

# ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ, ФИЗИКО-<sup>1</sup> ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОКА

1 ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
МОЛОКА

2 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
МОЛОКА

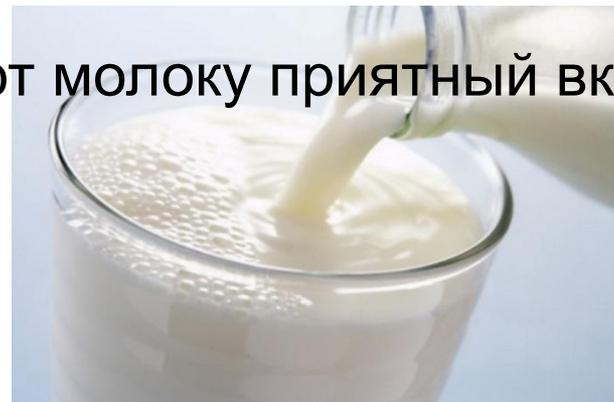
3 ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОКА

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОКА

# 1 Органолептические свойства молока

2

- Свежее молоко характеризуется определенными органолептическими свойствами (показателями): внешним видом, консистенцией, цветом, вкусом и запахом соответствовать ГОСТ.
- Белый цвет и прозрачность (мутность) молока обуславливают рассеивающие свет коллоидные частицы белков и шарики жира.
- Желтоватый оттенок – растворимый в жире каротин.
- Слабовыраженный (сладковатый) присущий только молоку вкус – лактоза, хлориды, жирные кислоты, а также жир и белки.
- Соли лимонной кислоты придают молоку приятный вкус.



# Причины и сроки возникновения пороков молока

3



- Пороки молока – это выраженные в различной степени изменения его сенсорных свойств.
- Изменение химического состава молока при нарушении физиологических процессов в организме животного (в начале и конце лактации, при заболеваниях и т.д.)
- Поступление в молочную железу с кровью веществ корма, обладающих специфическим вкусом и запахом.
- Нарушения правил хранения, транспортировки и первичной обработки молока. Молоко легко воспринимает посторонние запахи

# 2 Физико-химические свойства

4

- Свойства молока как единой физико-химической полидисперсной системы обуславливаются свойствами его компонентов и взаимодействиями между ними. Одним из важных показателей биохимических свойств молока является кислотность.
- Различают титруемую и активную кислотность.
- *Титруемая кислотность* является критерием оценки качества заготавливаемого молока.



# Титруемая кислотность молока и молочных продуктов

5

- Выражают в условных единицах – градусах Тернера ( $^{\circ}\text{T}$ ).
- Под  $^{\circ}\text{T}$  понимают количество 0,1 н раствора едкого Na (K), необходимого для нейтрализации 100 мл (100г) молока или продукта.
- Кислотность свежесвыдоенного молока 16-18  $^{\circ}\text{T}$ .
- Она обуславливается кислыми солями – дигидрофосфатами и дигидроцитратами (9-13  $^{\circ}\text{T}$ ), белками – казеином и сывороточными белками (4-6  $^{\circ}\text{T}$ ), углекислотой, кислотами (молочной, лимонной, аскорбиновой, св. жирными и др.) и другими компонентами (в сумме 1-3  $^{\circ}\text{T}$ ).

# Активная кислотность

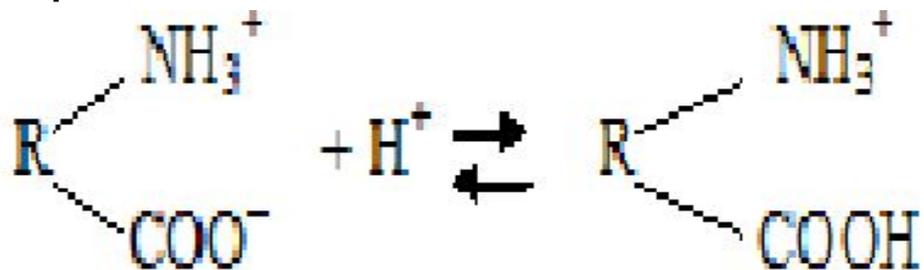
6

- Активная кислотность выражается концентрацией водородных ионов в молоке (или водородным показателем рН). Величина рН численно равна отрицательному десятичному логарифму концентрации водородных ионов ( $H^+$ ), выраженной в моль на литр.  $pH = - \lg[H^+]$
- рН колеблется в зависимости от состава молока в довольно узких пределах – от 6,55 до 6,75.
- При титруемой кислотности сырого молока выше 18 °Т, когда происходит образование молочной кислоты, рН понижается незначительно, что объясняется наличием в молоке ряда буферных систем – белковой, фосфатной, цитратной, бикарбонатной и др.
- Буферные системы, или буферы, обладают способностью поддерживать постоянный рН среды при добавлении кислот и щелочей.

# Буферная способность

7

- Буферная способность белков молока объясняется наличием аминных и карбоксильных групп. Карбоксильные группы вступают в реакцию с ионами водорода образовавшиеся или добавленной молочной кислоты.



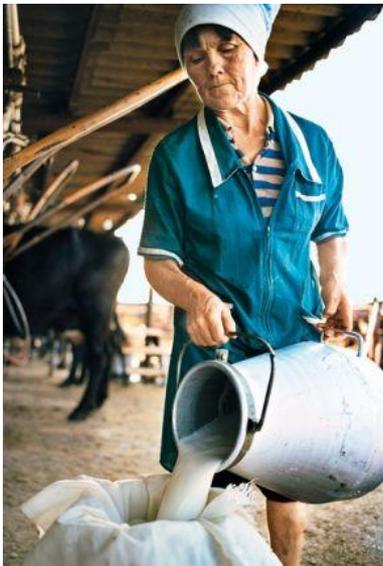
- Под **буферной емкостью** молока понимают количество кислоты или щелочи, которое необходимо добавить к 100 мл молока, чтобы изменить pH на единицу.
- Буферная способность составных частей молока играет большую роль в жизнедеятельности молочнокислых бактерий при производстве кисломолочных продуктов и сыров.

# Антибактериальные (бактерицидные) свойства

8

## МОЛОКА

- Обусловлены наличием антител и веществ, образующихся в организме животного и поступающих из крови и клеток молочной железы.
- К антителам относятся антитоксины, бактериолизины и др. антимикробные вещества. К веществам, обладающим бактерицидными свойствами – иммуноглобулины, лизоцим, некоторые ферменты (пероксидаза).
- Период, в течение которого бактерии, попавшие в молоко, не размножаются, называется бактерицидной фазой. Ее длительность зависит от бактериального обсеменения молока, режимов охлаждения и хранения.
- Чтобы ограничить или приостановить размножение бактерий, сырое молоко на фермах рекомендуется очищать и сразу охлаждать до температуры 8-10 °С.



# Физические свойства молока

9

- Дисперсные фазы молока влияют на *плотность и окислительно-восстановительный потенциал E.*
- *Вязкость и поверхностное натяжение* определяются составными компонентами молока, находящимися в эмульгированном и коллоидном состоянии.
- Составные компоненты молока, находящиеся в виде истинного раствора, обуславливают *осмотическое давление, электропроводность, температуру замерзания.*

# Плотность

10

- Это отношение массы вещества к занимаемому им объему. В единицах системы Си измеряется в  $\text{кг}/\text{м}^3$   $\rho$  молока при  $20\text{ }^\circ\text{C}$  колеблется от  $1027\text{-}1032\text{ кг}/\text{м}^3$  ( $1,027\text{-}1,032\text{ г}/\text{см}^3$ ).
- Белки, углеводы, минеральные вещества повышают, а жир понижает плотность молока.
- Плотность обезжиренного молока выше плотности цельного и равна  $1033\text{-}1037\text{ кг}/\text{м}^3$ .
- Молозиво характеризуется высоким содержанием белковых веществ и его плотность достигает  $1040\text{ кг}/\text{м}^3$ .
- Плотность молока, определенная сразу после доения, ниже плотности остывшего молока на  $0,8\text{-}1,5\text{ кг}/\text{м}^3$ .



# Вязкость

11



- Это свойство среды оказывать сопротивление относительно смещению ее слоев. За единицу измерения динамической вязкости в системе СИ принята Паскаль-секунда (Па·с).
- Кинематическая вязкость  $\nu$  (ню) – это вязкость, отнесенная к плотности. Единицы измерения  $\text{м}^2/\text{с}$ .
- Вязкость нормального молока  $\eta$  (эта) при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  составляет  $1,8 \cdot 10^{-3}$  Па·с с колебаниями от  $1,3 \cdot 10^{-3}$  Па·с до  $2,2 \cdot 10^{-3}$  Па·с.
- Она зависит главным образом от содержания казеина и жира, дисперсности мицелл казеина и шариков жира, степени их гидратации и агрегирования.
- В процессе хранения и обработки молока (перекачивания, гомогенизация, пастеризация и др.) вязкость молока повышается. Это объясняется увеличением степени диспергирования жира, укрупнением белковых частиц, адсорбцией белков на поверхности шариков жира.

# Поверхностное натяжение

12

- *Поверхностное натяжение  $\sigma$  (сигма) молока на границе соприкосновения с воздухом обусловлено тем, что молекулы, находящиеся на границе раздела двух фаз газ-жидкость, испытывают притяжение со стороны жидкости и очень малое притяжение со стороны газовой фазы. Единицы измерения поверхностного натяжения в системе СИ является Ньютон на метр Н/м ( $\text{кг}/\text{с}^2$ ).*
- Поверхностное натяжение воды при  $20\text{ }^\circ\text{C}$   $72,7 \cdot 10^{-3}$  Н/м, молока в среднем  $5 \cdot 10^{-3}$  Н/м. Более низкое поверхностное натяжение молока объясняется наличием в нем таких ПАВ, как белки и фосфолипиды.
- $\sigma$  молока непостоянна и зависит от химического состава молока, от его температуры, времени хранения и ряда других факторов.
- Пенообразование в аппаратах при сушке, сгущении молока, маслообразовании, фризеровании мороженого и др. технологических процессах в некоторой степени обусловлено поверхностными явлениями.

# Температура замерзания

13

- Температура замерзания – это  $t$ , при которой молоко переходит из жидкого состояния в твердое.  $t$  замерзания нормального молока в среднем минус  $0,55$  °C.
- Зависит в основном от концентрации лактозы и растворимых солей (вещества, находящиеся в молоке в виде истинного раствора).
- При повышении кислотности молекулярная концентрация раствора повышается, это приводит к снижению  $t$  замерзания молока.
- Заметно повышается  $t$  замерзания при разбавлении молока водой (судят о натуральности молока – криоскопический метод). В среднем при добавлении в молоко 1% воды  $t$  замерзания изменяется на  $0,005$  °C.

# Показатель преломления

14



- Показатель преломления характеризуется отношением синуса угла падения светового луча к синусу угла преломления светового луча.
- Показатель преломления при 20 °С колеблется от 1,344 до 1,348. Складывается из показателей преломления воды и составных частей обезжиренного остатка молока – казеина, сывороточных белков, солей, небелковых азотистых соединений и проч.
- По величине показателя преломления молока и молочной сыворотки можно контролировать содержание в молоке СОМО, а также белков и лактозы. С помощью рефрактометрического метода можно осуществлять косвенный контроль натуральности молока.

# Теплофизические свойства

15

- Наиболее важными из них являются удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности и температуропроводности, которые связаны между собой соотношением

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad , \text{ где}$$

- $a$  – коэффициент температуропроводности,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;
- $\lambda$  - коэффициент теплопроводности,  $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ ;
- $c$  – удельная теплоемкость,  $\text{Дж}/\text{кг} \cdot \text{К}$ ;
- $\rho$  - плотность,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

# Теплофизические свойства

16

- ▣ *Удельная теплоемкость* – это количество теплоты, необходимое для нагревания единицы массы вещества на один градус температуры.
- ▣ *Теплопроводность* – характеризует процесс переноса энергии от более нагретых участков тела (вещества) к менее нагретым в результате теплового движения и взаимодействия микрочастиц. Она определяется отношением количества теплоты, переносимой через единицу поверхности в единицу времени при температурном градиенте, равном единице.
- ▣ *Температуропроводность* определяет скорость прогрева или охлаждения (выравнивание температуры) участка. Её измеряют в  $\text{м}^2/\text{с}$ .



# МОЛОКО КАК ПОЛИДИСПЕРСНАЯ СИСТЕМА

1. Характеристика дисперсных систем.
2. Фаза истинного раствора.
3. Коллоидная фаза.
4. Фаза эмульсии.

# 1 Характеристика дисперсных систем молока

18

- С физико-химических позиций молоко представляет собой полидисперсную систему. Если одно вещество в более или менее раздробленном (дисперсном) состоянии распределено в массе другого вещества, то систему называют **дисперсной**. Раздробленное вещество в этом случае называют **дисперсной фазой**, а среду, в которой оно распределено – **дисперсионной средой**.
- Все дисперсные системы по величине частиц дисперсной фазы и по степени дисперсности можно разделить условно на 3 группы: грубодисперсные,

Класс дисперсных систем	Размеры частиц, мкм
Высокодисперсная	$10^{-3} \dots 10^{-1}$
Среднедисперсная	0,1...10
Грубодисперсная	> 10

Если сравнить величину частиц главных составных частей молока, а также их распределение по размерам, то можно сделать **ВЫВОД:**

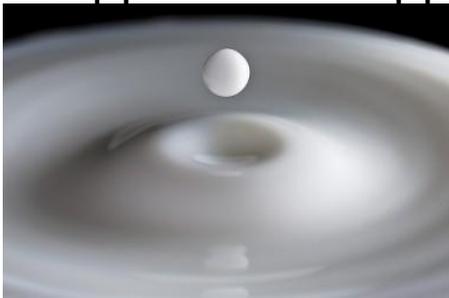
19

- жир присутствует в молоке в виде жировых шариков величиной в несколько микрон и образует с жидкой фазой молока природную эмульсию;
- белки содержатся в молоке в коллоидном состоянии и образуют с плазмой молока коллоидный раствор. То же относится к большей части фосфатов кальция и др. труднорастворимых минеральных соединений;
- молекулы лактозы присутствуют в молоке в молекулярно-дисперсной форме; соли минеральных веществ – в ионно-дисперсной. Они образуют истинный раствор.

# Устойчивость дисперсных систем

20

- Под устойчивостью системы подразумевается способность сохранять неизменным свое состояние и прежде всего свою структуру во всем объеме.
- Молекулярно- и ионно-дисперсные системы являются равновесными и термодинамически устойчивыми.
- Коллоидно-дисперсные системы в отличие от истинных растворов сами по себе агрегативно неустойчивы. Размеры их частиц могут изменяться как самопроизвольно, так и под влиянием внешних факторов. Одной из причин неустойчивости коллоидных растворов является их гетерогенность.
- Следует отметить, что при синтезе молока между отдельными дисперсными фазами устанавливается тесная связь, что приводит к образованию единой системы.



# 2. Фаза истинного раствора

21

- В виде *ионного* и *молекулярного* дисперсного раствора в молоке содержатся соли Ca, Na, K, Mg, молочный сахар, а также водорастворимые витамины, небелковые азотистые соединения, органические кислоты, альдегиды и др. Размеры ионов солей составляют менее 1 нм, молекул лактозы – 1–1,5 нм.
- Все соли Na и Ca диссоциированы практически нацело и содержатся в молоке в ионном состоянии. Хлориды K и Na обуславливают осмотическое давление и электропроводность молока, фосфаты входят в состав его буферной системы. В ионно-молекулярном состоянии в молоке содержится часть цитратов и фосфатов Ca и Mg.
- Фосфаты Ca обладают малой растворимостью и незначительной степенью диссоциации. Лишь небольшая часть их находится в истинном растворе, а большая – в виде *коллоидного раствора*. Между ними устанавливается равновесие
- Молочный сахар, растворяясь в плазме молока, образует молекулярный раствор. Он содержится в виде гидратных  $\alpha$ - и  $\beta$ -форм, находящихся в равновесии:  $\alpha$ -лактоза  $\rightleftharpoons$   $\beta$ -лактоза. Равновесие зависит от температуры, но больше сдвинуто в сторону  $\beta$ -формы, т.к. она лучше растворима в воде.

# 3. Коллоидная фаза

- В коллоидно-дисперсном состоянии в молоке находятся сывороточные белки, казеин и большая часть фосфатов Са.
- По свойствам и внутренней структуре коллоидные системы делят на необратимые (лиофобные) и обратимые (лиофильные). Если дисперсионной средой является вода – гидрофобные и гидрофильные.
- Лиофобные коллоидные системы не обладают устойчивостью, их частицы не связывают воду, стабилизируются за счет возникновения двойного электрического слоя на границе раздела фаз. Системы теряют свою устойчивость при добавлении малых количеств электролитов.
- Лиофильные коллоидные системы обладают устойчивостью, их дисперсная фаза связывает значительное количество воды и образует вокруг частиц развитую гидратную (сольватную) оболочку. Стабильность систем зависит от наличия гидратной оболочки и заряда на поверхности частиц.
- Гидрофильные коллоидные системы коагулируют при добавлении большого количества электролита. Коллоидный

# Сывороточные белки

23

- Частицы сывороточных белков молока представлены отдельными макромолекулами, а также их димерами и полимерами. Макромолекулы белков свернуты в компактные глобулы, имеющие отрицательный заряд и очень прочные белковые оболочки.
- Обладают большой устойчивостью в молоке, не коагулируют при достижении ИЭТ, хотя при понижении pH образуют ассоциаты из нескольких мономеров.
- Выделить белки молока можно путем уменьшения их растворимости – введением в молочную сыворотку большого количества электролита, т.е. высаливанием.
- При нагревании молока до высоких  $t$  сывороточные белки денатурируют, затем агрегируют и частично коагулируют.

# Казеин

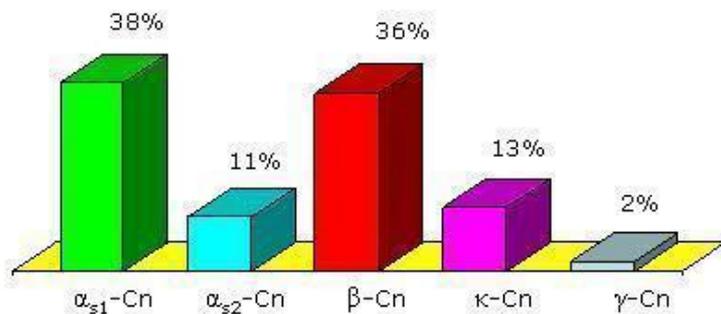
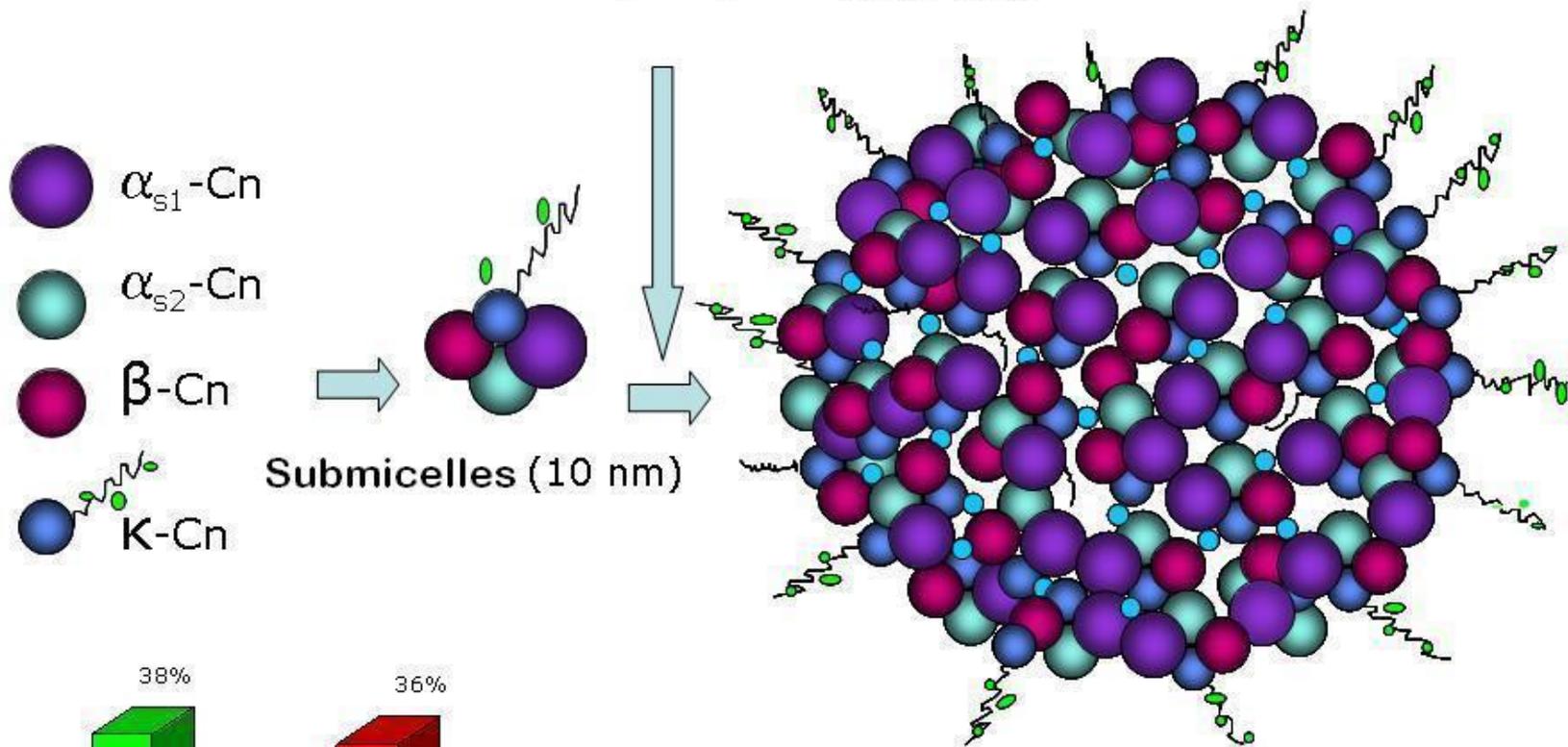
24

- Казеин в молоке содержится в виде мономеров (растворимый казеин) и в форме полимеров (субмицеллярный и мицеллярный казеин). Мицеллы казеина обладают свойствами гидрофильного золь.
- Под действием сычужного фермента золь казеина переходит в гель необратимо, т.е. казеин проявляет свойства, присущие гидрофобным коллоидам.
- Мицелла казеина состоит из нескольких сотен субмицелл и имеет почти сферическую форму. Субмицеллы представляют собой агрегаты из 10-12 суб'единиц основных фракций казеина ( $\alpha_s$ ,  $\beta$ ,  $\chi$ ) и представляют собой частицы казенат-кальций-фосфатного комплекса (ККФК).
- ( $\alpha_{s1} : \alpha_{s2} : \beta : \chi = 3 : 1 : 3 : 1$ )
- Фракции казеина связаны фосфатом Са.

# Мицелла казеина

25

Colloidal calcium phosphate  $\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6$



(from Martin, 1999)

# Строение мицеллы

- Гидрофобные остатки фракции казеина находятся внутри ядра, а заряженные группы – на его поверхности.  $\chi$ -казеин занимает часть поверхности субмицеллы.
- Усиливают гидрофильные свойства субмицелл и мицелл в целом ориентированные наружу гликомакропротеиды  $\chi$ -казеина (несущие основную массу заряда, т.к. содержат большое число групп  $\text{COO}^-$ ).
- Субмицеллы объединяются в мицеллы с помощью коллоидного фосфата Са. Субмицеллы с незначительным содержанием  $\chi$ -казеина или без него располагаются внутри мицеллы, а с большим – на его поверхности.
- Пористая структура позволяет воде проникать внутрь мицелл, поэтому вода не только окружает мицеллу в виде гидратной оболочки, но и заполняет большую

# Факторы устойчивости мицелл казеина

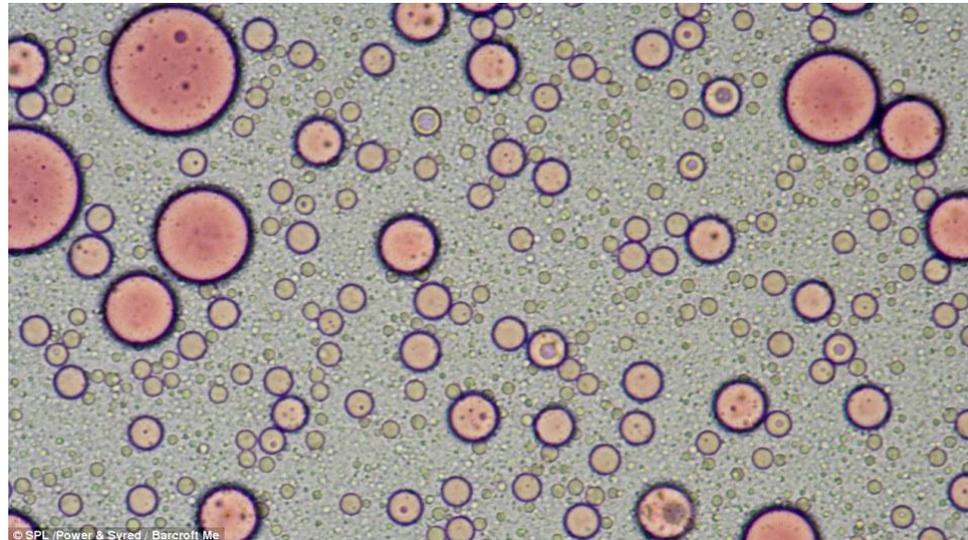
27

- Нативные мицеллы казеина имеют на поверхности заряженные группы  $\text{COO}^-$ ,  $\text{PO}_3^{2-}$  и вокруг них эквивалентное количество положительно заряженных ионов  $\text{Ca}$ , т.е. двойной электрический слой. Полярные группы казеина связывают молекулы воды (гидратная оболочка). Электрический заряд нативных мицелл относительно мал.
- В свежем молоке силы электростатического отталкивания преобладают над силами молекулярного притяжения и коллоидная система молока находится в устойчивом состоянии. Следовательно, для того, чтобы вызвать соединение и коагуляцию мицелл казеина, необходимо снизить их отрицательный заряд, т.е. перевести мицеллы в ИЭС (изоэлектрическое состояние) или близкое к нему, и разрушить гидратные оболочки.
- В практике коагуляцию казеина осуществляют, снижая pH молока или добавляя кислоты (кислотная коагуляция), внося  $\text{CaCl}_2$  при нагревании (термокальциевая коагуляция) и сычужный фермент (сычужная коагуляция). Мицеллы казеина коагулируют также под действием сильных электролитов.

# 4 Фаза эмульсии

28

- Молоко является типичной природной эмульсией жира в воде. Жировая фаза находится в плазме молока в виде мелких капель (шариков жира) более или менее правильной формы, окруженных защитной липопротеидной оболочкой.
- Физическая стабильность жировых шариков обусловлена составом и особыми свойствами их оболочек.



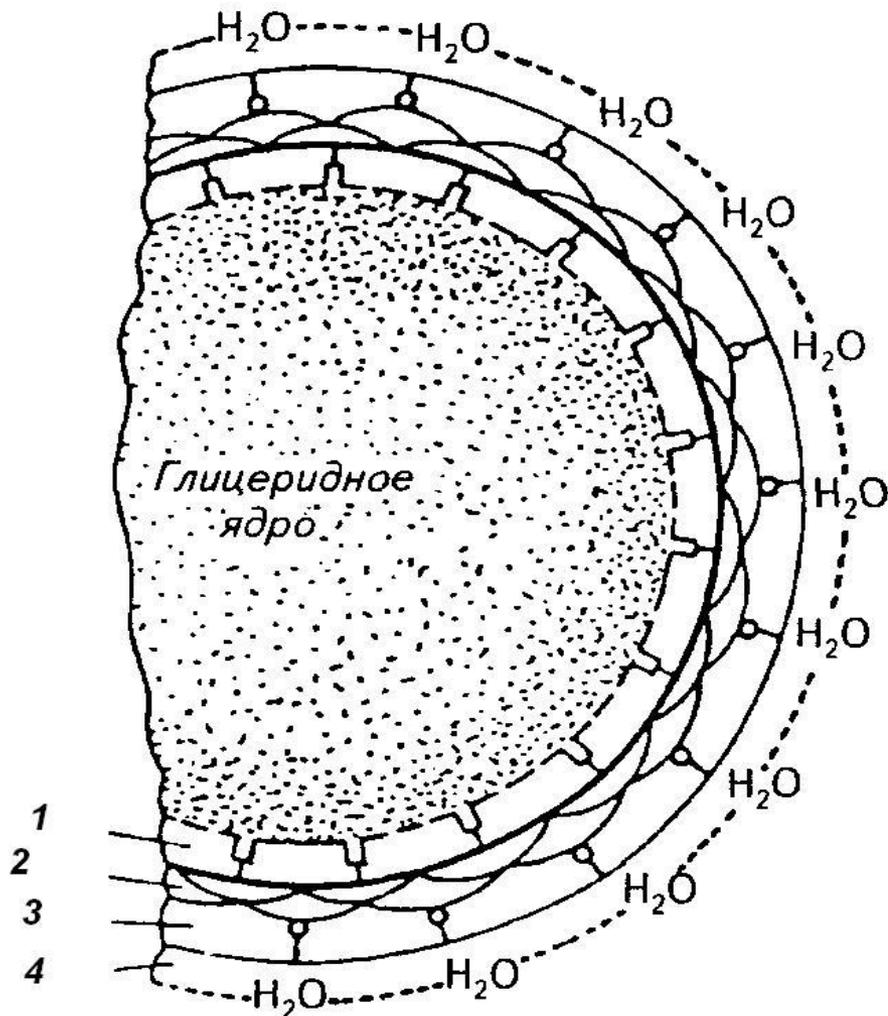
# Строение оболочки жирового шарика

29

- Внутренняя мембрана – тонкий слой (до 10 нм) плотно прилегает к кристаллическому слою высокоплавких триглицеридов ядра. Этот слой образуется из плазматической мембраны секреторной клетки молочной железы в процессе выведения секрета.
- Внешний слой оболочки состоит из водорастворимых сферических липопротеидных мицелл различного размера (от 3 до 30 нм и больше).
- Оболочка жирового шарика – это сложная смесь белков, фосфолипидов, гликопротеидов, триглицеридов, холестерина, церебразидов, каротина, витамина А и др. Она содержит ряд ферментов. В оболочке обнаружены также микроэлементы: Cu, Fe, Mo, Zn, Ca, Mg, K, Na, Se.

# Модель структуры оболочки жирового шарика

30



- 1 – слой высокоплавких глицеридов;
- 2 – внутренний слой (в основном белковый);
- 3 – наружный слой, состоящий из фосфолипидно-белковых комплексов;
- 4 – гидратный слой.

# Факторы устойчивости жировой эмульсии

31

- Стабильность жировой эмульсии молока обуславливается термодинамическими и структурно-механическими факторами.
- Гидродинамический – наличие двойного электрического слоя и гидратной оболочки. На границе раздела фаз между шариками жира действуют электростатические силы отталкивания, которые превышают силы притяжения. Гидратная оболочка оказывает дополнительное стабилизирующее действие.
- Вторым фактором является создание на границе раздела фаз структурно-механического барьера. Оболочки жировых шариков обладают повышенной структурной вязкостью, механической прочностью и упругостью и служат структурно-механическим барьером, препятствующим слиянию шариков.

# Роль жировых шариков

32

- Размер и количество жировых шариков в молоке непостоянны и зависят от многих факторов.
- В 1 мл молока содержится 1,5-3 млрд. ж.ш. диаметром от 0,1 до 10 мкм и больше. Размеры жировых шариков играют большую роль и имеют практическое значение – определяют степень перехода жира в продукт при производстве сливок, масла, сыра, творога и т.д.
- Для сохранения оболочки необходимо сокращать до минимума механические воздействия при транспортировке, хранении и обработке, избегать его вспенивания, правильно проводить тепловую обработку, а также применять дополнительное диспергирование жира путем гомогенизации.
- Физическая стабильность ж.ш. в молоке и молочных продуктах, их поведение при отстое сливок и технологической обработке в основном зависят от состава и свойств их оболочек.