

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОЛОКА

1 Введение

2 Пищевая и биологическая ценность молока

3 Химический состав молока:

3.1 Вода.

3.2 Белки. Казеин. Сывороточные белки.

3.3 Небелковые азотистые соединения

3.4 Липиды

3.5 Углеводы

Введение

- Биохимия — наука, изучающая химический состав организмов и химические процессы, лежащие в основе их жизнедеятельности. Техническая биохимия занимается изучением биохимических процессов, протекающих в сырье (в частности сельскохозяйственном) при его хранении и переработке.
- Дисциплина включает в себя три раздела:
 - *Биохимия молока и молочных продуктов*
 - *Биохимия мяса и мясных продуктов*
 - *Биохимия растительных продуктов*

Рекомендуемая литература

- **Горбатова К.К.,** Гунькова П.И. Биохимия молока и молочных продуктов. – СПб: ГИОРД, 2010. – 336 с.
- **Горбатова К.К.** Химия и физика молока. СПб.: ГИОРД, 2007. – 288 с.
- **Рогов И.А.** Химия пищи. Принципы формирования качества мясopодуKтоB : Учеб. пособие для вузов. - СПб. : Издательство РАПП, 2008. – 338 с.
- **Технология мяса** и мясных продуктов. Кн.1 : Общая технология мяса : Учебник для вузов. /Под ред. Рогова И.А. – М.: КолосС, 2009. - 564с.
- **Данилова Н.С.** Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов. – М.: КолосС, 2008. – 280 с.
- **Твердохлеб Г.В.** Химия и физика молока и молочных продуктов. М.: ДеЛи принт, 2006. – 614 с.
- **Горбатова К.К.** Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов. - СПб: ГИОРД, 2007. - 352 с.
- **Новиков Н.Н.** Биохимия растений. – М.: КолосС, 2010. – 679 с.

Раздел 1. Биохимия молока и молочных продуктов

- В основе производства молочных продуктов лежат биохимические превращения основных составных частей молока — углеводов, белков, липидов и солей. Большое внимание при этом уделяется предотвращению возникновения различных пороков молочных продуктов, снижению потерь сырья и т.п.
- Эти знания основываются на таких смежных науках, как органическая, физическая и коллоидная химия, физиология, животноводство, пищевая химия и др. Вместе с тем биохимия молока служит основой для изучения технологии его переработки.

2 Пищевая и биологическая ценность молока



- Молоко представляет собой биологическую жидкость, которая образуется в молочной железе млекопитающих и предназначена для вскармливания новорожденных.
- **Пищевая ценность** молока состоит в том, что оно содержит все необходимые для человеческого организма питательные вещества - (белки, жиры, углеводы, минеральные соли, витамины, воду) в хорошо сбалансированных соотношениях и легкоперевариваемой форме.
- По переваримости и сбалансированности аминокислотного состава белки молока относятся к наиболее биологически ценным. Их переваримость (усвояемость) составляет 96-98%.
- *Пищевая ценность молочных белков* повышается благодаря связям белковых молекул с витаминами (особенно группы В), минеральными солями (Са, Mg, К, Na), а также липидами, улучшающими усвоение отдельных аминокислот организма.

Биологическая ценность белков

- Характеризуется аминокислотным скором (скор - %-ное содержание каждой из аминокислот продукта по отношению к их содержанию в идеальном белке).
- Аминокислотный скор женского молока близок к 100%, коровьего молока – 95%. Наиболее ценные для человека – серосодержащие аминокислоты – метионин, участвующий в кроветворении, а также образовании холина и фосфолипидов; триптофан – в синтезе тканей; лизин – в кроветворении и процессах обмена веществ в организме.



Пищевая ценность молочного жира

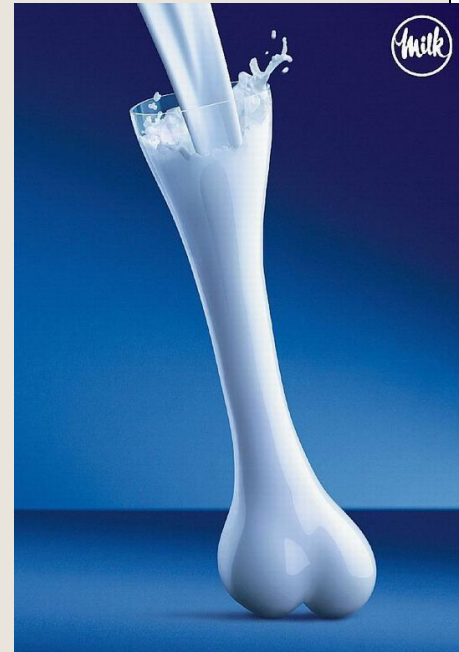
- По сравнению с другими жирами животного происхождения молочный жир лучше усваивается в организме человека. Этому способствует:
 - относительно низкая температура плавления жира (28-33 °C)
 - нахождение его в молоке в тонкодиспергированном виде.
- Вследствие *высокой дисперсности, наличия оболочки и электрического заряда* частицы молочного жира могут проникать в клетки организма в нативном состоянии, без предварительного их расщепления липолитическими ферментами.
- Коэффициент переваримости молочного жира составляет **97-99 %**. Ценность липидов молока определяется наличием в них фосфолипидов, которые относятся к биологически активным веществам, участвующим в синтезе белков, и составляют основную массу липидов мозга, а также обуславливают эмульсионное состояние жира молока.
- Липиды молока являются носителями жирорастворимых витаминов А, Д, Е и К, которых мало в других жирах.

Пищевая ценность углеводов

- В молоке содержится довольно много углеводных компонентов, из которых 90% приходится на долю лактозы — углевода, характерного только для молока.
- Лактоза является источником энергии, необходимой для работы сердца, печени, почек, входит в состав клеток, коферментов, витаминов, участвует в синтезе белков и жиров, имеет важное значение для внутриклеточного обмена.
- Разлагаясь в кишечнике до молочной кислоты, лактоза способствует жизнедеятельности микрофлоры, тормозящей развитие гнилостных процессов.
- Степень усвоения молочного сахара в организме человека составляет 98%. Лактоза способствует также лучшему усвоению кальция.

Пищевая ценность минеральных веществ

- Молоко служит источником минеральных веществ, которые поддерживают кислотно-щелочное равновесие в тканях и осмотическое давление в крови, а также способствует нормальной физиологической деятельности организма. Из микроэлементов наибольшее значение имеют Са, Р, К, Na, Mg, S, Cl. Больше половины всех минеральных веществ молока составляют соли Са и Р.
- Са участвует в формировании костной и др. тканей, способствует свертыванию крови, влияет на липидный обмен, активизирует многие ферменты, регулирует мышечную и нервную деятельность, а также проницаемость клеточных мембран.
- Фосфор входит в состав белка всех клеток организма, в соединении с АТФ создает внутренний источник мускульной энергии, является составной частью нервной ткани и клеток мозга.

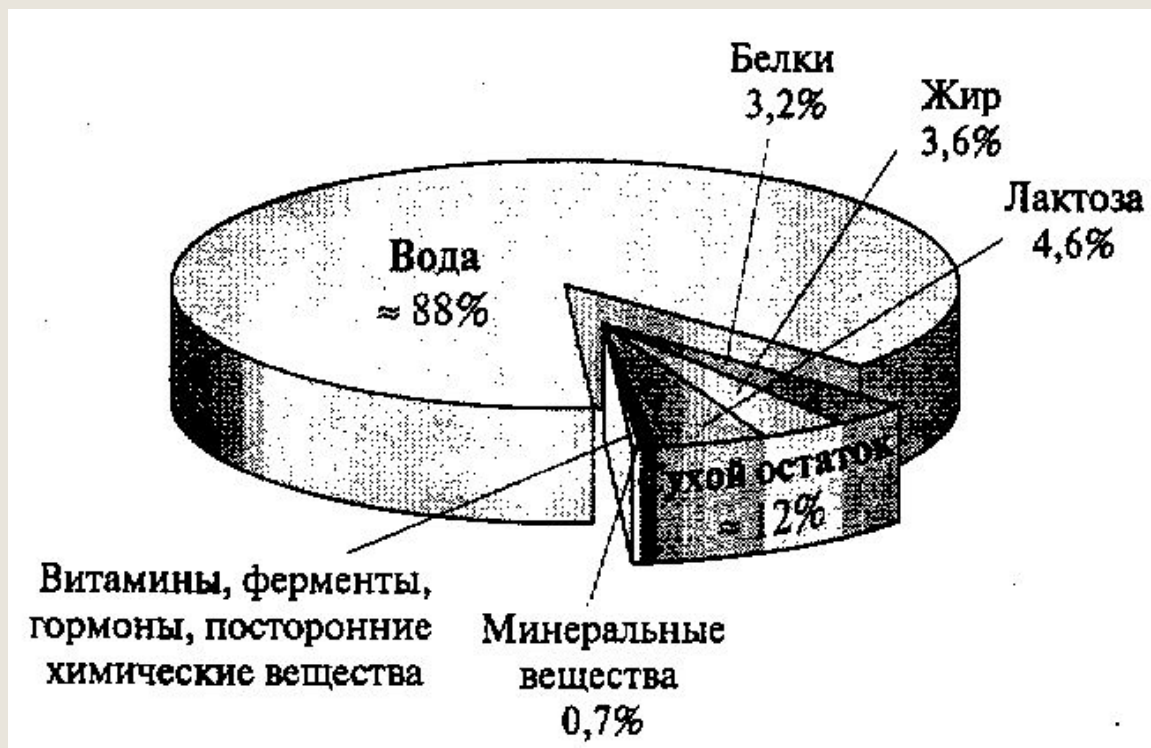


- В молоке в небольших количествах присутствуют биологически активные вещества — водо- и жирорастворимые витамины, ферменты, гормоны, вещества, обладающие противомикробными свойствами (лизоцим, лактоферрин, иммуноглобулин, которые повышают устойчивость организма к инфекционным заболеваниям).
- *Ферменты*, как биокатализаторы химических реакций, способствуют лучшему пищеварению и обмену веществ.
- *Гормоны* (пролактин, окситоцин, кортикостероиды) регулируют жизненно важные процессы, протекающие в организме, скорость химических реакций, участвуют в процессах образования молока, стимулируют работу органов.



3 Химический состав молока

- Химический состав молока животных непостоянен. Он изменяется в течение лактации, а также под влиянием различных факторов: рационов кормления, состояния здоровья, содержания, породы, возраста животных и пр. Средний упрощенный состав коровьего молока представлен на рисунке:



3.1 Вода

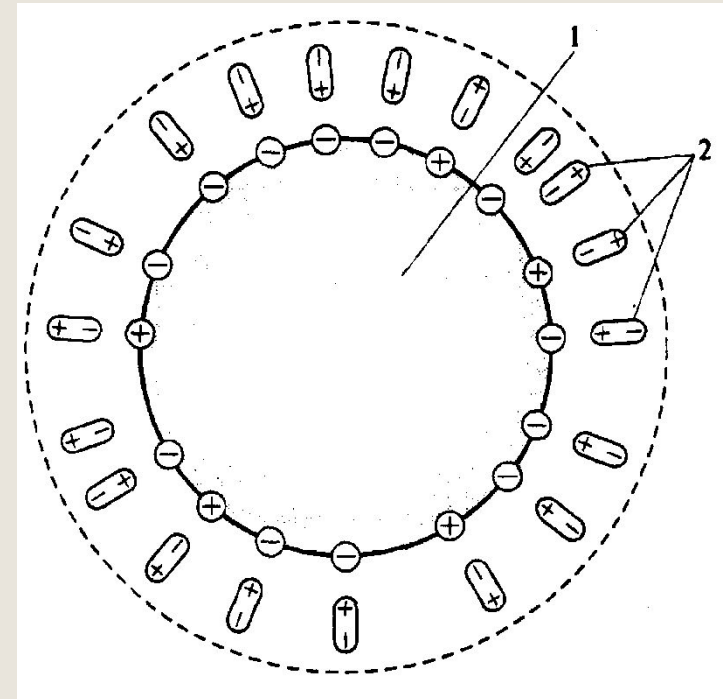
- Массовая доля воды в молоке составляет 86-89%. Большая часть ее находится в свободном состоянии (83-86%), а 3-3,5% - в связанной форме.
- **Свободная вода** — это вода, не связанная с составляющими компонентами молока, она является растворителем органических и неорганических соединений молока и участвует во всех биохимических процессах. Ее легко можно удалить, сгущая, высушивая и замораживая молоко. При температуре 100 °С она переходит в парообразное состояние.
- В молочных продуктах **химически связанная влага** представлена водой кристаллогидратов молочного сахара ($C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$) и удаляется при нагревании гидратной формы сахара до t 125-130 °С.

Физико-химическая связь

- На поверхности заряженной коллоидной частицы молекулы воды распределяются мономолекулярным слоем. С белком этот слой связан наиболее прочно (рисунок). Вокруг частицы образуется рыхлосвязанная диффузионная водная сфера (гидратная оболочка), внешний слой которой легко отделяется при повышении температуры, внесении электролитов и под действием других факторов.

**Рис. Схема гидратной оболочки
белковой молекулы**

1 – белок; 2 – диполи воды



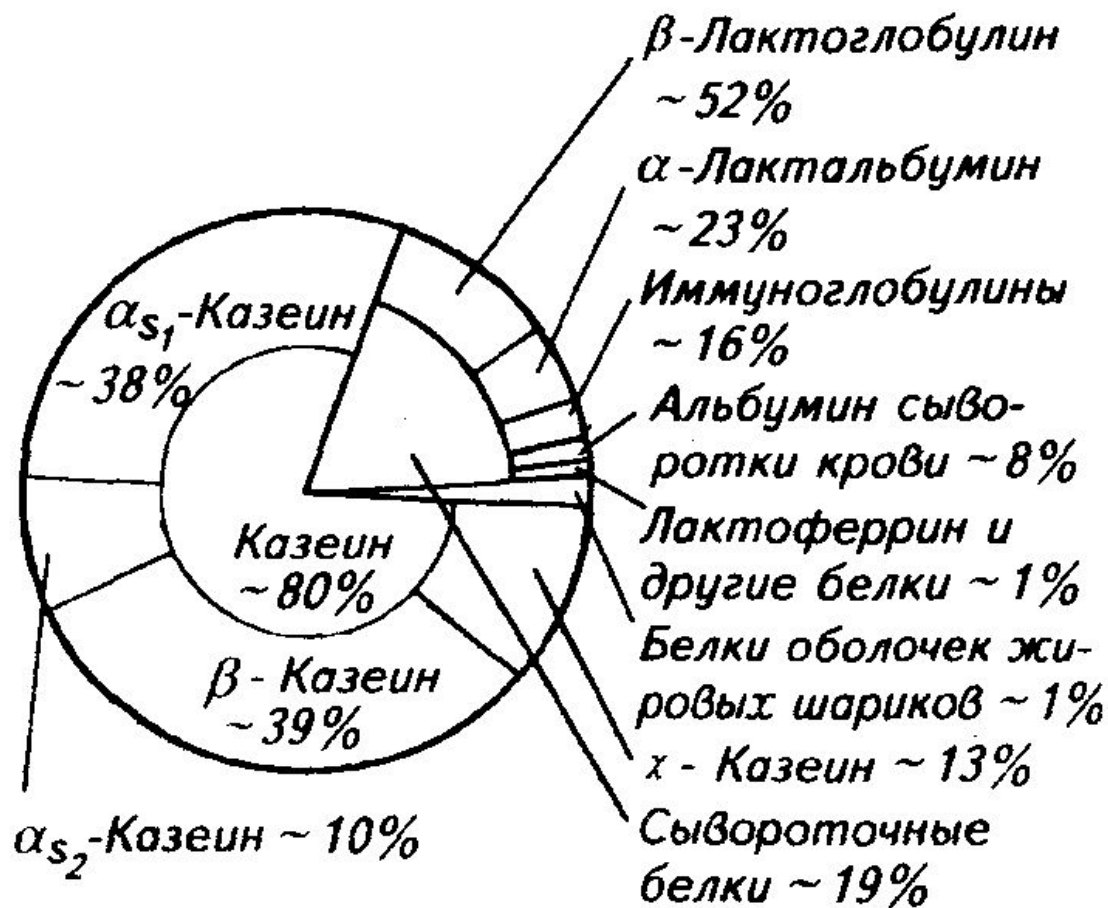
3.2 Сухое вещество



- Сухие вещества — это вещества, которые остаются в молоке после высушивания при $103-105^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы (жир, белки, молочный сахар, минеральные в-ва и др.). Содержание сухого остатка зависит от свойств молока и колеблется в достаточно широких пределах (составляет 11-13%).
- Массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) — величина более постоянная и колеблется от 8 до 9 %. Количество СОМО получают, вычитая из количества сухих веществ процент жира. По показателю СОМО судят о натуральности молока — если ниже 8%, то молоко, вероятно, разбавлено водой.

Белки молока

- Массовая доля белков в молоке колеблется от 2,9 до 4%. Белки молока разнообразны по строению, физико-химическим свойствам и биологическим функциям. Они необходимы для обеспечения нормального развития, а также имеют особое значение в питании людей.
- В молоке обнаружена целая система белков, среди которых выделяют две главные группы: казеин и сывороточные белки (классификация белков представлена на рисунке)



Классификация белков молока

(содержание β-казеина дано вместе с γ-казеином, составляющим около 3 % от количества β-казеина)

Казеин

- Основная часть белков молока представлена казеином (78-85%). Массовая доля в молоке 2,1-2,8 %. Компонентами (фракциями) казеина являются: α_s , χ , β , γ – казеин.
- Казеин содержится в молоке в виде **казеинат-кальций-фосфатного комплекса** (ККФК), который образует мицеллы. Мицеллы состоят из **субмицелл**, которые формируются из молекул казеина и неорганических компонентов, из которых наиболее важными являются кальций и фосфаты.
- Субмицеллы объединяются в мицеллы с помощью коллоидного фосфата Са. Мицеллы казеина связывают большое количество воды. Способность казеина связывать воду имеет огромное практическое значение. От гидрофильных свойств казеина зависит устойчивость частиц белка в сыром, пастеризованном и стерилизованном молоке.

Сывороточные белки

- Компонентами сывороточных белков являются β -лактоглобулин, α -лактоальбумин, а также альбумин сыворотки крови, иммуноглобулин, протеозопептоин и лактоферрин.
- На долю **β -лактоглобулина** приходится около половины всех сывороточных белков (или 7-12% общего кол-ва белков молока). В молоке белок находится в виде димера, состоящего из 2-х полипептидных цепей. При нагревании молока до 30°C β -лактоглобулин распадается на мономеры.
- **α -лактальбумин** занимает второе место (масс. доля 2-5% общ. кол-ва белков молока). В молоке α -лактальбумин тонко диспергирован, не коагулирует в ИЭТ (pH 4,2-4,5), не свертывается сычужным ферментом, термостобилен. Вместе с тем показано, что температурная денатурация α -лактальбумина при pH 6,7 составляет всего 62-65 °C. Это объясняется тем, что денатурация его обратима (восстанавливает нативную структуру на 80-90%).

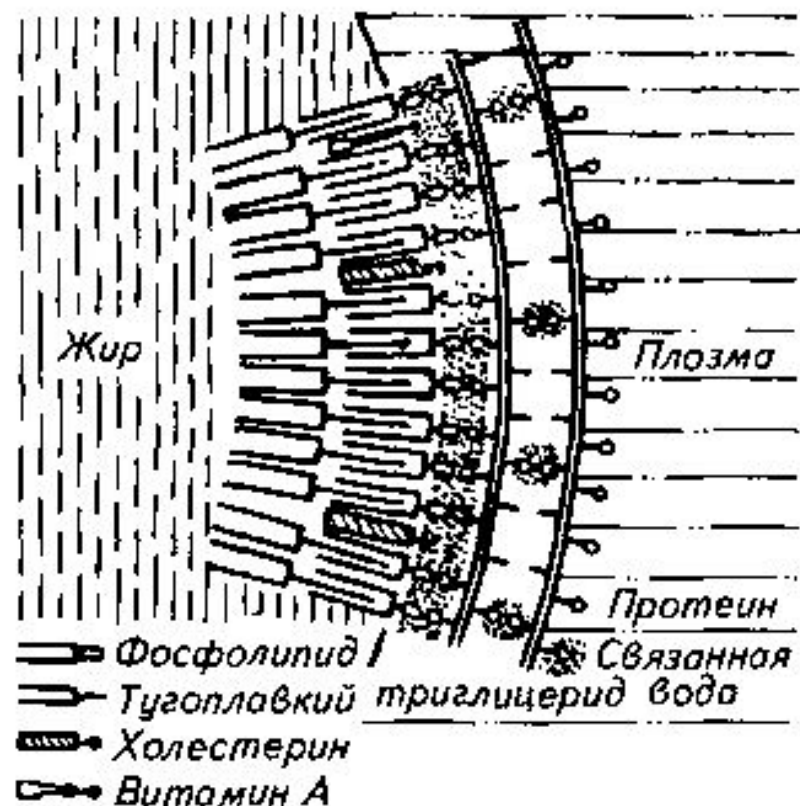
Иммуноглобулины (Иг)

- Иммуноглобулинов в молоке очень мало (1,9-3,3% общего количества белков). В молозиве они составляют основную массу сывороточных белков (90%). Иммуноглобулины объединяют группу высокомолекулярных белков (гликопротеидов), выполняющих функцию антител.
- Из молозива и молока выделены четыре группы Иг – G, A, M и E. В количестве преобладают Иг G. Сильными иммунными свойствами обладает ИгA, которыми богато женское молоко. Иг термолабильны, т.е. коагулируют при t выше 70°C .

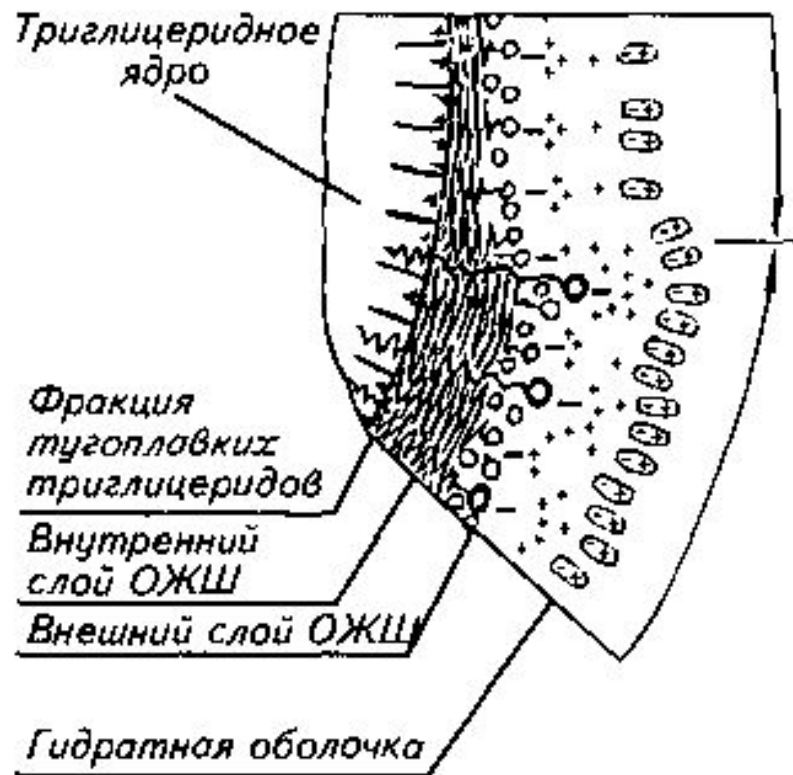
- *Протеозо-нептонная фракция (ППФ)* наиболее термостабильная часть сывороточных белков, составляет 24% сывороточных белков и 2-6% общего количества белков молока. ППФ неоднородна по составу и состоит из 4 компонентов. Массовая доля ППФ увеличивается в процессе длительного хранения молока при 3-5 °С.
- *Лактоферрин* — красный железосвязывающий белок, но своим свойствам похож на трансферрин крови. ЛФ представляет собой гликопротеид. Массовая доля в молоке увеличивается при мастите и перед окончанием лактации. Много ЛФ в молозиве.
- *Белки оболочек жировых шариков* — это гликопротеиды молекулярной массой от 15000 до 240000, содержащие 15-50% углеводов и характеризующиеся различной растворимостью в воде.

Липиды молока

- Липиды молока состоят в основном из молочного жира и жироподобных веществ (фосфолипидов, стерина и пр.). Молочный жир представляет собой сложную смесь липидных компонентов.
- Массовая доля жира в молоке составляет 2,7-6%. Он находится в виде шариков диаметром 2-6 мкм, которые образуют с водой эмульсию типа «масло в воде». Жировые шарики окружены адсорбционной оболочкой, состоящей из фосфолипидов и белков.
- Эмульсия жировых шариков в молоке достаточно устойчива. Стабильность жировой эмульсии молока обуславливается гидродинамическими и структурно-механическими факторами.



а



б

Схематичное изображение структуры оболочки жирового шарика негоменизированной (а) и гоменизированной (б) молочной эмульсии

Факторы устойчивости жировой эмульсии

- *Гидродинамический* — наличие отрицательного заряда на поверхности 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.

Липиды молока

Омыляемые вещества	Неомыляемые вещества
Глицериды	Стерины: холестерин эргостерин их эфиры
Фосфолипиды и гликолипиды: лецитин кефалин	
Сфингомилеин	Жирорастворимые витамины
Свободные жирные кислоты	Углеводороды
Ацилглицерины	Терпены (каротины, сквален и др.)
Воски	

Жирнокислотный состав

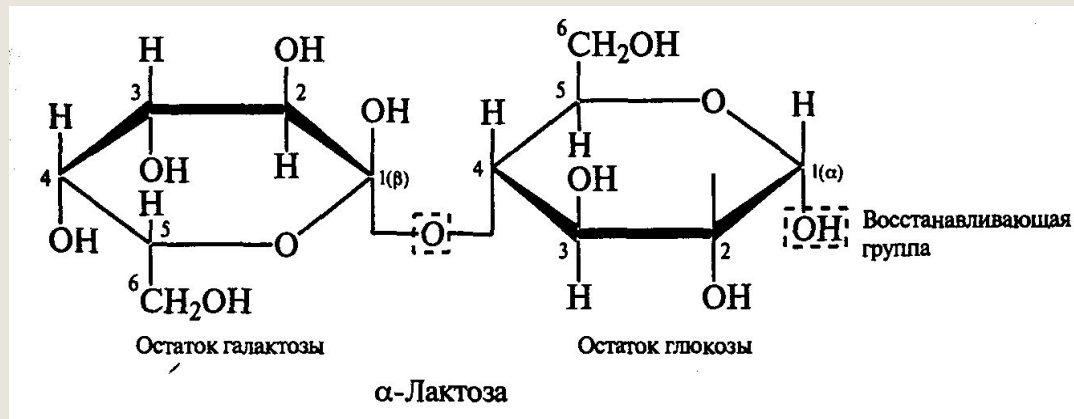
- Массовая доля определенных жирных кислот в молочном жире сильно колеблется, особенно в зависимости от времени года, что связано с кормовым рационом.
- Насыщенные жирные кислоты в составе триглицеридов определяют консистенцию жира, вкус, способность к плавлению.
- Низкомолекулярные жирные кислоты обуславливают запах и вкус молочного жира. Жирные кислоты, содержащие более 12 атомов углерода, практически не имеют запаха и вкуса.
- Ненасыщенные жирные кислоты в триглицеридах молочного жира оказывают большое влияние на его физические и химические свойства. Наличие двойных связей объясняет легкую окисляемость кислородом воздуха, способность к реакциям с галогенами, большое число изомерных групп, способных переходить из одной в другую.

Жирнокислотный состав молочного жира

Жирная кислота	Формула	Температура плавления, °C	Содержание в молочном жире, %
<i>Насыщенные кислоты</i>			
Масляная	C_3H_7COOH	-7,9	2,5—5,0
Капроновая	$C_5H_{11}COOH$	-3,4	1,0—3,5
Каприловая	$C_7H_{15}COOH$	+16,7	0,4—1,7
Каприновая	$C_9H_{19}COOH$	+31,6	0,8—3,6
Лауриновая	$C_{11}H_{23}COOH$	+44,2	1,8—4,2
Миристиновая	$C_{13}H_{27}COOH$	+53,9	7,6—15,2
Пальмитиновая	$C_{15}H_{31}COOH$	+62,9	20,0—36,0
Стеариновая	$C_{17}H_{35}COOH$	+69,6	6,5—13,7
<i>Ненасыщенные кислоты</i>			
Миристолеиновая	$C_{13}H_{25}COOH$	+18,5	1,5—3,5
Пальмитолеиновая	$C_{15}H_{29}COOH$	+0,5	1,5—5,6
Олеиновая	$C_{17}H_{33}COOH$	+13,4	16,7—37,6
Линолевая	$C_{17}H_{31}COOH$	-5,0	2,0—5,2
Линоленовая	$C_{17}H_{29}COOH$	-11,0	0,1—2,1
Арахидоновая	$C_{19}H_{31}COOH$	-49,5	0,1—1,7

Углеводы

- В молоке содержатся простые и сложные углеводы. Простые углеводы представлены моносахаридами (глюкоза, галактоза и др.) и их производными (аминосахара, фосфаты сахаров и др.) Из моносахаридов в молоке обнаружены глюкоза, галактоза, манноза и фруктоза.
- Сложные углеводы состоят в основном из дисахарида — лактозы (90 % углеводов молока) и небольшого количества других олигосахаридов. Обладая бифидогенным действием, они нормализуют микрофлору кишечника новорожденного.
- Основным олигосахаридом молока является лактоза. Массовая доля ее в молоке довольно постоянна и составляет 4,5-4,9 %. Молекулы лактозы присутствуют в молоке в молекулярно-дисперсной форме. Лактоза образует истинный раствор. После удаления из молока жира и белка остается молочная сыворотка, которая представляет собой истинный раствор лактозы, минеральных солей и водорастворимых витаминов.
- Химическая формула лактозы $C_{12}H_{22}O_{11}$ в циклическом виде представлена на рисунке:



Свойства лактозы

- В молоке лактоза находится в виде двух форм — α и β . Форма α — менее растворима. Обе формы могут переходить друг в друга.
- К молоке лактоза находится как в свободном, так и в связанном с белками состоянии, между ними существует динамическое равновесие.
- Из перенасыщенных растворов лактоза кристаллизуется. При t ниже 93°C она выделяется с одной молекулой кристаллизационной воды в α -гидратной форме. При t выше 93°C — в безводной β -форме.
- При нагревании водных растворов лактозы до $t\ 100^{\circ}\text{C}$ происходит трансформация глюкозы во фруктозу и образуется *лактоулоза*.
- Нагревание растворов лактозы в присутствии аммиака и аминов вызывает их легкое побурение, это объясняется образованием в результате реакции Майара веществ темного цвета с ярко выраженным привкусом карамелизации — меланоидинов.
- Гидролиз лактозы может быть осуществлен ферментативным путем — с помощью лактазы.
- Ферментативный гидролиз и глубокий распад (брожение) лактозы происходит в молоке и сыворотке под действием ферментов дрожжей, молочнокислых и др. бактерий. В зависимости от образующихся продуктов различают молочнокислое, спиртовое, пропионовокислое, маслянокислое и др. виды брожения.

Минеральные вещества

- Минеральные вещества поступают в организм животного и переходят в молоко главным образом из кормов и минеральных добавок.
- Минеральные вещества находятся в молоке в основном в виде солей.
- Исследование мин. состава золы молока показало наличие в ней более 50 элементов: Ca, P, Mg, Na, K, Cl, S, Fe, Cu, Mn, Zn, Al, I, Mo и т.д.
- Основными минеральными веществами молока являются кальций, фосфор, магний, калий, натрий, хлор, и сера. Ca и P – это наиболее важные макроэлементы молока. Они содержатся в молоке в легкоусвояемой форме и хорошо сбалансированных соотношениях.

- Массовая доля Са от 100 до 140 мг%. Около 22 % всего Са молока прочно связано с казеином, остальное количество (78 %) составляют соли фосфаты, цитраты и пр.
- Большая часть этих солей содержится в коллоидном состоянии и небольшая часть (30-40 %) в виде истинного раствора. Между ними устанавливается равновесие.
- Общая массовая доля Р от 74 до 130 мг%. Р содержится в молоке в минеральной и органической форме. Неорганические соединения представлены фосфатами Са и металлов. Органические соединения - это Р в составе казеина, фосфолипидов, ряда коферментов и др.

- Соли К и Na содержатся в молоке в ионно-молекулярном состоянии в виде хлоридов, фосфатов и цитратов. Хлориды Na и К обеспечивают определенную величину осмотического давления крови и молока, что необходимо для нормальных процессов жизнедеятельности. Их фосфаты и карбонаты входят в состав буферных систем организма, поддерживающих постоянство концентраций водородных ионов в узких пределах. Кроме того, фосфаты и цитраты К и Na обеспечивают так называемое солевое равновесие молока, т. е. определенное соотношение между ионами Ca и анионами фосфорной и лимонной кислот.
- Микроэлементы в молоке связаны с оболочками жировых шариков (Fe, Cu), казеином и сывороточными белками. Повышение массовой доли Fe и Cu снижает качество молока и молочных продуктов, окисляется витамин С, появляются посторонние привкусы, понижается устойчивость масла против порчи.
- Загрязнение молока Cu, F, оловом, Zn и особенно свинцом, ртутью, мышьяком представляет угрозу для здоровья человека, особенно детей.

Самостоятельная работа

1. По литературным источникам и конспекту лекции на сайте НовГУ изучить такие компоненты молока, как витамины, ферменты, пигменты, газы.
2. Выписать в отдельную тетрадь незнакомые термины.
3. Подготовиться к опросу по теме лекции.