, длиной 250 мм).
- Продолжительность разрезки 30-50 мин.
- Разрезают в обоих направлениях двумя ножами (с расстоянием между лезвиями 12,5 мм), а затем перемешивают неразрезанный сгусток в центре и нарезают вертикальным ножом на зерно величиной 3-5 мм.

Второе нагревание

- Медленно перемешивают сырную массу для уплотнения сырного зерна, затем нагревают (с интенсивностью 0,2 °С/мин, увеличивая ее до 0,3 °С/мин) до 40 ° С
 - **Примечание:** Возможно повышение температуры до 42 ° С, что ограничивает виды применяемых заквасок)

Осаждение зерна

- Осаждение – стадия, необходимая для контроля процесса, она не носит фиксированный характер и зависит от кислотности
- Сырное зерно с низкой или недостаточной кислотностью может осаждаться раньше, в то время как сырное зерно с высокой кислотностью следует вымешивать до более полного отделения сыворотки

Удаление сыворотки

- Сыворотку удаляют, когда зерно хорошо обсушено (т.е. при пробе на вкус оно слегка хрустит) и обладает необходимой кислотностью (20-24 ° Т, в среднем 22 ° Т)
- Обычно pH равен 6,05-6,10
- Сырную массу сдвигают в один конец ванны с образованием пласта.
 - **Примечание:** Иногда на сырную массу помещают груз (с использованием деревянной рамы).



Чеддеризация

- Сырный пласт нарезают блоками, которые укладывают друг на друга и переворачивают каждые 15-20 мин (в небольших ваннах сверху кладут груз).
- В зависимости от скорости кислотообразования сырную массу переворачивают, хранят в теплом состоянии или проветривают и затем охлаждают до достижения кислотности 75-85 ° Т (рН не ниже 5,3).
- На данной стадии сырная масса должна быть сухой, плотной, сочной и иметь структуру «куриной грудки» (слоисто-волокнистую).

- В результате чеддеризации консистенция готовой сырной массы становится слоисто-волокнистой, а при нагревании ее в воде температурой от 65 до 95°C она приобретает способность вытягиваться в длинные тонкие нити.
- Сыры группы чеддера отличаются тем, что по окончании процесса чеддеризации сырный пласт подвергается дроблению, затем в измельченную сырную массу (тонкий или грубый помол на специальных дробилках) вводится соль, сыры формуются и подвергаются длительному прессованию.
- В результате охлаждения и полной посолки резко тормозятся микробиологические процессы и далее сыры медленно созревают по аналогии с другими твердыми сырами.
- Гарантированное качество обусловлено тем, что в период интенсивного роста заквасочных микроорганизмов во время чеддеризации подавляется технически вредная микрофлора.

Дробление

- Сырную массу измельчают в дробилке на кусочки величиной с палец.
- Измельченную сырную массу проветривают и охлаждают до 25-26 ° С, чтобы перед посолкой охладить заключенный в сырной массе жир

Посолка

- Около 2% соли (для влажной сырной массы – 2,1%) распределяют по поверхности сырной массы, затем хорошо перемешивают в течение 15 мин для лучшего просаливания

Формование

- Сырную массу раскладывают в круглые или прямоугольные формы. На крупном производстве обычно используют перфорированные прямоугольные формы

Прессование

- В мелком производстве по мере охлаждения сырной массы давление постепенно повышают до 75 кПа в течение 12-16 ч. Заворачивают в свежую ткань (салфетку) и подвергают повторному прессованию под давлением 200 кПа в течение следующих суток.
- При крупном производстве в большинстве случаев прессование производят только в течение ночи.

Хранение

- Хранят сыр в сухом помещении при температуре 7-11° С в соответствии с рыночными предпочтениями в отношении зрелого сыра.

Созревание

- Зависит от температуры хранения, а также интенсивности образования кислоты. Полное созревание происходит за 9-12 мес. Сыр в виде брусков поступает в продажу через 4-6 мес.

Понятие процесса чеддеризации

- Чеддеризация – интенсивное созревание сырного зерна (сырной массы) во время выработки
- Процесс чеддеризации – это перестройка белкового каркаса сырной массы, стадия перехода от сычужного сгустка к кислотному, обусловленная деминерализацией ПКФК (переходом параказеината кальция в монокальцийказеинат)
- Доказательство: сырная масса приобретает слоисто-волокнистую структуру, когда потери кальция сгустком достигают 75%

Процесс чеддеризации – это интенсивный рост кислотности после воздействия сычужного фермента

- Получается, что это сгусток смешанного типа – сычужно-кислотный.
- Сначала идёт сычужное свёртывание, а затем из сычужного сгустка, который уже превратился в сырное зерно выбивается Са и уходит в сыворотку.
- Когда в сырной массе остаётся около 25% Са, что соответствует $\text{pH}=5,3-5,1$, то она приобретает слоисто-волокнистую структуру.
- До $\text{pH } 5,8$ казеины представляют собой мицеллярную структуру, т.е. при осаждении они могут быть рассмотрены как «механически» выделенный концентрат белков молока.
- Сетка, образуемая при сычужном свертывании, представляет собой измененные мицеллы казеина (потерявшие фрагмент к-казеина - ГМП), связанные через коллоидный фосфат кальция. Кстати, Са также можно отнести к «строительным материалам» (из минеральных веществ)

- Полный распад мицеллярной структуры и образование вторичной белковой сетки происходит в диапазоне pH от 5,8 до 5,0. В это время из мицеллы в определенной последовательности выходят оставшиеся казеиновые фрагменты, которые образуют белковые пряди (новый каркас) за счет нескольких видов межмолекулярных связей (кальциевые, дисульфидные, водородные и т.д.)
- Белковая сетка сохраняет прочность связей до определенного уровня pH – 5,0-4,9 (сгусток «рассыпается», превращаясь в творожистую массу). Творог, по сути дела, структурно представляет собой «осколки» не успевшей сформироваться из-за избыточной кислотности белковой сетки
- Если в ходе технологического процесса pH сырной массы выходит за пределы pH 5,0, то он перекисает и крошится.

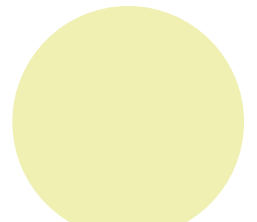
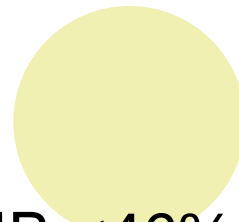
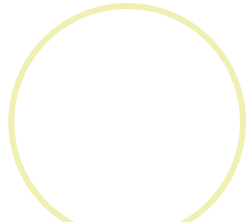
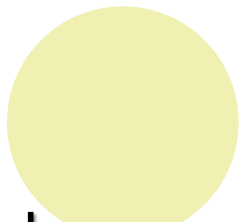
Ассортимент английских сыров с чеддеризацией сырной массы

- Чеддер МДВ 37-42%, МДЖ 45-50%
- Глостер двойной – МДВ < 44%, молоко с МДЖ 3,75-3,9%
- Глостер простой - МДВ < 44%, молоко с МДЖ 3,0-3,2%
- Ланкашир – полутвердый, МДВ < 48%, используют для тостов, предназначен для намазывания.

Получают смешиванием сырной массы 24-час выдержки ($K=133-156^{\circ}T$) + свежая сырная масса ($K = 22^{\circ}T$) в пропорции, необходимой для получения кислотности $100^{\circ}T$. Смешивание, измельчение, посолка

- Дерби – аналогичен быстро созревающему чеддеру, покрыт серо-зеленой плесенью
- Дерби с шалфеем





- Карфилли – полутвердый, МДВ <46%, Ж>48%, корка покрыта плесенью

Соль (1%) добавляют в размолотую сырную массу, после прессования досаливают в рассоле

- Лестер – МДВ <42%, Ж>48%, маслянистая консистенция, с некоторым количеством круглых глазков. Сырное зерно размером зерна риса. Тонкий помол при кислотности 44-56⁰Т.

- Чешир - МДВ <44%, Ж>48%, производят 3 разновидности: весенний, летний-зимний и осенний (по 3 рецептурам).

Разные сроки хранения:

для осеннего – 9-15 мес.,

весенний – подлежит реализации до конца июля



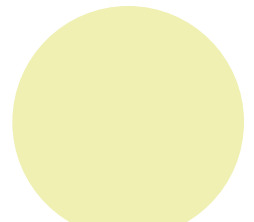
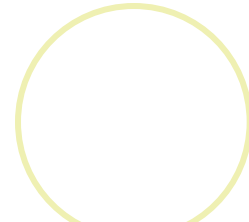
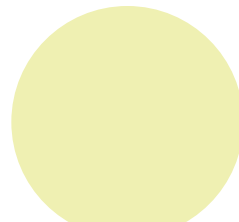
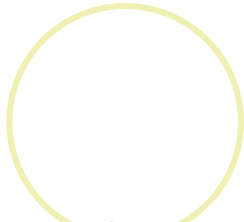
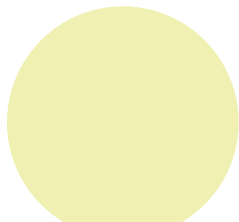
Технологии сыров с плавлением и термомеханической обработкой – сыры группы «паста филата»

- Родиной сыров с чеддеризацией и плавлением сырной массы считаются страны Юго-Восточной Азии (**халлуми**) и Балканские страны (**качкавал**). Однако есть сведения, что еще до возникновения Римской империи сыры с волокнистой структурой были известны кочующим славянским племенам
- Под названием **«Моцарелла»** представлено много сыров с разными характеристиками
 - «Моца» (итал.) – свежий
 - «Паста»(итал.) – макароны, спагетти
- «Моцарелла» – широкий ассортимент сыров, для которых единственной общей характеристикой является то, что все они собраны под общим названием «Моцарелла» (сыры, вырабатываемые путем прямого или *смешанного* подкисления, продукты для пиццы)

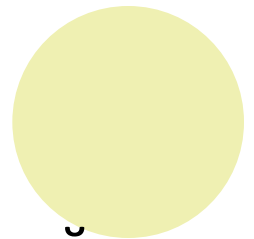
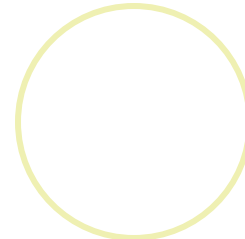
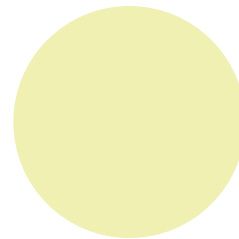
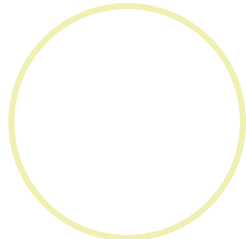
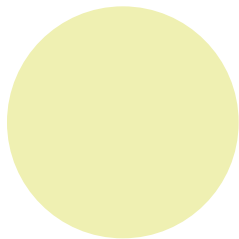
Моцарелла (Mozzarella)

- Типичный сыр семейства «паста филата» (мягкий сыр с вытянутым сгустком)
- Классический МДВ 56-66%, МДЖ > 44%; моцарелла для пиццы – МДВ 50-52 %, МДЖ понижена
- Имеет различную форму: округлую, овальную или яйцевидную, масса от 50 до 500 г
- Методы производства различны, в зависимости от рыночных условий. Сгусток для сыра моцарелла чаще получают с применением сычуга, реже – с помощью кислотного осаждения (кислота или смесь кислот).

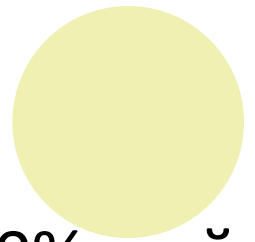
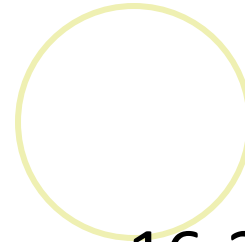
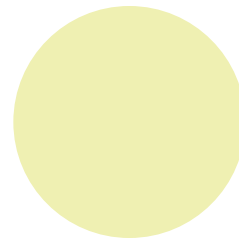
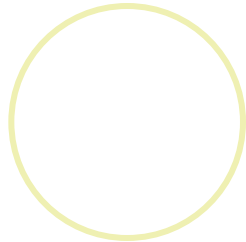
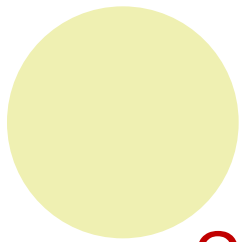
- Молоко Буйволиное, коровье молоко или их смесь. Обычно используют свежее молоко, тщательно очищенное от посторонних примесей
- Тепловая обработка В ряде случаев не производится. Температура пастеризации – 65,6-75 °C
- Добавки 3 г хлорида кальция и 10 г нитрата натрия на 100 л молока
- Закваска Вносят 0,05-0,5% термофильных заквасочных культур *S. thermophilus* и *L. bulgaricus* при температуре 31-32 °C. Оставляют до повышения кислотности на 2 °T.
- Свертывание. Вносят 10-20 мл сычужного экстракта на 100 мл молока при температуре 31-32 °C (иногда при 35 °C)
Сгусток должен стать плотным и готовым к разрезке за 25-45 мин, однако для более холодного молока период созревания может составлять 75 мин. Сгусток должен ровно разламываться.



- Разрезка сгустка Сгусток разрезают на частицы размером 1-1,5 см. Затем **в течение 5 мин вымешивают** для обсушки сырного зерна, после чего зерно **осаждается в течение 30 мин**
- Оставляют сырную массу в теплом состоянии в течение 3-4 ч (летом) и до 8 ч (зимой) (некоторые производители нагревают сыворотку до 40°C и выливают обратно в сырную массу), чтобы её кислотность достигла нужного уровня.
- Удаление сыворотки Медленно отделяют сыворотку; разрезают сырную массу на блоки размером 20 см. **Промывают в холодной воде** и оставляют для обсушки.
- Созревание Блоки укладывают в серпанку и переносят в прохладное помещение с температурой **4-5 °C**. Для кислотного сыра может потребоваться сверху покрыть сырную массу колотым льдом.



- Плавление и вытягивание Проверяют готовность сырной массы к плавлению, прислонив кусочек тестом на «горячее железо» или помещают часть сырной массы в горячую воду (82 °С). При нужном уровне кислотности (рН 5,1-5,4) горячая сырная масса должна вытягиваться до 1 м в длину.
- Извлекают сырную массу из серпянки и нарезают на более мелкие кусочки, которые погружают в горячую воду так, чтобы она полностью их покрывала. Температура в смесителе должна составлять 70-82 °С. Оставляют сырную массу на некоторое время для нагревания, а затем вымешивают до пластичного однородного состояния.
- Формование Горячую пластичную сырную массу выкладывают в жесткие формы из нержавеющей стали и придают ей нужную форму. Быстро охлаждают в холодной воде и оставляют в ней на 1 ч.



- Посолка Охлажденный сыр погружают в 16-20%-ный рассол с температурой 8-10 °С на достаточное время (от 5 мин до 24 ч) для достижения МДС в сыре 1,6%. Продолжительность выдерживания в рассоле зависит от его концентрации и размера сыра.
- После посолки в рассоле сыр обсушивают в течение часа.
- Созревание Обычно сыр употребляют в пищу свежим, однако иногда некоторое время хранят при температуре 4 °С.
- Упаковывание Сыр часто герметично упаковывают в пленку из поливинилиденхлорида или в ламинированные мешки.

- **Традиционная посолка** – выдерживание сыра в рассоле практически не применяется для данных сыров.
- При осуществлении посолки во время вытягивания добавляют рассол с МДС 1-2% или небольшое количество насыщенного соляного раствора добавляют перед формованием. Можно просто посыпать сыр сухой солью.
- В секции, где сгусток вымешивают, посолку обычно осуществляют путем внесения насыщенного рассола.
- Другой способ заключается в подсаливании воды – непосредственно в процессе подготовки горячей воды для вытягивания – если эта вода частично или полностью рециркулируется. С помощью автоматической системы измерения электропроводности воды для вытягивания МДС в воде и, следовательно, в сыре поддерживаются одинаковыми.
- Процедуру посолки иногда завершают добавлением рассола (концентрацией 1,0-1,5%) в упаковку.

Отечественные сыры

- Наиболее распространённым представителем этой подгруппы сыров является сыр Сулугуни
- Обработка сгустка, сырного зерна и пласта напоминают в известной степени процесс выработки чеддера



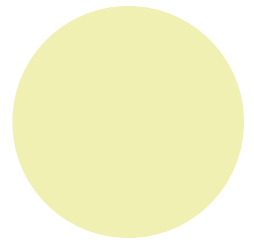
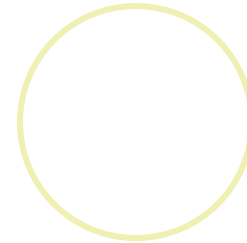
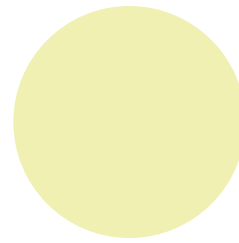
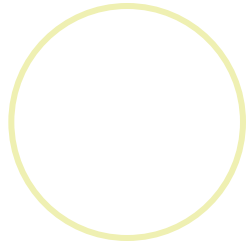
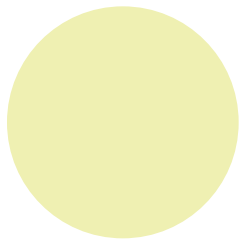
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СУЛУГУНИ

- Зрелое молоко (1-2% закваски)
- Свертывание: 30-35 мин при 33-35° С
- Величина сырного зерна(СЗ): к началу разрезки – 10-15 мм; к концу постановки – 6-10 мм
- Разрезка и постановка СЗ – 10-25 мин
- Температура 2-го нагревания – 34-37 °С
- Готовое зерно оседает на дно, удаление 70% сыворотки
- Чеддеризация: под слоем сыворотки. Сырная масса созревает в пласте 5-8 ч при 30-35 °С. Пласт систематически переворачивают
- Кислотность сыворотки в конце чеддеризации 70-80 °Т, сырной массы – 140-170 °Т, рН 5,1-5,3
- Плавление при 75 °С до однородной тягучей массы
- Формование, охлаждение
- Посолка в рассоле (концентрация соли – 18-22%, температура - 8-12 °С)

Чечил

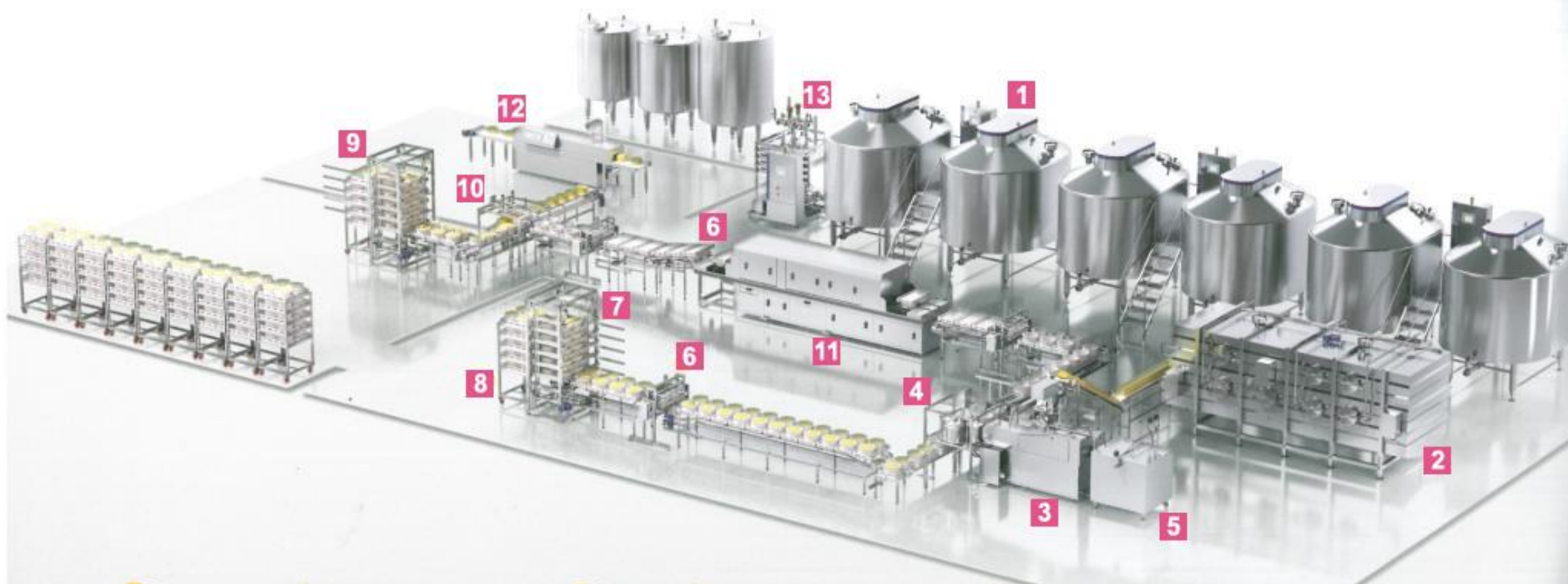


- Занимает промежуточное положение между кисломолочными сырами
- Распространен в Армении и в Закавказье
- Вырабатывается, в основном, из обезжиренного коровьего молока, а также из смеси коровьего, овечьего и козьего молока
- Молоко выдерживают для скисания при 35-40 °С или добавляют в него кислые сыворотку или молоко
- Кислотность молока перед свертыванием: коровьего – 45-50 °С, овечьего – 100-110 °С
- Свертывание СФ (1 г /250-300 л) – при 38-40 °С в течение 5-10 мин.



- Немедленно после начала образования сгустка температуру доводят до 48-55 °С при постоянном помешивании
- Сначала образуются хлопья, которые затем склеиваются, в результате чего получаются длинные жгуты диаметром 6-8 см. Из этих жгутов, постепенно вытягиваемых из сырной ванны на стол, делают мотки.
- После связывания в мотки сыр поливают холодной водой и переносят в рассол (МДС 16-19%).
- При выдержке на столе происходит чеддеризация, с перенесением в рассол сыр консервируется
- Состав: МДЖ в СВ – до 10%, МДВ < 60%, МДС = 4-8%.

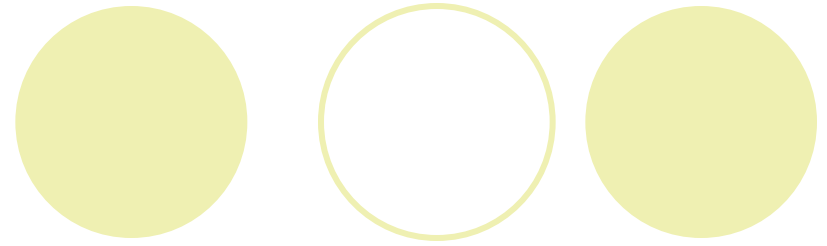
Линия с автоматизированным формованием сыров типа «Сулугуни» и пиццерийных сыров



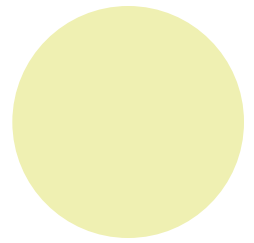
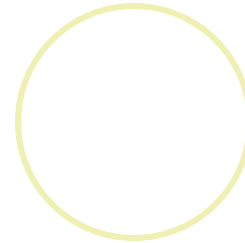
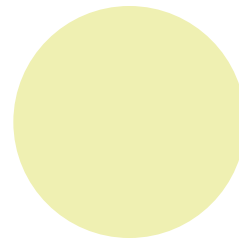
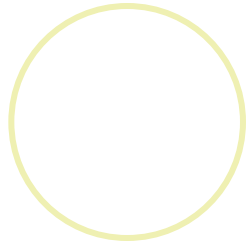
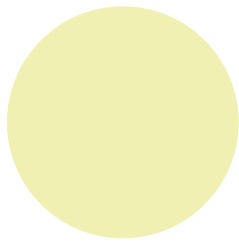
Обозначение: 1. Вертикальный сыроизготовитель; 2. Модуль непрерывного отделения сыворотки и чеддеризации сырного зерна; 3. Модуль термопластификации сыра; 4. Модуль дозирования сыра; 5. Модуль поддержания концентрации солевого раствора; 6. Кантователь мультиформ; 7. Штабелер; 8. Расштабелер; 9. Передвижные стеллажи; 10. Модуль извлечения продукта из мультиформ; 11. Туннельная мойка; 12. Упаковочный автомат; 13. CIP мойка

Описание технологического процесса

- В сыроизготовитель с аппаратного участка подается нормализованное и термизованное при 65°C молоко. Коагуляция, порезка и сушка зерна протекает согласно технологическим параметрам необходимым для производства определенного типа сыра, технологические параметры задаются автоматически.
- Готовая сывороточно-зерновая смесь транспортируется к модулю непрерывного отделения сыворотки и чеддеризации, при этом процесс протекает в течение 40 мин в заданных условиях.
- Готовая чеддеризованная сырная масса нарезается на выходе при помощи пневматической гильотины на куски, которые подаются для обработки в модуль термопластификации сыра.



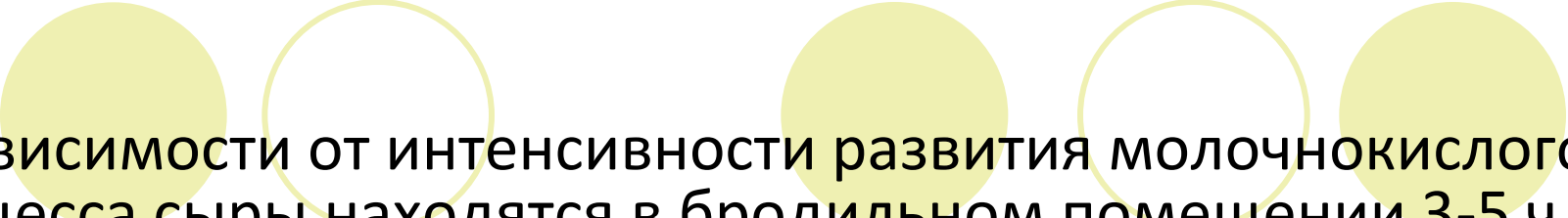
- Термопластифицированная (расплавленная) масса автоматически заполняет мультиформы, которые установлены на дренирующей поверхности.
- Следующие 5 мин формы стоят неподвижно, с целью одностороннего формирования сырной головки, после чего переворачивается на 180° при помощи кантователя.
- Затем при помощи штабелера заполненные формы укладываются на передвижные стеллажи, которые вручную отправляют в холодильную камеру, где охлаждается до $12-15^\circ\text{C}$.
- Процесс охлаждения длится от 2 часов до 12 часов, в зависимости от массы головок.

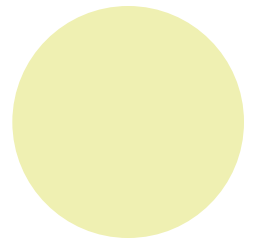
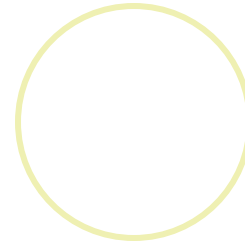
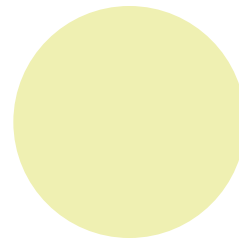
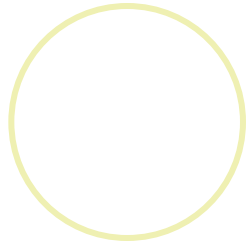
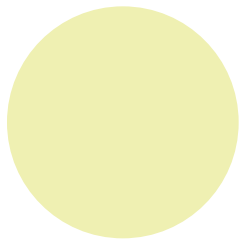


- После охлаждения продукта, передвижные стеллажи вручную направляют к расштабелеру, а мультиформы при помощи конвейера направляются на участок, где готовый продукт извлекается из форм и направляется на упаковку.
- Мультиформы переворачиваются и транспортируются к туннельной мойке.
- После чего они снова переворачиваются и повторно заполняются продуктом.
- Процесс полностью автоматизирован, за исключением охлаждения продукта.

Сыры с пареным тестом

- Сырную массу формуют наливом по общепринятой методике. Установив готовность зерна, отливают 60-65% сыворотки, оставшуюся массу самотеком подают через распределительную групповую воронку в перфорированные формы. Продолжительность формования – от 8 до 15 мин
- После формования и уплотнения сырной массы сыр переворачивают 2 раза и отправляют в бродильную камеру
- На стадии самопрессования формы с сыром помещают в ячейки специального закрытого устройства (типа стола-термостата) или в бродильное помещение или в сырную ванну, обогреваемую паром, на дно которой укладывают деревянные щитки, а сверху ванну закрывают крышкой. Температура воздуха в бродильном помещении должна быть 30-35 °С, а в ванне стола-термостата или сырной ванне - 38-40 °С. Относительная влажность воздуха – 100%.

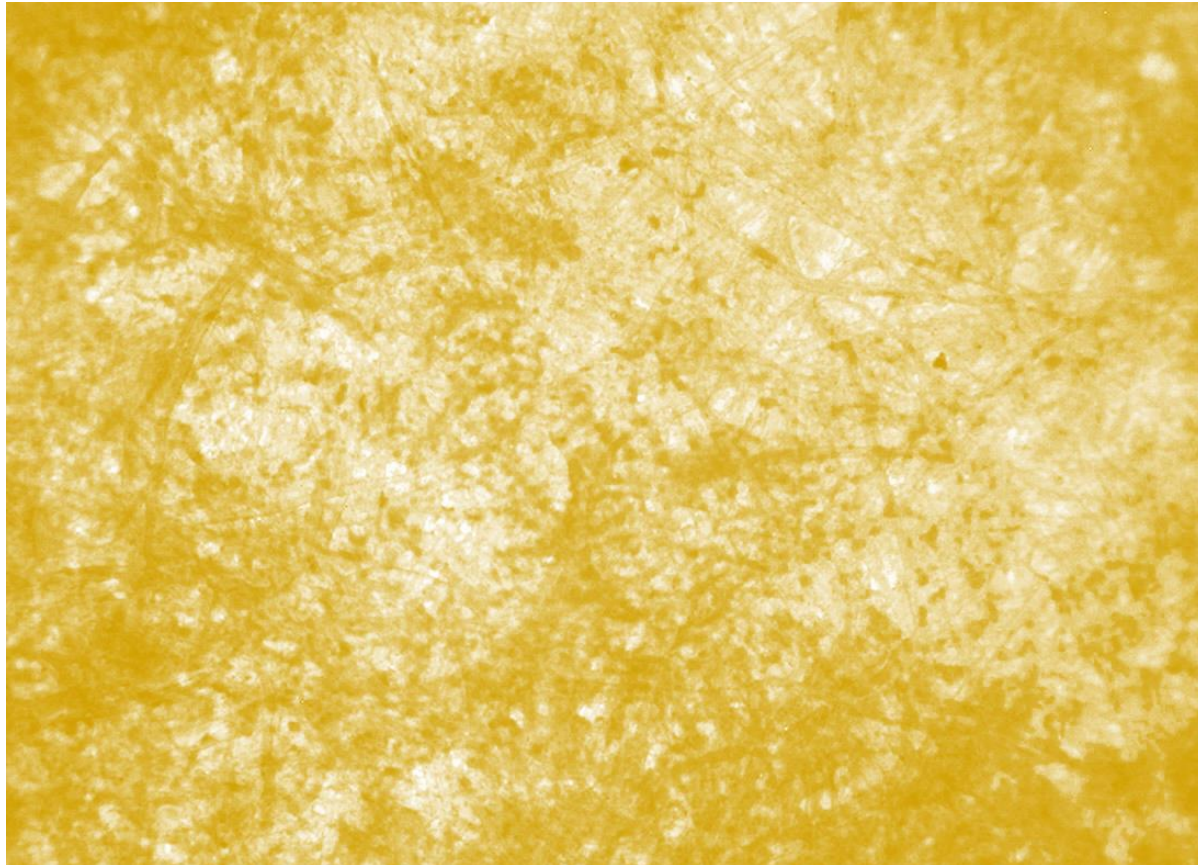
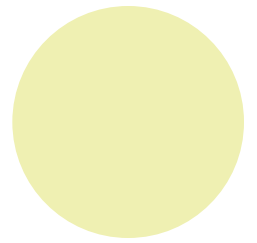
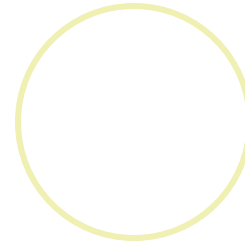
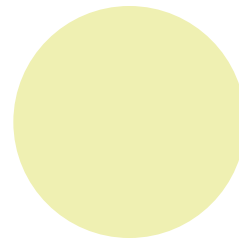
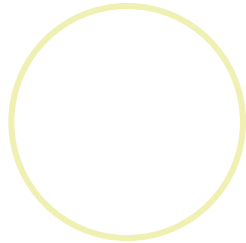
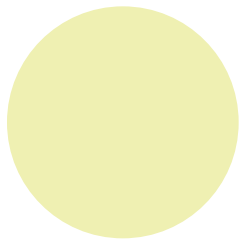
- 
- В зависимости от интенсивности развития молочнокислого процесса сыры находятся в бродильном помещении 3-5 ч, а в ваннах столов-термостатов - 2-3 ч.
 - Затем сыры помещают в камеру с температурой 18-20°C и выдерживают еще один час. Охлаждение можно проводить в соляном отделении или специальном помещении
 - Кислотность сырной массы можно регулировать, изменяя продолжительность и температуру выдержки сыра в парилке.
 - Интенсивное нарастание активной кислотности при повышенной температуре $(39 \pm 1)^\circ\text{C}$ способствует значительному уплотнению сырной массы, особенно в первые часы самопрессования. При пониженной температуре самопрессования $(31 \pm 1)^\circ\text{C}$ pH снижается и сырная масса меньше обезвоживается. Эту зависимость используют для регулирования pH сыра и содержания в нем МДВ.



- Во время самопрессования при повышенных температурах сыры переворачивают в течение первого часа через каждые 20 мин, а в последующем – через 30-40 мин. Это обеспечивает получение сыра правильной формы с хорошо замкнутой поверхностью полотен
- Чтобы получить сыр высокого качества, в сырной массе перед посолкой должно быть 50-48% влаги, а рН сырного теста – 5,4-5,3 ед. рН
- Сыр солят в рассоле с МДС соли от 18 до 24% при температуре 8-12°C
- После посолки сыр выдерживают 2- 3 сут в соляном или специальном помещении для обсушки при температуре 8-12°C и относительной влажностью $(90 \pm 2)\%$
- Оптимальные физико-химические показатели свежего сыра: МДВ от 47 до 48 %, МДС от 1,8 до 2,2%, активная кислотность от 5,2 до 5,4 ед.рН

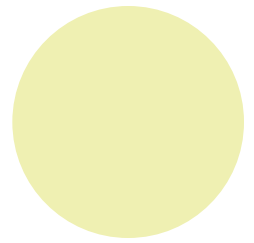
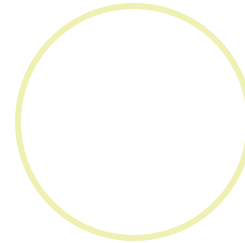
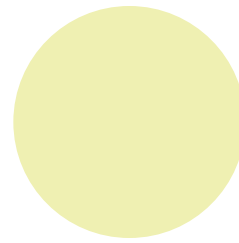
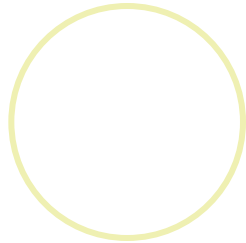
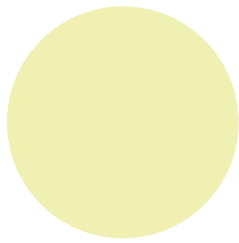
Исследование образования волокнистой структуры в сырах

- Сычужное свертывание является первым этапом концентрирования белков и жира молока.
- В начале агрегации мицеллы параказеина образуют цепочки, в которых отдельные звенья соединяются друг с другом в нескольких точках поверхности.
- По мере увеличения площади контактов цепочки постепенно образуют пряди шириной в 1-4 и длиной до 10 мицелл.
- К моменту образования видимого сгустка пряди соединяются между собой посредством поперечных связей, формируя таким образом мелкоячеистую негомогенную структуру геля. Внутри ячеек содержатся жировые шарики и сыворотка.
- Жесткость казеинового каркаса определяет реологические свойства сгустка, а спиралеобразная форма казеиновых прядей придает сгустку упругость.

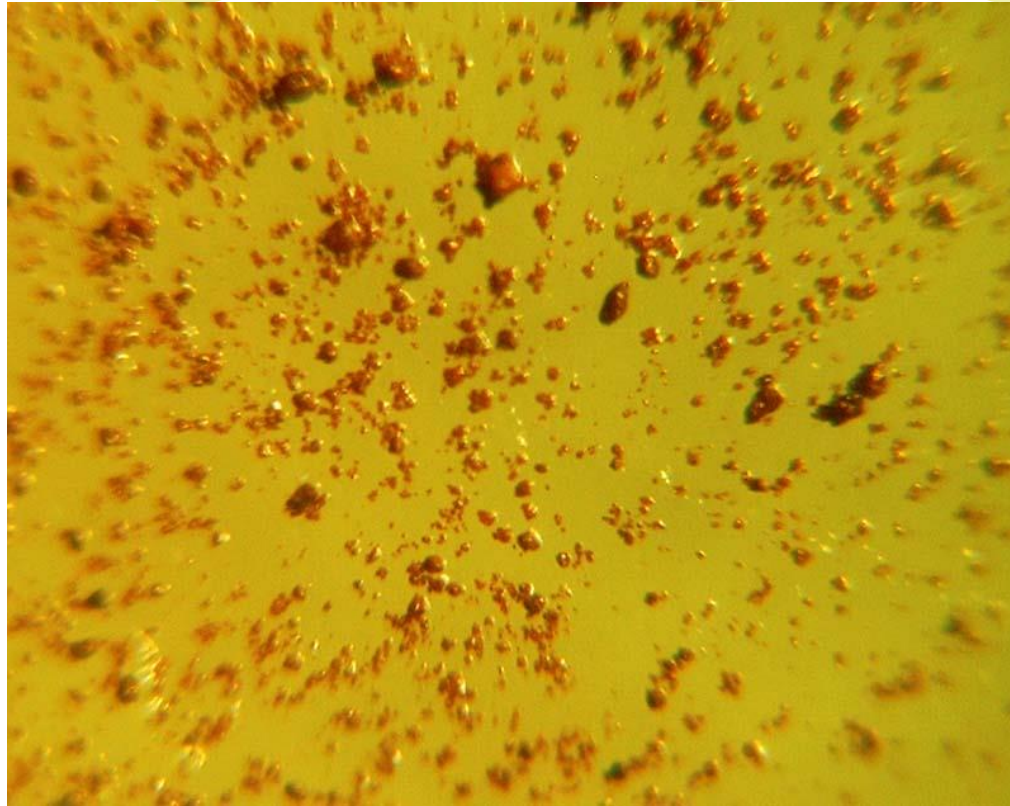


Структура сырной массы после чеддеризации,
без механообработки

- ЖШ служат как бы шарнирной опорой казеиновому каркасу, не ограничивая перемещение прядей относительно друг друга.
- По мере уплотнения сгустка группы мицелл, объединяясь, образуют конгломераты, между которыми образуются поры.
- Затем эти конгломераты постепенно сливаются в сплошную массу параказеина.
- В процессе свертывания за счет образования множества новых связей сгусток как бы становится единой параказеиновой «мицеллой» с многочисленными порами, которые заполняются образующейся сывороткой.
- В образовании сгустка особую роль играют ионы Ca^{2+} : они осуществляют перекрестные связи мицелл друг с другом
- При разрезке и постановке сгустка образуются сырные зерна, т.е. сплошная параказеиновая мицелла искусственно делится на более мелкие параказеиновые образования.
- В процессе обработки сгустка сырные зерна покрываются оболочкой, которая служит пограничным слоем при разделе двух фаз: белково-жирового концентрата и сыворотки.

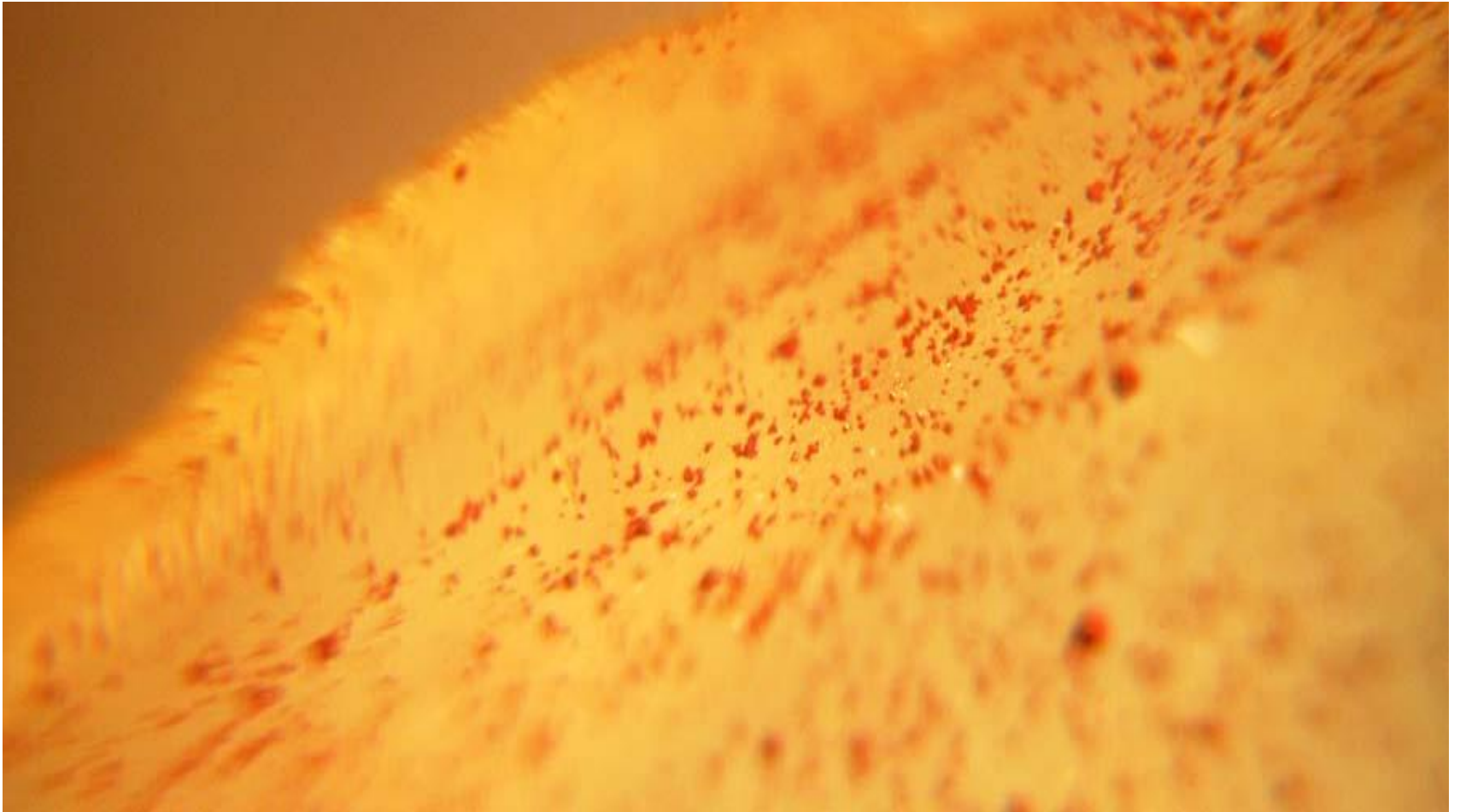


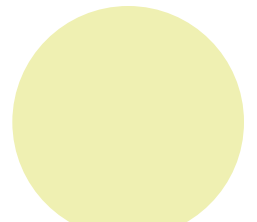
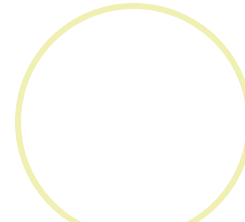
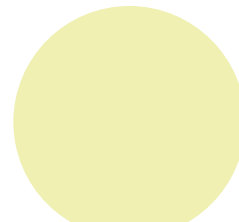
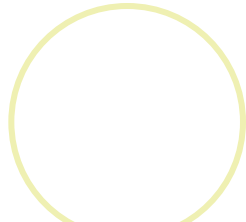
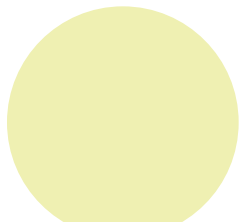
- Повышение активной кислотности способствует выделению сыворотки из зерен и вызывает частичное растворение содержащихся в них солей кальция. Активный Са осуществляет установление вторичных связей, необходимых для сжатия параказеиновых прядей.
- Если сычужное свертывание молока проводить при повышенной кислотности (21-25°Т и, соответственно, рН 6,2-6,1), то уже на этой стадии переход кальция в сыворотку резко возрастает за счет поступления в нее коллоидного фосфата кальция (КФК) из нативных мицелл казеина.
- Таким образом, роль выделения сыворотки из сгустка заключается не только в нормировании содержания влаги в сырном зерне.
- Выделение сыворотки позволяет также регулировать уровень выхода Са из сырного зерна и степень удаления из него молочного сахара. Деминерализация заключается в постепенном переходе в сыворотку коллоидного кальция, связанного с параказеиновой мицеллой. Этот переход происходит под действием молочной кислоты, образующейся при сбраживании лактозы заквасочной микрофлорой.



Выделение солей кальция в свободное
состояние

Послойное выделение солей кальция на поверхности волокон сырной массы

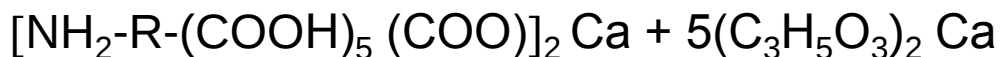




- Кислотность смеси сыворотки с сырным зерном влияет не только на скорость синерезиса, но и на состав сыворотки и сырной массы, прежде всего – на содержание в них Са. Причем содержание кальция в сыворотке и сгустке не меняется при снижении pH до 6,25.
- При pH ниже этого уровня содержание кальция в сыворотке начинает быстро увеличиваться, а в сгустке – уменьшаться. Количество кальция, остающегося связанным с параказеином, определяет большую часть физических свойств сгустка и играет важное значение в формировании заданной структуры сыра.
- Для сыров с образованием волокнистой структуры это особенно важно, поскольку к началу процесса чеддеризации сырное зерно обычно характеризуется значениями pH на уровне 6,0-5,9, т.е. содержание Са в нем уже должно быть пониженным.

- 
- При чеддеризации сырной массы происходит интенсификация процесса молочнокислого брожения, т.е. ускорение образования молочной кислоты и возрастание скорости выхода Са из сырного зерна.
 - Следует отметить, что нарастание кислотности сыворотки в начальный период чеддеризации значительно превышает нарастание кислотности в сырном зерне.
 - В дальнейшем, когда кислотность сыворотки достигает уровня pH порядка 5,15-5,10, интенсифицируется процесс нарастания кислотности в сырной массе, т.е. чем больше сыворотки в чеддеризуемой сырной массе, тем короче процесс чеддеризации.
 - Потеря сырной массой во время чеддеризации части влаги и большей части Са сближает параказеиновые пряди, лежащие на поверхности ЖШ и образующие ячеистую структуру, и между ними возникают новые химические или физические связи.
 - Чем ближе pH сырной массы к изоэлектрической точке параказеина (5,4-5,1 ед. pH), тем более компактную форму приобретают белки.
 - Увеличиваются потери жира

- Активная кислотность влияет на структуру сыра и через протеолиз, так как чем ниже pH сыров, тем менее интенсивно идет расщепление белков.
- Во время проведения чеддеризации структура сырной массы быстро изменяется (начинает напоминать волокна куриного мяса) и приобретает характерные пластические свойства.
- Изменения, происходящие в сырной массе, связаны с образованием растворимых солей Са. Эти изменения зависят от степени преобразования параказеината кальция в монокальцийказеинат.
- $2 \text{ NH}_2\text{-R-(COO)}_6\text{Ca}_3 + 10 \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}_3 =$

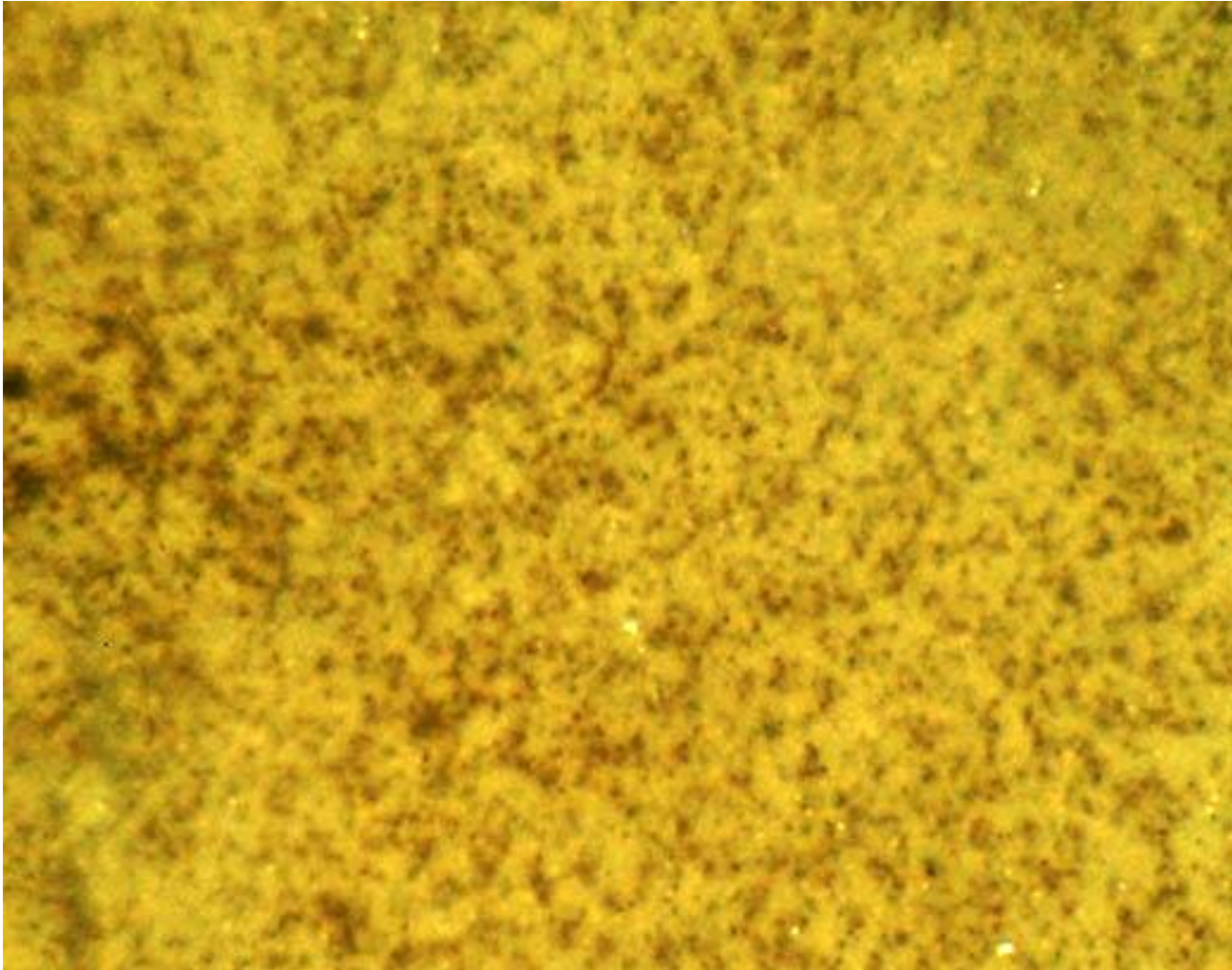


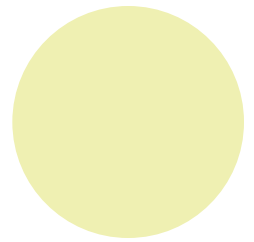
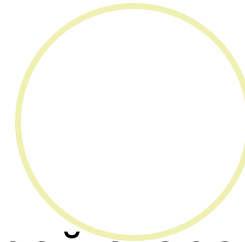
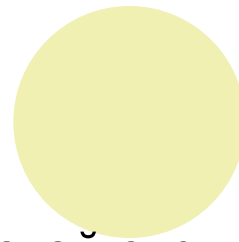
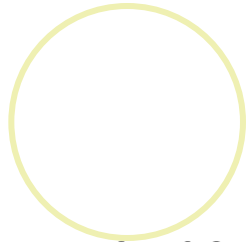
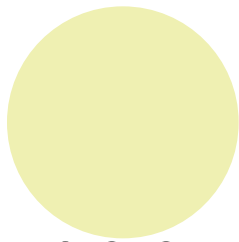
Считают, что это соединение сообщает сгустку тягучесть, которая обнаруживается при пробе на горячее железо, и специфическую структуру с характерной бархатистой нежностью на ощупь и блестящим шелковистым внешним видом

Известно, что Са, связанный с казеином (так называемый органический Са) можно удалить из мицеллы только после полного растворения неорганического, т.е. коллоидного фосфата кальция.

- В форме параказеината кальция в мицеллах, после полного удаления КФК, остается 14-16% от общего содержания кальция. Весь кальций может быть удален из мицеллы в ИЭТ параказеина.
- После полного удаления Са сырная масса приобретает текучесть – жидкий чеддер

Распределение солей кальция в сгустке

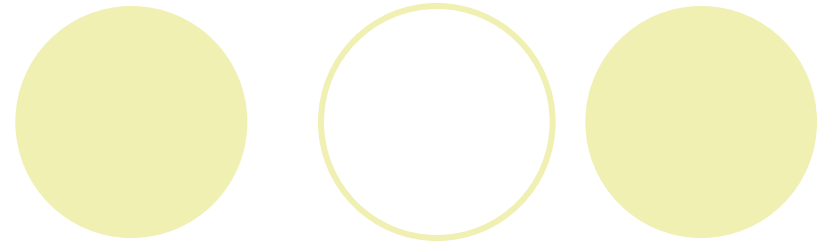




- При изготовлении сыров с волокнистой структурой скорость нарастания кислотности не должна быть слишком высокой в тот момент, когда сырная масса приобретает свойственную ей пластичность и текучесть, чтобы не придать сырному тесту чрезмерно выраженных кислотных свойств, приводящих к повышению клейкости
- Результаты плавления и последующего пластифицирования сырной массы напрямую зависят не только от параметров проведения процесса чеддеризации, но и от технологических параметров процесса подготовки молока к свертыванию и выработки сыра в ванне
- Нарастание кислотности и поддержание уровня температур должно быть плавным, что можно отследить по кривой нарастания активной кислотности. Плавная перестройка белкового каркаса обеспечивает снижение потерь жира при плавлении

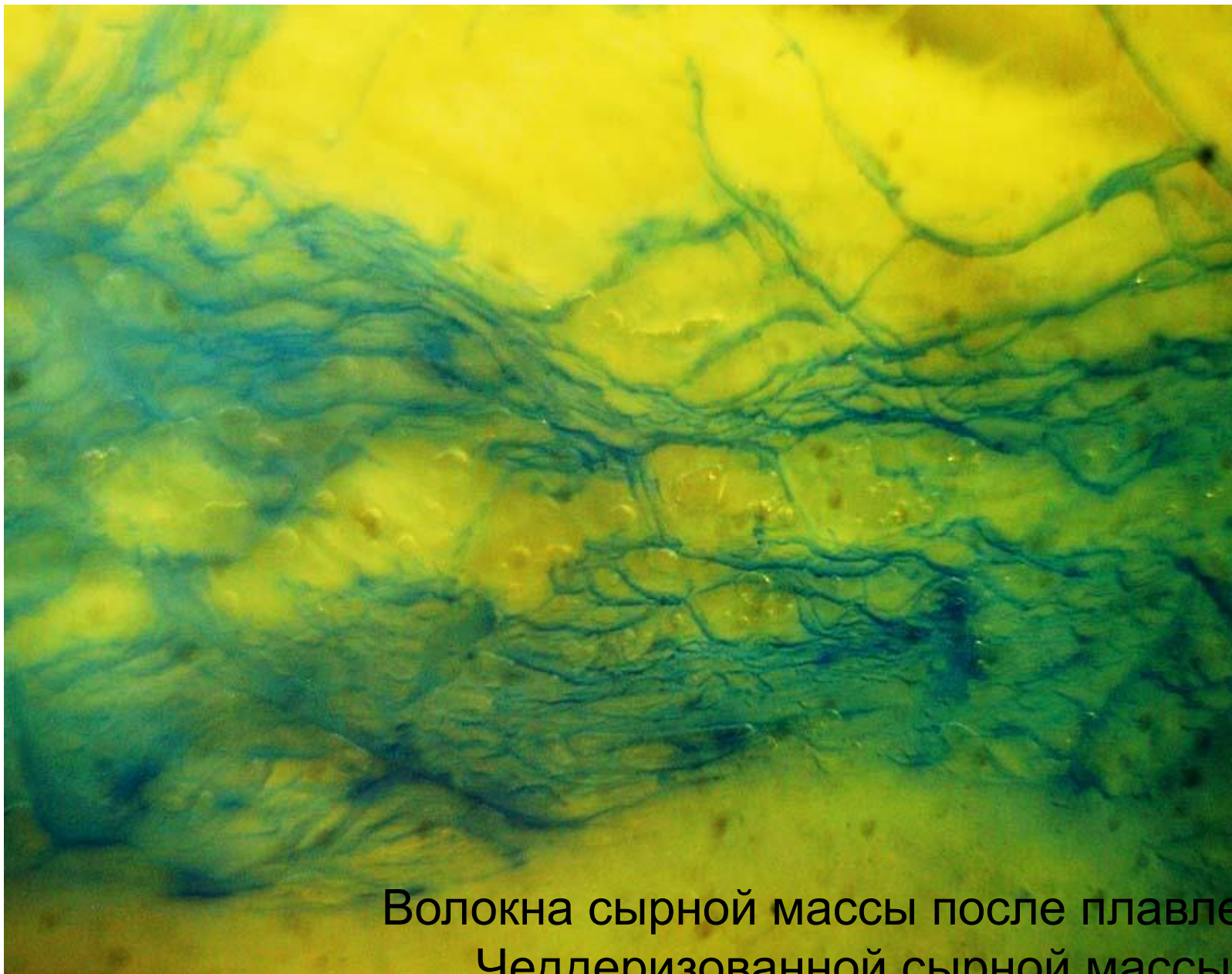
Плавление и пластифицирование сырной массы

- Характеристики процесса плавления определяются в основном состоянием параказеиновых мицелл.
- Именно структура белковых компонентов сырной массы требует наибольшего количества энергии для ее расплавления.
- Приобретая текучесть, длинные нитевидные молекулы белка должны распутываться. Для этого сырную массу необходимо нагреть до температуры в диапазоне от 65 до 95°C.
- Нижний температурный предел при вытягивании сырных жгутов обусловлен тем, что при температуре ниже 65°C сырная масса теряет текучесть, а поверхность жгутов приобретает шероховатость.



- Гарантией получения сырной массы с требуемыми параметрами волокнистости являются правильно проведенные процессы чеддеризации и плавления.
- Во-первых, чеддеризованная (созревшая) сырная масса с частично гидролизованным белком и, следовательно, сравнительно меньшими размерами белковых образований, требует меньшей энергии для распутывания структуры образовавшихся белковых прядей.
- Во-вторых, влияние плавления на способность сырной массы к пластифицированию (вытягиванию) заключается в равномерном распределении соли в сырной массе и изменением соотношения в ней свободной и связанной влаги.
- Оба эти фактора влияют на способность сырной массы к вытягиванию.

- **Температура вытягивания**
- Максимальный пик натяжения (эластичности) отмечен при **65°C**, при дальнейшем повышении температуры жгуты начинают терять прочность, а напряжение, необходимое для разрыва, становится все более низким
- Вытягиваемость (степень удлинения) жгутов достигает максимума при температуре около **70°C**, а затем постепенно снижается
- При низких температурах вытягивания сгусток может разорваться, а не вытянуться, при избыточно высоких – потерять плотность.
- При производстве сыра «Моцарелла» со специфическими функциональными характеристиками влияние содержания жира и влаги на способность сгустка к вытягиванию особенно важно
- Каждый сыр имеет свой диапазон температур плавления, и вытягивание за пределами этого диапазона невозможно
- Самая высокая оптимальная температура плавления соответствует сырам с наименьшей МДВ
- ***Чем выше МДВ в сырах***, тем ниже температуры, при которых образуется волокнистая структура, кроме того, ***диапазон температур***, при которых возможно вытягивание, ***становится значительно шире***

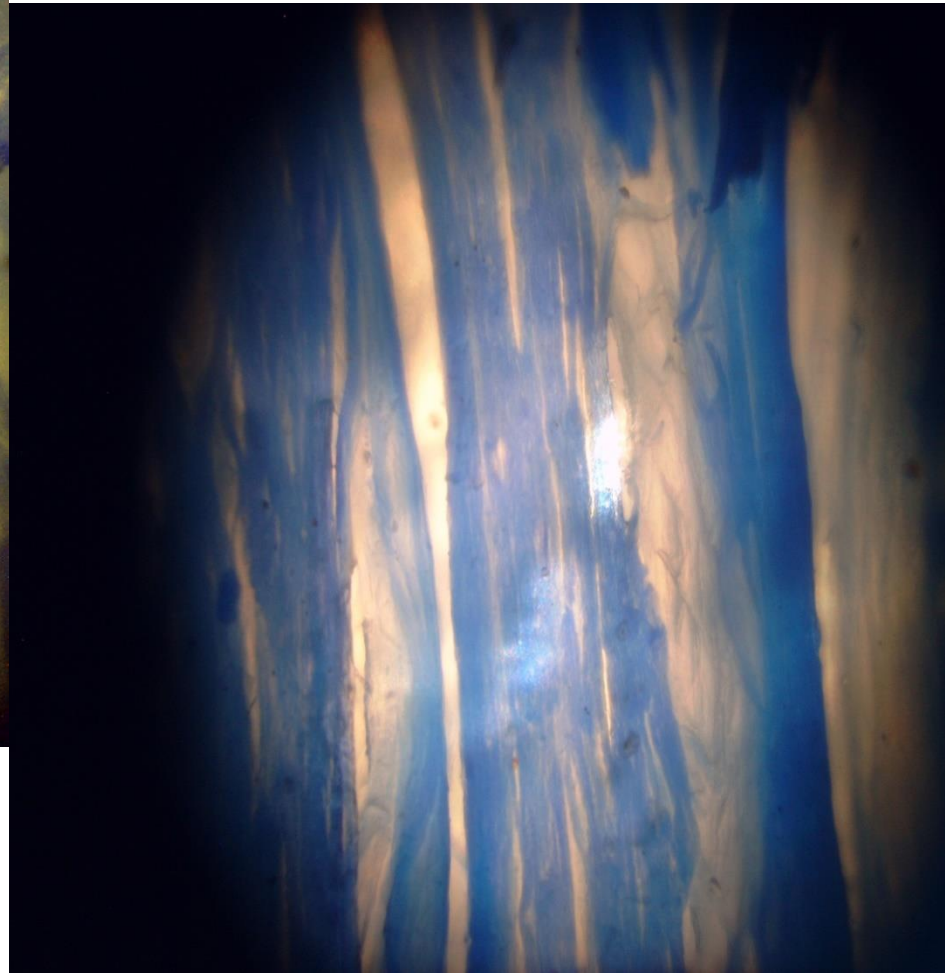
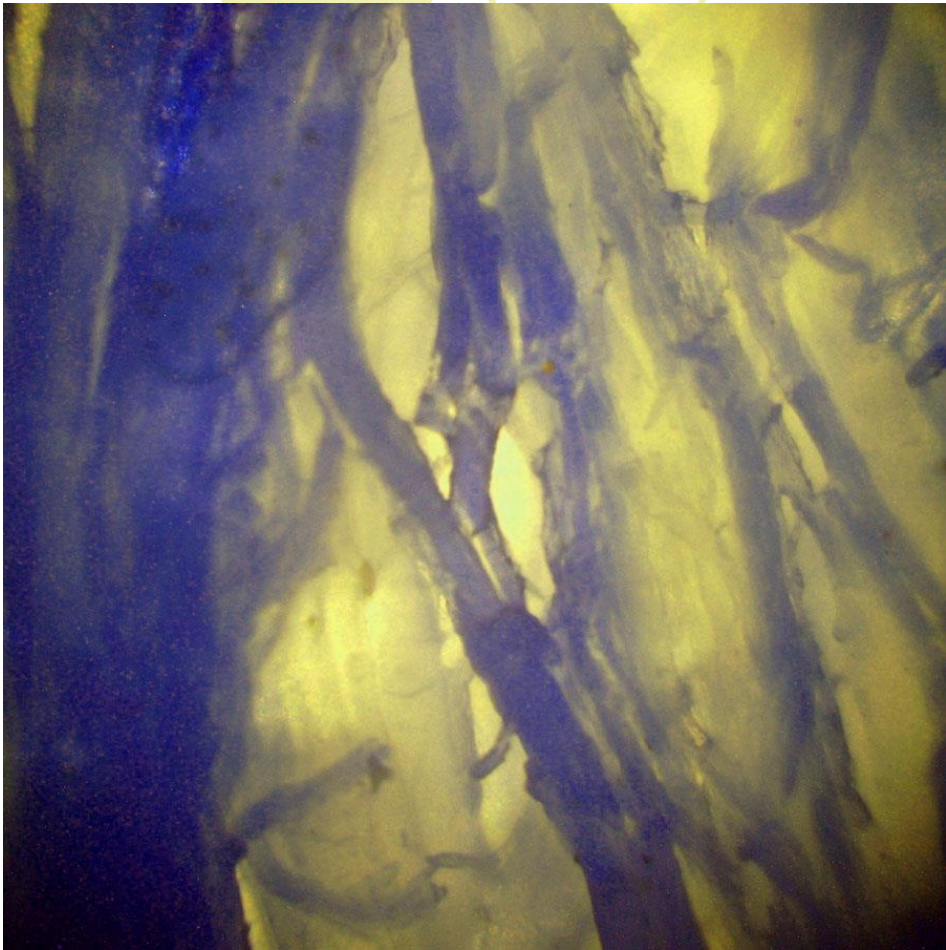


Волокна сырной массы после плавления
Чеддеризованной сырной массы

Способ вытягивания

- При вытягивании в жидкой среде из сгустка удаляется много жира и растворимых веществ. При этом, за счет массообмена, значительно увеличивается масса сыра относительно массы сгустка, что объясняется включением воды в сырное тесто.
- В зависимости от вида вытягивания (ручного или механического) изменяется количество захваченной влаги.
- При промышленном производстве «Моцареллы» из коровьего молока сгусток дробят с помощью специального измельчителя, полученные кусочки направляют в ванну с горячей водой для пропитывания.
- Кусочки сгустка вымешивают при постоянном повышении температуры до уровня температуры вытягивания.
- В ванне для пропитывания под действием вращающегося шнека происходит предварительное вытягивание сгустка.
- Затем сгусток направляют в аппараты для собственно (вторичного) вытягивания: 1) под названием «погружающиеся руки» или
- 2) колесо с педалью.

Структура волокон сырной массы



- Вид оборудования также влияет на структуру сгустка: «погружающиеся руки» вытягивают сгусток в большей степени, что способствует большему включению воды.
- В секцию формования вытянутый сгусток поступает с помощью систем с вращающимся шнеком. Сгустку на этой стадии можно придать любую форму, но для сохранения формы необходимо быстрое охлаждение
- Традиционно температуру сгустка регулируют первым быстрым охлаждением в холодной воде, а затем – в ледяной воде для достижения окончательной температуры 5-6°C, что дает возможность продлить сроки хранения в условиях низких температур
- Иногда стадию охлаждения совмещают с посолкой
- Процедуру посолки иногда завершают добавлением рассола (концентрацией 1-1,5%) в упаковку.
- Традиционная посолка – это вымачивание сыра в рассоле с МДС 12-15% с разной продолжительностью в зависимости от размера сыра. В зарубежных источниках этот метод считается устаревшим.



● Роль ферментов

- Условием формирования слоисто-волокнистой структуры сырной массы является образование плотного сгустка, содержащего большое количество неразрушенных фракций нативного казеина. Химозин обладает специфическим действием по сравнению с другими коагулянтами: он обладает высокой молокосвертывающей способностью при низкой протеолитической активности
- При производстве этой группы сыров нужно использовать термолабильные ферменты (сычужный фермент, говяжий и свиной пепсин, каймакс, максирен), которые инактивируются при низких температурах, тем самым, препятствуя протеолизу, что ведет к сохранению волокнистой структуры
- Отклонения от оптимальной температуры также приводят к нежелательным результатам

● Почему сырный пласт режут на бруски?

● Сыры группы чеддера

- Степень деформации сырной массы оказывает существенное влияние на влагосодержание и пластические свойства продукта. Ограничение сырной массы к растеканию хотя бы с одной из сторон снижает ее пластические свойства и влагосодержание в конце чеддеризации. В связи с этим в практике сыроделия во время созревания массу режут на бруски, которые периодически перекладывают и переворачивают для комбинирования давления, что позволяет получать сыр высокого качества.
- Отдельные сырные зерна под воздействием внешних прессующих нагрузок деформируются, при этом влага и жир, находящиеся между зёрнами, выполняют роль смазки и облегчают их взаимное смешение. Происходит процесс вытягивания сырной массы, увеличиваются ее линейные размеры, появляется слоистость.

- **Сыры группы сулугуни**

- При чеддеризации в ограниченном объеме сырная масса к концу процесса содержит многочисленные полости, заполненные сывороткой. Это снижает связность сырного теста и приводит к потерям жира и белка при плавлении
- Во время чеддеризации под слоем сыворотки структурные изменения сырной массы выражены в меньшей степени за счет снижения давления на пласт
- Для придания продукту пластических свойств целесообразно осуществлять чеддеризацию **комбинированным способом** – под слоем сыворотки, после чего сыворотку слить и дозревание пласта сочетать с самопрессованием. С этой же целью рекомендуется производить подпрессовку пласта давлением 0,1-0,5 кг на 1 кг сырной массы.

● Сыры группы «паста филата»

- при производстве этой группы сыров нужно использовать термолабильные ферменты (сычужный фермент, говяжий и свиной пепсин, каймакс, максирен), которые инактивируются при низких температурах, тем самым, препятствуя протеолизу, что ведет к сохранению волокнистой структуры
- При оптимальных значениях pH содержание Са в сырной массе уменьшается почти на 75% по сравнению с исходным. Опыт итальянских ученых показал, что при значениях pH выше 5,2 сырная масса получается недостаточно зрелой и характеризуется клейкостью и пластичностью, недостаточной для оптимального вытягивания. С другой стороны, значения pH менее 4,9 соответствуют перекишей сырной массе, которая плохо вытягивается и рано разрывается из-за короткого волокна

- В форме параказеината Са в мицеллах, после полного удаления КФК, остается 14-16% от общего содержания Са.
- существует момент в процессе чеддеризации сырной массы, когда она приобретает особые свойства, наиболее благоприятные для плавления. Этот момент соответствует рН сырной массы 5,1-5,3 ед., при которой параказеин близок к изоэлектрическому состоянию
- Чеддеризацию проводят при температуре, оптимальной для развития внесенной в молоко заквасочной микрофлоры. Обычно это 28-32°C, для некоторых видов сыров – 33-38°C. Продолжительность – от 40 мин (для «Сулугуни») до 4 ч (для «Чеддера» и других видов сыров), при этом обеспечивается свободное выделение и удаление сыворотки, а также газообразных продуктов брожения и окисления. За этот период основная масса лактозы сбраживается, а сырная масса обезвоживается до содержания влаги 38-40% .В результате повышения кислотности сырной массы и обеднения ее Са она становится мягкой, пластичной, с глянцевой поверхностью. Одновременно образуется и выделяется значительный объем газообразующих продуктов брожения, которые создают многочисленные глазки и пустоты в сырной массе

- Можно подкислять молоко и с помощью органических кислот перед коагуляцией. Кислота вызывает частичную деминерализацию мицелл казеина и создает условия, необходимые для вытягивания, сразу же после коагуляции. Таким образом, отпадает необходимость тратить время на процесс чеддеризации сырной массы в результате молочнокислой ферментации
- Чем сильнее протеолитическое расщепление сырной массы, тем ниже его способность к вытягиванию
- Для получения сыра хорошего качества важным моментом является вытягивание сырной массы на наиболее подходящей стадии чеддеризации. Также важно плавить сырную массу при умеренной температуре для того, чтобы его консистенция была похожа на тесто, которое легко формовать.