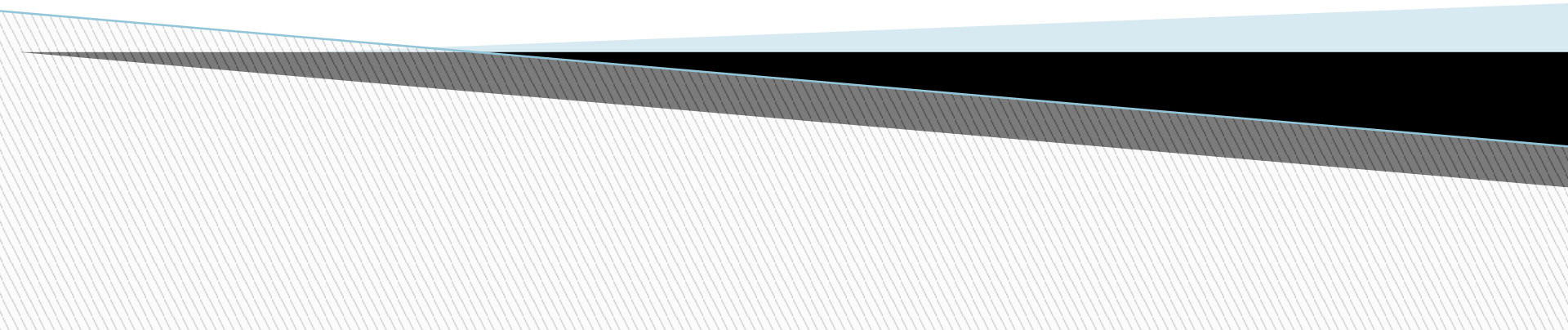


Биохимические изменения компонентов молока в процессе переработки

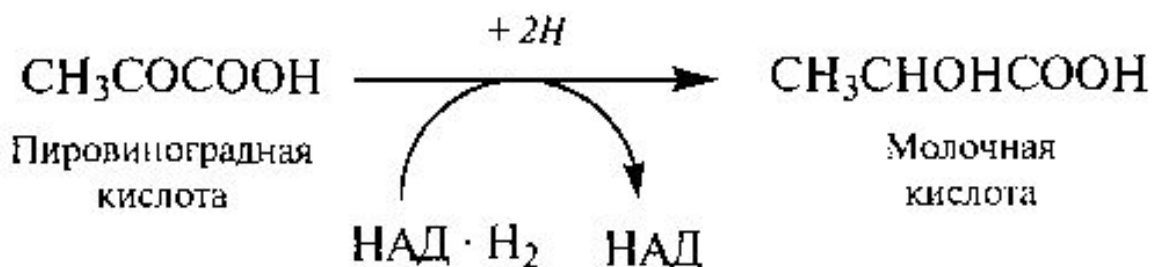
1. Брожение молочного сахара
 2. Гидролиз и окисление липидов
 3. Распад белков и аминокислот
- 

1. Брожение молочного сахара

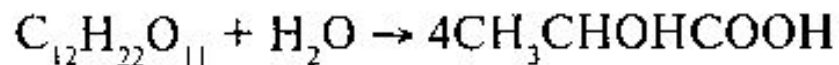
- Все типы брожения идут с получением одних и тех же промежуточных продуктов и по одному и тому же пути до образования пировиноградной кислоты.
- Затем превращения пировиноградной кислоты могут идти в разных направлениях, которые определяются специфическими особенностями микроорганизмов и условиями среды.
- Конечными продуктами брожения могут быть – молочная, пропионовая, уксусная, масляная кислоты, спирт и др. вещества.

Молочно-кислое брожение

- По характеру продуктов сбраживания глюкозы м/к бактерии относятся к гомоферментативным и гетероферментативным. Гомоферментативное образует в основном молочную кислоту (> 90%), гетероферментативное – около 50% галактозы превращают в молочную кислоту, а остальное – в этиловый спирт, уксусную кислоту, CO_2 .

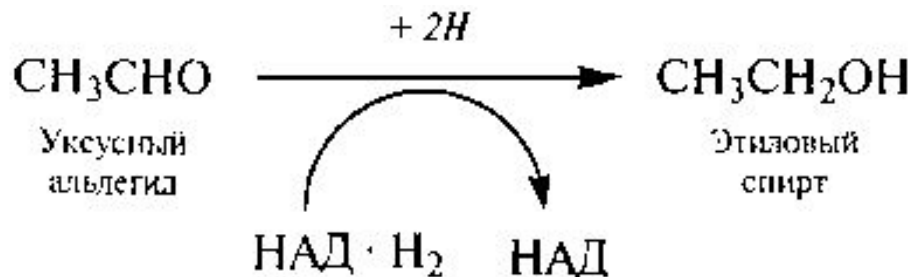


В результате из одной молекулы лактозы образуются четыре молекулы молочной кислоты:

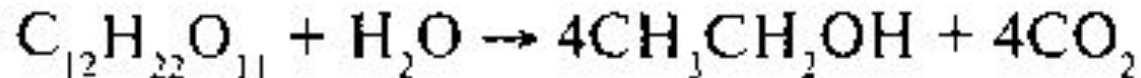


Спиртовое брожение

- Имеет место при выработке кефира, кумыса и др. кисломолочных продуктов. Возбудителями спиртового брожения являются дрожжи. Они сбраживают глюкозу с образованием этанола и CO_2 .



- Суммарное уравнение:



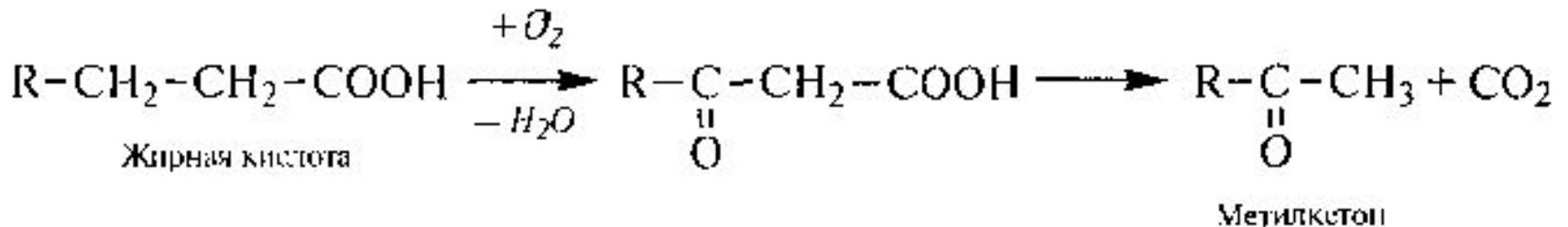
- Пропионово-кислое брожение. Возбудителем являются пропионово-кислые бактерии, которые превращают глюкозу или молочную кислоту в пропионовую и уксусную кислоты. Играет важную роль в процессе созревания сыров с высокой температурой второго нагревания.
- Масляно-кислое брожение. Проходит под действием масляно-кислых бактерий, которые сбраживают наряду с глюкозой и молочную кислоту. Известно несколько типов масляно-кислого брожения, различающихся образуемыми продуктами.
- Уксусно-кислое брожение. Происходит под действием уксуснокислых бактерий. Происходит окисление этилового спирта в уксусную кислоту.

2. Гидролиз и окисление липидов

- Гидролиз – это процесс расщепления триглицеридов жира на глицерин и жирные кислоты при взаимодействии с водой. Ускоряется под действием липолитических ферментов, высоких температур, влажности и света. Продукты распада – ди-, моноглицериды, свободные жирные кислоты.
- Ферментный гидролиз жира (липолиз) в сыром молоке явление нежелательное, т. к. образующиеся масляная и другие низкомолекулярные ж.к-ты вызывают различные пороки вкуса. При длительном хранении сырого молока при низких температурах липолиз протекает под действием нативных липаз и липолитических ферментов психротрофных бактерий.

Окисление жира

- Распад жира с образованием перекисей, альдегидов, кетонов, оксикислот и др. соединений. Вызывается ферментами, но чаще проходит химическим путем под действием кислорода воздуха и света (перекисное окисление).
- Большую роль в создании вкуса сыров играют метилкетоны, образующиеся при β -окислении жирных кислот:

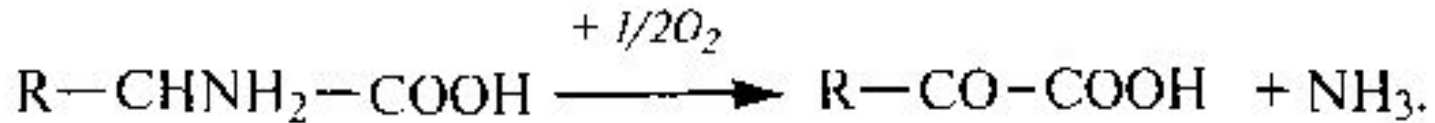


3. Распад белков и аминокислот

- Ферментативный распад белков (*протеолиз*) - в сыром молоке при хранении; при выработке, созревании и хранении к-м продуктов и сыров.
- Продуктами распада белков в молочных продуктах являются пептиды различной молекулярной массы и аминокислоты.
- Микроорганизмы расщепляют аминокислоты с образованием многочисленных промежуточных продуктов, которые накапливаются в питательной среде.
- К процессу диссимиляции аминокислот относятся реакции дезаминирования, переаминирования, декарбоксилирования и др.

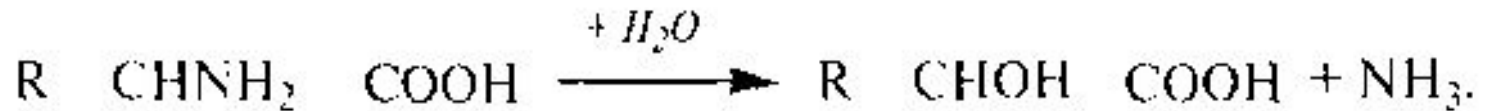
Окислительное дезаминирование

- Сопровождается образованием кетокислот:



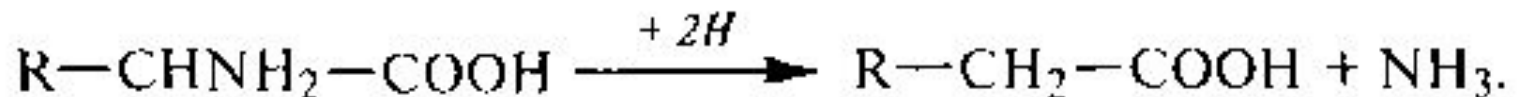
Гидролитическое дезаминирование

- Идет с присоединением воды и образованием оксикислот:



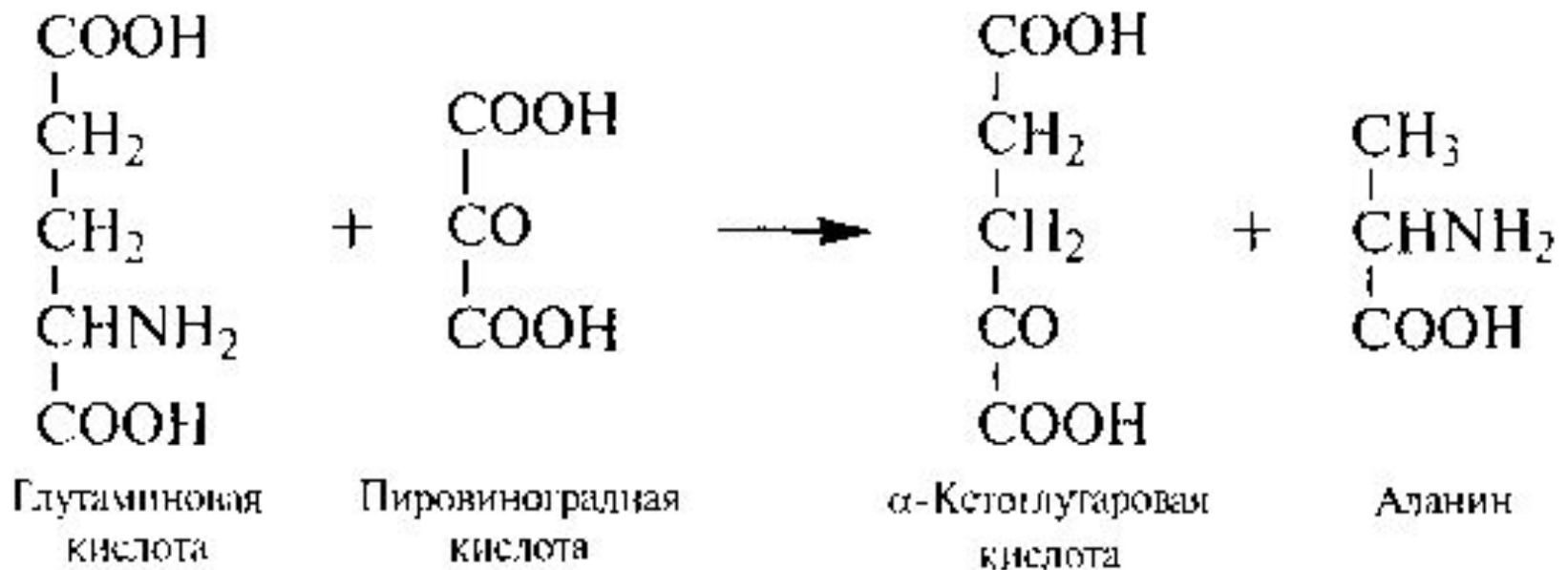
Восстановительное дезаминирование

- В результате образуются карбоновые кислоты:



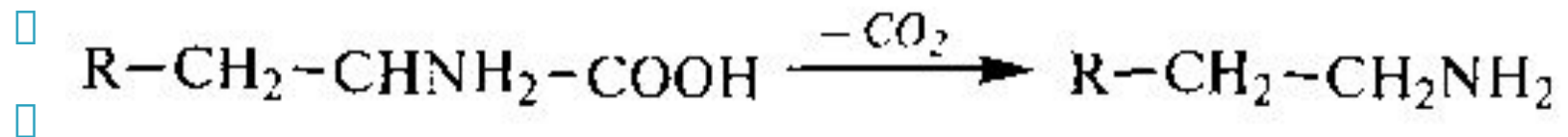
Реакция ферментного переаминирования (трансаминирования)

- Процесс переноса аминогрупп катализируется ферментами аминотрансферазами (трансаминазы).

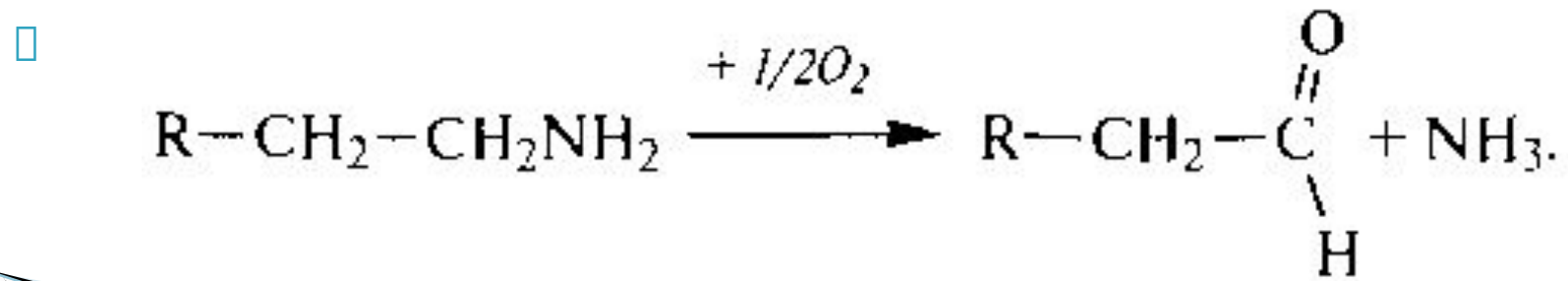


декарбоксилирование аминокислот

- в результате него образуется углекислый газ и соответствующий амин.



- Образующиеся амины могут подвергаться окислительному дезаминированию с образованием альдегидов:



ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ МОЛОКА ПРИ ХРАНЕНИИ И ОБРАБОТКЕ

1. Изменение молока при охлаждении и замораживании.
2. Изменение молока при механических воздействиях.
3. Изменение молока при тепловой обработке.

Охлаждение

- ❑ Молоко охлаждают для более длительного хранения (8-10 °С – до 1 суток; 3-5 °С – от 2 до 5 суток).
- ❑ Жир переходит из жидкого состояния в твердое → механическое воздействие может повредить белковые оболочки и привести к дестабилизации жировой фракции → активнее происходит липолиз.
- ❑ При длительном хранении уменьшается \emptyset казеиновых мицелл, увеличивается содержание γ -казеина, молоко хуже свертывается сычужным ферментом и меняется качество сгустка.
- ❑ Повышается количество ионов кальция → снижается термоустойчивость.
- ❑ Разрушается витамин С.

Медленное замораживание

- ❑ Молоко замерзает при температуре ниже минус 0,54 °С. В интервале от минус 0,54 до минус 3,5 °С в лед превращается основная часть (80— 85 %) воды, процесс льдообразования практически заканчивается при температуре минус 30 °С.
- ❑ Замораживание молока происходит неравномерно. Вначале замерзает слой чистой воды на границе раздела фаз, а в оставшейся жидкой части концентрируются компоненты молока, в том числе электролиты (соли кальция и др.).
- ❑ В концентрированном растворе увеличивается вероятность столкновения и укрупнения частиц казеина, электролиты снижают их заряд, что приводит к агрегации мицелл.
- ❑ Нарушается целостность оболочек жировых шариков.

Быстрое замораживание

- При быстром замораживании молока при температуре ниже минус 22 °С остается незамерзшей около 3–4 % воды, т. е. почти вся свободная влага переходит в лед, а в жидком состоянии находится лишь связанная влага, которая не обладает свойством растворять соли, поэтому денатурационных изменений белков не происходит. Не нарушается жировая эмульсия.

2 Изменения молока при механических воздействиях

▣ **Центробежная очистка и сепарирование**

- Сепарирование – разделение молока на сливки и обезжиренное молоко.

▣ **Перекачивание и перемешивание**

▣ **Мембранные методы обработки**

- Разделение смесей с помощью полупроницаемых мембран с размером пор менее 0,5 мкм (ультрафильтрация)

▣ **Гомогенизация**

- Термомеханическая обработка молока с целью дробления жировых шариков

Центробежная очистка и сепарирование

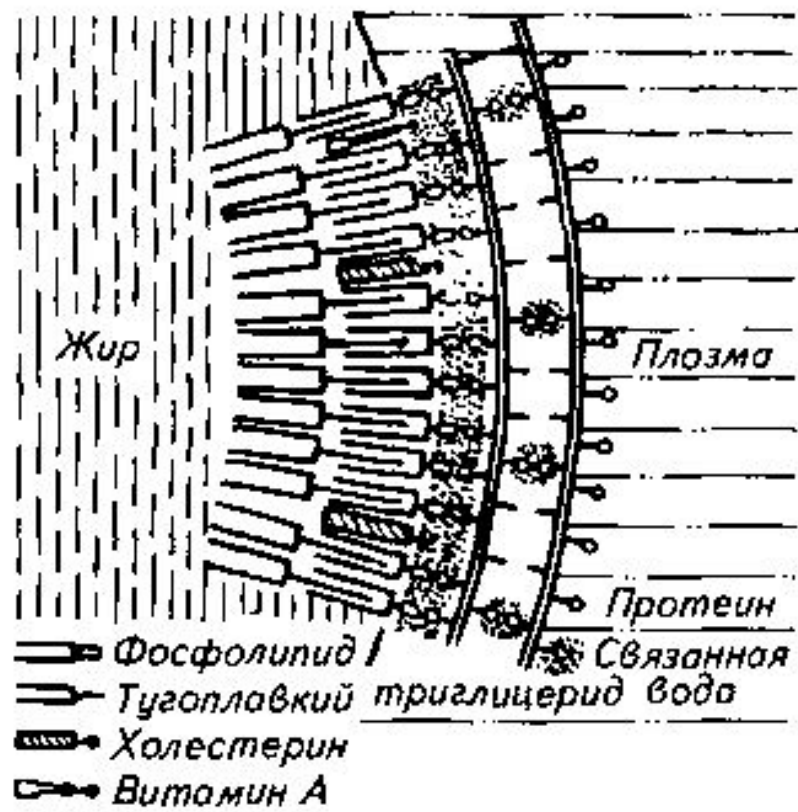
- При очистке в сепараторах-молокоочистителях в сепараторной слизи вместе с механическими примесями оседают белковые частицы, жировые шарики диаметром менее 1,5–2 мкм, а также лейкоциты и микроорганизмы. Титруемая кислотность молока уменьшается на 0,5–4 °Т.
- Повышение температуры сепарирования выше 45 °С обычно сопровождается дроблением жировых шариков и вспениванием обезжиренного молока и сливок. Наличие пены вызывает коагуляцию белков и образование комочков жира, выделяется свободный жир на поверхности шариков при повреждении оболочек. Степень дестабилизации жира повышается с увеличением жирности сливок.

Перекачивание и перемешивание

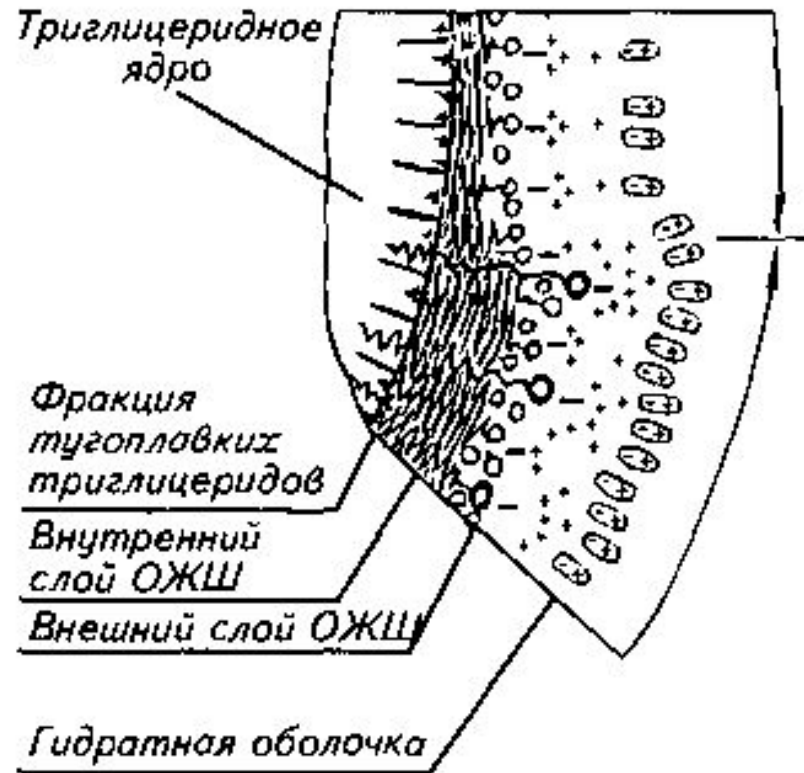
- Происходит частичная дестабилизация жира. Увеличивается число средних по размеру жировых шариков (2-4 мкм). Больше диспергирующее действие на жировую фазу молока оказывают центробежные насосы, меньшее – насосы диафрагменного типа.
- Часто образуется пена → может нарушаться коллоидная система.
- Последствия сильнее выражены в холодном молоке и после длительного его хранения.

Гомогенизация

- В результате гомогенизации в молоке образуются однородные по величине шарики диаметром около 1 мкм.
- В процессе гомогенизации резко возрастает общая поверхность жировых шариков, происходит перераспределение оболочечного вещества (оболочки шариков гомогенизированного молока отличаются по составу от оболочек шариков негомогенизированного молока).
- В гомогенизированном молоке с повышенным содержанием жира (сливках) может быть недостаточно оболочечного вещества для быстрого образования новых оболочек, часть жира остается незащищенной.



а



б

Схематичное изображение структуры оболочки жирового шарика негомогенизированной (а) и гомогенизированной (б) молочной эмульсии



- Диаметр казеиновых мицелл уменьшается, часть их распадается на фрагменты и субмицеллы, которые адсорбируются поверхностью жировых шариков.
- Изменяется солевой баланс молока: в плазме увеличивается количество кальция в ионно-молекулярном состоянии, часть же коллоидных фосфатов и цитратов кальция адсорбируется поверхностью жировых шариков.
- С повышением давления гомогенизации увеличивается вязкость молока, понижаются поверхностное натяжение и пенообразование.
- Снижается термоустойчивость молочных эмульсий, особенно эмульсий с высоким содержанием жира.
- Скорость сычужного свертывания гомогенизированного молока повышается, увеличивается прочность полученных сгустков и замедляется их синерезис.

3 Изменение составных частей молока при тепловой обработке

- ▣ В процессе тепловой обработки изменяются составные части молока, в первую очередь белки, инактивируются почти все ферменты, частично разрушаются витамины. Кроме того, меняются физико-химические и технологические свойства молока: вязкость, поверхностное натяжение, кислотность, способность казеина к сычужному свертыванию. Молоко приобретает специфические вкус, запах и цвет.

Изменения белков молока

- Наиболее глубоким изменениям при нагревании молока подвергаются сывороточные белки. Сначала происходит их денатурация, которая сопровождается разворачиванием полипептидных цепей. При этом освобождаются ранее «скрытые» группы – сульфгидрильные, гидроксильные и др.
- В первую очередь агрегирует денатурированный β -лактоглобулин (начиная с $62\text{ }^{\circ}\text{C}$). При высоких температурах пастеризации денатурированный β -лактоглобулин образует комплекс с χ -казеином термостабильных казеиновых мицелл и таким образом сохраняет свою устойчивость в растворе.
- α -Лактальбумин – термостабильный белок. Он полностью теряет растворимость при нагревании молока до $96\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выдерживании при этой температуре в течение 30 мин. Высокая термоустойчивость α -лактальбумина объясняется его способностью к ренатурации.

- Казеин по сравнению с сывороточными белками более термоустойчив. Он не коагулирует при нагревании свежего молока до 130–150 °С. Однако тепловая обработка при высоких температурах изменяет состав и структуру казеинового комплекса.
- От комплекса отщепляются органические фосфор и кальций, изменяется соотношение фракций. χ -Казеин комплекса может терять гликомакропептиды, придающие ему коллоидную устойчивость. С повышением температуры пастеризации увеличиваются диаметр частиц казеина и вязкость молока.
- Продолжительность свертывания молока сычужным ферментом после тепловой обработки (при 85 °С и выше) увеличивается в несколько раз (в связи с образованием комплекса β -лактоглобулина с χ -казеином). При этом меняется прочность сгустка и интенсивность отделения сыворотки.

Солевой состав

- В процессе нагревания гидрофосфат кальция, находящийся в ионно-молекулярной форме, переходит в плохо растворимый фосфат кальция:
- $3\text{CaHPO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_3\text{PO}_4$
- Образовавшийся фосфат кальция агрегирует и в виде коллоида осаждается на казеиновых мицеллах. Часть его выпадает на поверхности нагревательных аппаратов, образуя вместе с денатурированными сывороточными белками так называемый молочный камень.

Молочный сахар

- Лактоза взаимодействует с белками и свободными аминокислотами – происходит реакция Майяра, или реакция меланоидинообразования. Изменяются цвет и вкус молока. Интенсивность окраски молока зависит от температуры и продолжительности нагревания. Она может усиливаться при хранении молока.
- В реакцию с лактозой вовлекается главным образом незаменимая аминокислота лизин. Образовавшиеся комплексы трудно расщепляются пищеварительными ферментами, т. е. необходимый лизин «блокируется» и плохо усваивается организмом.
- Стерилизация молока также вызывает распад лактозы с образованием углекислого газа и кислот — муравьиной, молочной, уксусной и др. При этом кислотность молока увеличивается на 2-3 °Т.

Молочный жир

- Молочный жир – наиболее устойчивый к тепловому воздействию компонент молока.
- В результате стерилизации лишь незначительно изменяется жирнокислотный состав глицеридов – на 2–3 % снижается содержание ненасыщенных жирных кислот (вследствие разрушения при высокой температуре двойных связей).
- При тепловой обработке молока изменениям подвергаются оболочки жировых шариков. Даже при низких температурах (63 °С) происходит переход белков и фосфолипидов с поверхности жировых шариков в плазму молока. При стерилизации молока происходят денатурация оболочечных белков и разрушение части оболочек жировых шариков.

Витамины и ферменты

- Тепловая обработка молока вызывает уменьшение содержания витаминов, причем потери жирорастворимых витаминов меньше потерь водорастворимых.
- При хранении пастеризованного и стерилизованного молока наблюдается дальнейшее уменьшение содержания витаминов. Наиболее устойчив при хранении витамин В₂, менее устойчивы С, В₁, А, В₁₂. Особенно большим изменениям подвержен витамин С. Он быстро разрушается при хранении пастеризованного охлажденного молока. Так, потери его на вторые сутки хранения составляют 45 %, на третьи – 75 %.
- При тепловой обработке инактивируются ферменты. Наиболее чувствительны к нагреванию амилаза, щелочная фосфатаза, каталаза и редуктазы. Так, амилаза и щелочная фосфатаза разрушаются полностью при длительной пастеризации (63 °С в течение 30 мин). Сравнительно устойчивы к нагреванию кислая фосфатаза, ксантинооксидаза, бактериальные липазы и пероксидаза. Они теряют свою активность при нагревании молока до температуры выше 80–85 °С.