

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1. В.20 Биохимия молока и мяса

Направление подготовки (специальность) 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции

Профиль подготовки: Технология производства и переработки продукции животноводства

Квалификация выпускника бакалавр

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций

1.1 Лекция № 1 Введение в курс дисциплины. Образование молока. Предшественники основных компонентов молока. Химический состав и пищевая ценность основных компонентов молока. Изменение состава и свойств молока под влиянием различных факторов

1.2 Лекция № 2 Биохимические и физико-химические процессы при обработке молока, при выработке питьевого молока сливок и мороженого

1.3 Лекция № 3 Биохимические и физико-химические процессы при выработке кисломолочных продуктов

1.4 Лекция № 4 Физико-химические процессы при производстве масла. Биохимические изменения в масле в процессе хранения

1.5 Лекция № 5 Биохимические и физико-химические процессы при производстве сыра

1.6 Лекция № 6 Биохимические и физикохимические процессы при выработке и хранении молочных консервов и производстве молочно-белковых концентратов

1.7 Лекция № 7 Биохимические изменения молочных продуктов при хранении

1.8 Лекция № 8 Биохимические функции, строение и состав мышечной ткани

1.9 Лекция № 9 Биохимия созревания мяса

1.10. Лекция № 10 Химические изменения при консервировании мяса

2. Методические указания по выполнению лабораторных работ

2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Определение основных компонентов, биохимических и физико-химических показателей молока.

2.2 Лабораторная работа № ЛР-2. Определение биохимических и физико-химических показателей при обработке молока и выработке питьевого молока, сливок и мороженого. Определение механической загрязненности молока, степени пастеризации молока – проба на пероксидазу, фосфатазу, лактоальбуминовая проба

2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Определение биохимических показателей при выработке кисломолочных продуктов: кислотности, влаги, жира в различных кисломолочных продуктах

2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Определение биохимических показателей при выработке кисломолочных продуктов: кислотности, влаги, жира в различных кисломолочных продуктах

2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 Определение биохимических показателей при сыророделии

2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 Определение биохимических и физико-химических показателей при выработке молочных консервов, молочно-белковых концентратов, казеина и лактозы

2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 Изменение молочных продуктов при хранении

2.8 Лабораторная работа № ЛР-8 Определение влияния pH и присутствия фосфатов на пластичность и водоудерживающую способность мяса

2.9 Лабораторная работа № ЛР-9 Определение содержания жира в мясе. Определение кислотного и перекисного чисел в жире

2.10 Лабораторная работа № ЛР-10 Определение содержания триптофана и оксипролина в мясе и их соотношения

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция № 1 (2 часа).

Тема: Введение в курс дисциплины. Образование молока. Предшественники основных компонентов молока. Химический состав и пищевая ценность основных компонентов молока. Изменение состава и свойств молока под влиянием различных факторов.

1.1.1. Вопросы лекции:

1 Образование молока.

Предшественники основных компонентов молока.

3. Химический состав и пищевая ценность основных компонентов молока.

4 Изменение состава и свойств молока под влиянием различных факторов

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1 Образование молока

Образование молока является активным секреторным процессом, что подтверждается различием химического состава крови и образующегося молока. Для поддержания активной секреции молочная железа нуждается в значительном подвиде энергии, что обеспечивается обильным кровоснабжением. Секреторные клетки молочной железы по их синтезирующей функции являются наиболее активными среди желез организма. В эксперименте на животных установлено, что каждая клетка молочной железы выделяет в секунду около 4×10^6 молекул лактозы и около $4,1 \times 10^6$ молекул жира. Большая относительная молекулярная масса казеина объясняет уменьшение среднего числа молекул, образуемых одной клеткой, примерно до 10000 в секунду.

Всасывание веществ из вымени в кровь облегчается тем, что в молочной железе происходят интенсивные ферментативные процессы, которые расщепляют молоко на его составные части

2 Предшественники основных компонентов молока.

Для образования составных частей молока основное значение имеет количество и характер их "предшественников". Предшественники же - это химические вещества крови, из которых образуются казеин, молочный жир и молочный сахар.

Основным источником казеина молока и оказываются эти свободные аминокислоты плазмы крови. Синтез казеина идет значительно интенсивнее, когда молочная железа поглощает из крови такие аминокислоты, как лизин, триптофан и некоторые другие.

Давно установлено, что у жвачных животных в рубце и других отделах преджелудков происходят усиленные процессы брожения. Под воздействием огромной армии микробов съеденный корм, главным образом углеводы, сбраживается и образуется значительное количество летучих жирных кислот, больше всего уксусной, пропионовой и масляной.

3 Химический состав и пищевая ценность основных компонентов молока.

Сухой молочный остаток — остаток после высушивания навески молока до постоянного веса при $t=102 \div 105$ °C.

Сухой обезжиренный молочный остаток — показатель натуральности молока. Если

он составляет менее 8 %, то считается, что молоко разбавлено водой.

Нормализация молока — доведение свойств молока, таких как жирность, содержание сухих веществ, углеводов, витаминов, минеральных веществ, до стандартных или соответствующих ТУ значений путём смешивания его с молоком, имеющим другие свойства, с помощью дозатора или сепарированием.

Молоко имеет жидкую консистенцию не из-за большого количества воды. Все вещества, составляющие молоко растворены друг в друге.

4 Изменение состава и свойств молока под влиянием различных факторов.

Выход и качество молочных продуктов, определяемые составом молока, структурой и свойствами его компонентов, находятся в большой зависимости от зоотехнических факторов.

В некоторых случаях изменение состава и свойств сырого молока под влиянием физиологического состояния животных кормов и др. факторов настолько значительны, что оно становится не пригодным к переработке на молочные продукты.

Отдельные породы крупного рогатого скота оцениваются по надоям молока и его составу. Это результат многолетней практики разведения крупного рогатого скота, что позволило вывести породы коров с наибольшей молочной продуктивностью.

Колебания в составе молока коров одной и той же породы объясняются наследственными факторами, а также различными условиями содержания.

1.2. Лекция № 2 (2 часа).

Тема: «Биохимические и физико-химические процессы при обработке молока, при выработке питьевого молока сливок и мороженого»

1.2.1 Вопросы лекции:

1 Изменения состава и свойств молока при охлаждении и замораживании, при нагревании, механических воздействиях, фальсификации.

2. Пороки молока биохимического происхождения.

3 Процессы, протекающие при выработке питьевого молока, сливок и мороженого.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1 Изменения состава и свойств молока при охлаждении и замораживании, при нагревании, механических воздействиях, фальсификации.

Пастеризация молока при температуре 72-80оС вызывает незначительное увеличение размера белковых частиц — на 1-4%;

Термоустойчивость белков молока - это свойство молока сохранять агрегативную устойчивость белков и других компонентов при тепловом воздействии.

Первым нежелательным следствием тепловой обработки является увеличение продолжительности свертывания молока под действием сычужного фермента.

Подобные механические воздействия сопровождаются изменениями степени дисперсности и стабильности жировой фазы.

Консервирование охлаждением проводится в трех диапазонах: нормальное охлаждение при 6-10° С, глубокое — 2-6°; замораживание и хранение в замороженном состоянии при -12, -25°С.

2. Пороки молока биохимического происхождения.

Изменение во вкусе и запахе питьевого молока по сравнению с сырым, происходят за счет образования продуктов распада β -лактоглобулина, которые содержат SH-группы и следы H_2S , придающие запах и вкус пастеризации и потребителем это воспринимается вполне нормально.

Коллоидный фосфат кальция, наоборот, способствует агрегации частиц казеина.

От размера мицелл казеина: чем они мельче, тем более термоустойчивость молока и наоборот.

3 Процессы, протекающие при выработке питьевого молока, сливок и мороженого.

В сливках происходит накопление жира и жировых примесей. Благодаря этому вку-

совые качества молочного жира становятся ярче выраженными, т.к. сливки пастеризуют при более высоких температурах. Термическая денатурация белков в них происходит интенсивнее и наряду с ароматическими веществами образуется и CH_3S (метилсульфид); $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ (диметилсульфид) $<0,01$ мг%

Характерный аромат сливок образуется от карбонильных соединений и летучих кислот, которые накапливаются при сквашивании молока в качестве побочных продуктов.

1.3 Лекция № 3 (2 часа).

Тема: «Биохимические и физико-химические процессы при выработке кисломолочных продуктов»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Виды брожения молочного сахара, как основа производства кисломолочных продуктов. Коагуляция казеина.
2. Биохимические, структурно-механические и диетические свойства кисломолочных продуктов.
3. Влияние состава молока, бактериальных заквасок, технологического режима на процессы брожения лактозы и коагуляции казеина.
4. Пороки кисломолочных продуктов

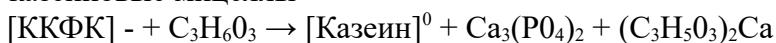
1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1 Виды брожения молочного сахара, как основа производства кисломолочных продуктов. Коагуляция казеина.

Важнейшим биохимическим процессом, протекающим при выработке кисломолочных продуктов, является брожение молочного сахара, вызываемое микроорганизмами бактериальных заквасок.

При молочнокислом брожении каждая молекула пировиноградной кислоты, образующаяся из молекулы глюкозы, восстанавливается с участием окислительно-восстановительного фермента лактатдегидрогеназы до молочной кислоты:

При кислотной коагуляции помимо снижения отрицательного заряда казеина нарушается структура казеинаткальцийфосфатного комплекса (отщепляется фосфат кальция и структурообразующий кальций). Так как кальций и фосфат кальция являются важными структурными элементами комплекса, то их переход в раствор дополнительно дестабилизирует казеиновые мицеллы



2 Биохимические, структурно-механические и диетические свойства кисломолочных продуктов.

Состав и свойства исходного сырья обусловливают скорость свертывания белков молока и прочность полученных сгустков. От них зависит также развитие микроорганизмов бактериальных заквасок, сбраживающих молочный сахар.

Состав и свойства молока изменяются в течение года, стадии лактации, при заболеваниях животных

3 Влияние состава молока, бактериальных заквасок, технологического режима на процессы брожения лактозы и коагуляции казеина.

Основной процесс, определяющий консистенцию всех кисломолочных напитков, — гелеобразование. Сгустки этих продуктов различные: в одних случаях сгусток плотный (колючий), в других — ровный и нежный (сметанообразный) или хлопьевидный и т. д.

Основные вкусовые и ароматические вещества кисломолочных продуктов — молочная и уксусная кислоты, диацетил, ацетальдегид (его высокая концентрация характерна для йогурта) и др. Освежающий, слегка острый вкус кумысу и кефиру придают этиловый спирт и углекислый газ.

Для увеличения прочности сгустков и предотвращения выделения сыворотки при хранении простокваш и других кисломолочных напитков рекомендуется применять высокий

кие температуры пастеризации молока (85—87°C с выдержкой в течение 5—10 мин или 90—94°C с выдержкой 2—8 мин)

4 Пороки кисломолочных продуктов.

В кисломолочных продуктах наиболее часто наблюдаются пороки консистенции, обусловленные, как правило, нарушением технологических режимов производства или развитием посторонней микрофлоры. Многие из пороков консистенции (отделение сыворотки в кисломолочных напитках, жидккая консистенция сметаны, крошливая, резинистая, мажущаяся консистенция творога и др.) рассмотрены при описании процессов, происходящих при производстве кисломолочных продуктов.

1.4. Лекция № 4 (2 часа).

Тема: «Физико-химические процессы при производстве масла. Биохимические изменения в масле в процессе хранения»

1.4.1 Вопросы лекции:

1 Физико-химические основы производства масла способом сбивания сливок и способом преобразования высокожирных сливок.

2 Влияние на процессы маслообразования химического состава жира и режимов подготовки сливок. Структурно-механические свойства масла.

3. Биохимические и химические изменения масла в процессе хранения.

4 Пороки масла.

1.4.2 Краткое содержание вопроса:

1 Физико-химические основы производства масла способом сбивания сливок и способом преобразования высокожирных сливок.

Основные физико-химические изменения жировой фазы сливок происходят в период их физического созревания и в процессе сбивания.

Устойчивость жировой фазы сливок, как и молока, обусловлена наличием липопротеидных оболочек на поверхности жировых шариков. Оболочки обладают упругостью, механической прочностью, имеют электрический заряд и окружены молекулами воды.

При кристаллизации глицеридов, особенно высокоплавких, может нарушаться целостность оболочек некоторых жировых шариков. На них образуются трещины, через которые выдавливается жидккая часть жира и уходят гидрофильные компоненты наружного слоя оболочки (белки, фосфолипиды).

2 Влияние на процессы маслообразования химического состава жира и режимов подготовки сливок. Структурно-механические свойства масла.

Сливки пастеризуют для повышения стойкости масла при хранении и придания продукту специфического вкуса и запаха. Повышенная температура также необходима для полного разрушения ферментов (липазы, протеазы и др.), вызывающих порчу масла.

На степень отвердевания жира влияют температура и продолжительность охлаждения, жирно-кислотный состав триглицеридов и другие факторы. Степень отвердевания жира при охлаждении сливок влияет на консистенцию масла.

3 Биохимические и химические изменения масла в процессе хранения.

При хранении сливочного масла, особенно в неблагоприятных условиях, молочный жир изменяется, образуется ряд химических соединений, обладающих часто неприятными вкусом и запахом. Изменение химического состава жира, а также разрушение каротина и витаминов обусловливают ухудшение органолептических показателей, снижение пищевой и биологической ценности масла. Изменение вкуса и запаха жира иногда приводит к тому, что продукт становится непригодным к употреблению. Это явление называют пищевой порчей жира.

4 Пороки масла.

Прогоркание наступает в результате накопления в жирах альдегидов, кетонов, низкомолекулярных кислот.

Осаливание жира характеризуется образованием альдегидов и большого количества

оксисоединений.

Под стойкостью масла понимается его способность сохранять длительное время высокое качество. Поэтому стойкость масла определяется факторами, ограничивающими его порчу химического и биохимического происхождения.

1.5. Лекция № 5 (2 часа).

Тема: «Биохимические и физико-химические процессы при производстве сыра» (2 часа)

1.5.1 Вопросы лекции:

- 1 Процесс сычужного свертывания молока. Физико-химические процессы при обработке сгустка, формовании, прессовании и посолке сыра.
 - 2 Биохимические и физико-химические процессы при созревании сыров. Особенности созревания отдельных видов сыров.
 - 3 Физико-химические процессы при производстве плавленых сыров.
 - 4 Пороки сыров.

1.5.2 Краткое содержание вопроса:

- ## 1 Процесс сычужного свертывания молока. Физико-химические процессы при обработке сгустка, формировании, прессовании и посолке сыра.

Наиболее важный процесс при изготовлении сыра — свертывание молока сычужным ферментом. От скорости образования, структурно-механических и синеретических свойств сычужного сгустка зависят консистенция, рисунок, внешний вид и другие показатели сыра.

Сычужное свертывание молока проходит две стадии: ферментативную и коагуляционную.

Пастеризация молока изменяет физико-химические свойства белков и солей

Кислотность молока и сырной массы является решающим фактором, влияющим на выделение сыворотки из сырной массы.

Во время формования и прессования сыра молочнокислый процесс продолжается, объем микрофлоры увеличивается, следовательно, повышается кислотность сырной массы и происходит ее обезвоживание. Температура сыра во время технологических операций должна быть в пределах 18—20°С.

- ## 2 Биохимические и физико-химические процессы при созревании сыров. Особенности созревания отдельных видов сыров.

Под созреванием сыра понимают глубокие изменения составных частей свежеприготовленного сыра, в результате которых он приобретает свойственные ему вкус, запах, цвет, консистенцию и рисунок.

Все изменения составных частей сырной массы при созревании происходят под влиянием ферментов. Так, молочный сахар сбраживается ферментами молочнокислых бактерий (лактобактерии, стрептококки и палочки) с образованием молочной кислоты и ряда других химических веществ (молочнокислые бактерии интенсивно развиваются до десятидневного возраста сыра, затем до конца созревания их количество медленно падает).

Газообразование, вызванное бактериями группы кишечных палочек, характеризуется получением сетчатого или рваного рисунка. Бактерии данной группы сбраживают молочный сахар с образованием большого количества газов



- ### 3 Физико-химические процессы при производстве плавленых сыров.

Плавленые сыры представляют собой концентрированные белковые продукты. Содержание растворимых белков в них выше, чем в исходных сычужных сырах, а использование при их производстве творога и сывороточных белков способствует увеличению количества незаменимых аминокислот (метионина, цистина и др.). Пищевую ценность

плавленых сыров повышают жиры, минеральные соли, органические кислоты, витамины А, В2 и др.

Основной показатель качества плавленых сыров — консистенция, которая формируется в процессе плавления сырной массы.

4 Пороки сыров.

Пороки консистенции биохимического (и технологического) происхождения в основном вызваны нарушением процесса накопления в сырной массе молочной кислоты.

Недостаточная связность сырного теста в результате повышенной кислотности может привести к самоколу.

При газообразовании в сыре образуются мелкие и крупные трещины. Внутренний разрыв (трещину) сырной массы вызывает порок внутренний свищ. Если трещина дойдет до поверхности сыра, то образуется открытый свищ.

Аммиачный вкус и запах возникают в латвийском и других полутвердых сырах при излишнем развитии бактерий сырной слизи.

1.6. Лекция № 6 (2 часа).

Тема: «Биохимические и физикохимические процессы при выработке и хранении молочных консервов и производстве молочно-белковых концентратов»

1.6.1 Вопросы лекции:

1 Физико-химические процессы, протекающие при выработке сгущенного молока с сахаром, сгущенного пастеризованного и стерилизованного молока, сухих молочных продуктов.

2 Физико-химические процессы при производстве казеина, молочно-белковых концентратов (казеинатов, копреципитатов, концентратов сывороточных белков), молочного сахара.

3 Пороки молочных консервов

1.6.2 Краткое содержание вопроса:

1 Физико-химические процессы, протекающие при выработке сгущенного молока с сахаром, сгущенного пастеризованного и стерилизованного молока, сухих молочных продуктов.

Пищевые продукты консервируют для предохранения от порчи при хранении (от лат. *conservare* — сохранять). Для этого создают условия, при которых подавляются химические и биохимические процессы разложения входящих в состав продуктов жиров, белков и углеводов.

Производство сгущенного молока с сахаром основано на увеличении концентрации сухих веществ молока путем сгущения и добавления сахарозы. При этом в окружающей среде (продукте) создается осмотическое давление около 18 МПа, в то время как в протоплазме бактериальных клеток оно составляет лишь 0,6—0,8 МПа.

Во время охлаждения происходит кристаллизация молочного сахара. При охлаждении продукта после сгущения (до 20°C) раствор лактозы становится пересыщенным, и часть ее выпадает в виде кристаллов.

К факторам, обусловливающим термоустойчивость молока, в первую очередь относят состав казеина, солей и pH. При увеличении в молоке концентрации фосфатов и цитратов уменьшается количество ионов кальция, что приводит к нарушению структуры казеинового комплекса и снижению его устойчивости.

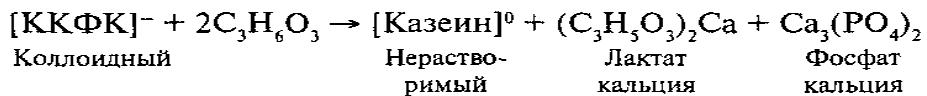
Производство сухих молочных продуктов основано на удалении из молока в процессе сушки влаги (до содержания 4—7%). При таком содержании влаги подавляется развитие микроорганизмов, так как развитие бактерий возможно только при наличии в среде не менее 25—30% влаги, плесеней — не менее 15%.

2 Физико-химические процессы при производстве казеина, молочно-белковых концентратов (казеинатов, копреципитатов, концентратов сывороточных белков), молочного сахара.

Одна из главных задач, стоящих перед молочной промышленностью, — комплексное использование всех составных частей молока. В связи с этим необходимо максимально использовать обезжиренное молоко, пахту и сыворотку в пищевых целях. В последние годы во многих странах наблюдается увеличение производства молочно-белковых концентратов (МБК): казеина, казеинатов, копреципитатов и концентратов сывороточных белков (выделенных из сыворотки методом ультрафильтрации).

Технический и пищевой казеин вырабатывают из обезжиренного молока. Технический казеин используют в бумажном производстве, для получения клея, красок и т. д.

При кислотной коагуляции под действием молочной кислоты от казеинаткальций-фосфатного комплекса (ККФК) отщепляются фосфат кальция и часть органического кальция.



3 Пороки молочных консервов

Загустевание относится к основным порокам сгущенного молока с сахаром. Оно появляется во время хранения продукта. В результате самопроизвольного загустевания продукт приобретает излишне вязкую консистенцию и становится нестандартным (продукт, хранившийся от 2 до 12 мес, должен иметь вязкость не более 15 Па · с).

Комковатая и хлопьевидная консистенция сгущенного молока с сахаром характеризуется наличием мелких хлопьев и комочеков казеина, образующихся при частичной коагуляции белка.

Мучнистая и песчанистая консистенция сгущенных молочных консервов вызывает-
ся

Пониженная растворимость сухих молочных продуктов наблюдается при сильной денатурации сывороточных белков в процессе сушки.

1.7. Лекция № 7 (2 часа).

Тема: «Биохимические и химические изменения молочных продуктов при хранении»

1.7.1 Вопросы лекции:

1 Влияние условий хранения на качество молочных продуктов.

2 Изменение молочных продуктов при хранении: молока, кисломолочных продуктов, сгущенного молока, сухих молочных продуктов, сыров

1.7.2 Краткое содержание вопроса:

1 Влияние условий хранения на качество молочных продуктов.

Охлаждение и замораживание применяют для увеличения продолжительности хранения сырого молока до переработки. Низкие температуры предотвращают развитие микрофлоры, оказывающей отрицательное воздействие на составные части молока, но они могут вызвать нежелательные изменения свойств молока с нарушением стабильности жировой и белковой фаз.

При охлаждении молока жир переходит из жидкого состояния в твердое, в результате чего повышаются его вязкость и плотность. Вследствие кристаллизации высокоплавких триглицеридов жировых шариков изменяются состав и свойства их защитных белковых оболочек. Механические воздействия (при транспортировании, очистке, перемешивании, перекачивании и т. д.) могут привести к повреждению оболочек и повышению степени дестабилизации жировой фазы. В таком молоке активнее происходят липолиз и окисление липидов.

Липолиз может быть вызван активированием нативных липаз и выделением липолитических ферментов психотропными бактериями.

2 Изменение молочных продуктов при хранении: молока, кисломолочных продуктов, сгущенного молока, сухих молочных продуктов, сыров.

Срок реализации творога не более 36 ч с момента окончания технологического

процесса. В этот период творог хранят при температуре от 0 до 8°C. Замороженный творог при температуре — 18°C сохраняется 4—6 мес. Размораживание проводят при комнатной температуре в течение 12—18 ч.

Творожные изделия включают творожную массу, сырки, пасты, торты, кремы, творожные полуфабрикаты. Хранят творожные изделия при температуре не выше 6°C не более 36, торты — не более 24 ч.

Молоко сухое быстрорастворимое (инстант) готовят в специальных аппаратах — инстанттайзерах. Оно имеет структуру пористого порошка, пронизанную крупными капиллярами. По ним проникает влага и способствует быстрому растворению.

Сухие молочные продукты упаковывают в четырех- или пятислойные не пропитанные битумом бумажные мешки массой нетто до 2,5 кг, в ящики из гофрированного картона — до 20 кг. Тара должна обязательно иметь вкладыши из полиэтилена, пергамента, подпергамента. Фасовку сухого молока производят в картонно-металлические банки с полимерным покрытием внутренней поверхности, вставки из фольги, фольги и пергамента, масса 250, 500 и 1000 г.

Мороженное При транспортировке и кратковременном хранении (до 5 сут) лучшими температурами являются минус 12—14°C. Более длительное хранение осуществляют в морозильных камерах с температурой не выше — 20°C и относительной влажностью воздуха 85—90%

1.8. Лекция № 8 (2 часа)

Тема: Биохимические функции, строение и состав мышечной ткани

1.8.1. Вопросы лекции:

- 1 Строение мышечной ткани
- 2 Химический состав мышечной ткани
- 3 Строение и свойства белков мышечной ткани
- 4 Небелковые компоненты мышечной ткани

1.8.2. Краткое содержание вопросов:

- 1 Строение мышечной ткани

Основным структурным элементом мышечной ткани является мышечное волокно, представляющее собой длинную многоядерную клетку. Диаметр волокна может быть от 10 до 100 мкм, длина зависит от длины мышцы.

Поверхность мышечного волокна покрыта эластичной двухслойной оболочкой — сарколеммой (рис. 1). Внутри волокна по его длине расположены длинные нитеподобные образования — миофибриллы занимающие 60-65 % объема клетки. Они являются сократительными элементами мышечного волокна.

Внутри клетки расположены также ядра, митохондрии, рибосомы, лизосомы и другие органеллы. Все эти структурные элементы окружены саркоплазмой — полужидкой частью клетки, занимающей 35-40% ее внутреннего объема.

2 Химический состав мышечной ткани

Химический состав мышечной ткани очень сложен и изменяется под влиянием различных факторов. Средний химический состав хорошо отпрепарированной мышечной ткани составляет: воды - 70-75 % от массы ткани; белков - 18-22 %; липидов - 0,5-3,5 %; азотистых экстрактивных веществ - 1,0-1,7 %; безазотистых экстрактивных веществ - 0,7-1,4 %; минеральных веществ - 1,0-1,5 %.

3 Строение и свойства белков мышечной ткани

Белки мышечной ткани разнообразны по аминокислотному составу, строению и свойствам. По форме белковых молекул и отношению к растворителям их делят на три группы: саркоплазматические, миофибриллярные и белки стромы.

Саркоплазматические белки: миоген, глобулин X, миоальбумин, миоглобин, кальмодулин. На их долю приходится около 40 % мышечных белков. Они имеют глобулярное строение, извлекаются из мяса путем экстракции водой.

4 Небелковые компоненты мышечной ткани

Липиды. Содержание липидов в мышечной ткани зависит от вида, возраста, пола, упитанности животного.

Экстрактивные вещества. К экстрактивным веществам, подразделяемым на азотистые и безазотистые, относятся вещества, извлекаемые (экстрагируемые) из мышечной ткани водой.

К азотистым экстрактивным веществам относятся азотистые основания: креатин, карнозин, ансерин, аденин, гипоксантин и др.; свободные аминокислоты; мочевина; аммонийные соли; АТФ, АДФ, АМФ, креатинфосфат и др.

Минеральные вещества. Их содержание в мышечной ткани достигает 1,5 %.

1.9. Лекция № 9 (2 часа)

Тема: «Биохимия созревания мяса»

1.9.1. Вопросы лекции:

- 1 Промышленное понятие о мясе
- 2 Понятие об автолизе, стадии автолиза
- 3 Автолитические изменения углеводов, их значение

1.9.2. Краткое содержание вопросов:

- 1 Промышленное понятие о мясе

Под мясом в промышленном значении понимают тушу или ее часть, полученную при убое сельскохозяйственных животных и птицы и представляющую совокупность различных тканей в их естественном соотношении. Кроме мышечной ткани, являющейся необходимым признаком мяса, в его состав в разном количестве могут входить соединительная, жировая, хрящевая ткани, кость, кровь.

- 2 Понятие об автолизе, стадии автолиза

Автолитическими процессами называют процессы распада компонентов тканей мяса под влиянием находящихся в них ферментов, которые сохраняют свою каталитическую активность долгое время. Автолиз (греч. *autos* - сам и *lysis* - растворение) начинается в тканях животного сразу же после убоя в связи с прекращением поступления кислорода, отсутствием окислительных изменений и кровообращения, прекращением синтеза и выработки энергии, накопления в тканях продуктов обмена

Изменение свойств мяса развивается в определенной последовательности в соответствии с основными стадиями автолиза: парное состояние - посмертное окоченение (*rigor mortis*) - разрешение посмертного окоченения - созревание - глубокий автолиз.

Парное мясо (3-4 час после убоя) характеризуется нежной консистенцией.

- 3 Автолитические изменения углеводов, их значение

После убоя ресинтез гликогена в мясе не осуществляется в связи с отсутствием поступления кислорода, и начинается его анаэробный распад по пути фосфоролиза и амилиолиза с образованием молочной кислоты и глюкозы.

Через 24 часа гликолиз приостанавливается вследствие исчерпания запасов АТФ и накопления молочной кислоты, подавляющей фосфоролиз.

Важнейшим следствием гликолиза является сдвиг рН мышечной ткани в кислую сторону за счет накопления органических кислот.

Величину рН мяса можно достаточно точно и просто замерить с помощью рН-метров, что позволяет отслеживать стадии автолиза, выявлять мясо с нетрадиционным характером автолитических изменений.

1.10. Лекция № 10 (2 часа)

Тема: «Химические изменения при консервировании мяса»

1.10.1. Вопросы лекции:

- 1 . Изменения в белковой системе мяса, их значение
2. Способы холодильной обработки мяса

1.10.2. Краткое содержание вопросов:

- 1 . Изменения в белковой системе мяса, их значение

Накопление органических кислот в мясе оказывает существенное влияние на состояние мышечных белков, что в свою очередь предопределяет технологические свойства мяса: консистенцию, ВСС - водосвязывающая способность, растворимость белков, их эмульгирующую способность и др.

На первой стадии автолиза важное значение имеет уровень содержания в мясе энергоемкой АТФ, вследствие десфосфорилирования (распада) которой осуществляется процесс фосфоролиза гликогена. Одновременно энергия дефосфорилирования обеспечивает сокращение миофибриллярных белков.

Сущность изменений в белковой системе мяса на начальных этапах послеубойного периода, в основном, связана с процессом образования актомиозинового комплекса и зависит от наличия в системе энергии и ионов кальция (Ca^{2+}). Непосредственно после убоя количество АТФ в мясе велико, Ca^{2+} связан в саркоплазматическом ретикулуме мышечного волокна, актин находится в глобулярной форме и не связан с миозином, что обуславливает расслабленное состояние волокон, большое количество гидрофильных центров и высокую ВСС белков. Сдвиг рН мяса в кислую сторону запускает механизм превращения миофибриллярных белков:

Замораживание - теплофизический процесс превращения в лед содержащейся в мясе влаги в результате отвода тепла при температуре ниже криоскопической. Замороженным считается мясо, температура которого в толще бедренной части не выше минус 8 °С.

2. Способы холодильной обработки мяса

В промышленной практике мясокомбинатов используют следующие способы холодильной обработки:

- охлаждение и хранение охлажденного мяса и мясопродуктов при температурах выше криоскопических, но близких к ним;
- замораживание и хранение замороженного мяса и мясопродуктов при температурах значительно ниже криоскопических;
- размораживание мяса с повышением температуры в толще бедренной части полутиши не ниже 1 °С в регламентированных условиях.

Охлаждение - теплофизический процесс отнятия животного тепла, понижение температуры мяса до нижней границы, в пределах которой вода находится в жидком состоянии, то есть в доступной для микроорганизмов форме (имеется в виду снижение температуры мяса от 36-37 °С до 0-4 °С в толще бедренной части полутиши).

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа № 1(2 часа).

Тема: «Определение основных компонентов, биохимических и физико-химических показателей молока»

2.1.1 Цель работы: ознакомиться с основными компонентами молока

2.1.2 Задачи работы:

1. Определить биохимические и физико-химические показатели молока

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Концентрированная серная кислота, хлороформ, анилин, соляная кислота, раствор брома в хлороформе, азотная кислота

2.1.4 Описание (ход) работы:

1 каплю рыбьего жира растворяют в 20 – 25 каплях хлороформа, к раствору добавляют 1 каплю концентрированной серной кислоты и встряхивают. Появляется сине-фиолетовое окрашивание, которое вскоре переходит в красновато-бурое и бурое. К 1мл витаминизированного рыбьего жира прибавляют 4—5 мл анилина и 0,5 мл концентрированной соляной кислоты. Содержимое пробирки нагревают до кипения и кипятят 20—30 с. Жидкость принимает красную окраску. На часовом стекле смешивают 2—3 капли рыбьего жира и 3—4 капли хлороформного раствора брома. Через некоторое время появляется зеленовато-голубое окрашивание.

К нескольким каплям спиртового раствора витамина Е осторожно добавляют 8—10 капель концентрированной азотной кислоты и пробирку слегка встряхивают, через 1—2 мин содержимое пробирки приобретает красное или желтовато-красное окрашивание. Реакция протекает бурно, поэтому рекомендуется азотную кислоту прибавлять медленно, по стенке пробирки и проводить реакцию в вытяжном шкафу. К 1 мл раствора викасола или метинона добавляют 6 – 8 капель анилина и взбалтывают. Содержимое пробирки приобретает красную окраску.

2.2. Лабораторная работа № 2 (2 часа).

Тема: «Определение биохимических и физико-химических показателей при обработке молока и выработке питьевого молока, сливок и мороженого. Определение механической загрязненности молока, степени пастеризации молока – проба на пероксидазу, фосфатазу, лактоальбуминовая проба»

2.2.1 Цель работы: научиться определять биохимические и физико-химические показатели молока.

2.2.2 Задачи работы:

1. Определить механическую загрязненность молока
2. Провести пробу на пероксидазу и фосфатазу, лактоальбуминовую пробу

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Раствор Люголя, едкий натр, сульфат меди
2. Раствор крахмала, реагенты для реакции Троммера
3. Хлорид натрия, раствор Люголя, крахмал, дистиллированная вода

2.2.4 Описание (ход) работы:

В две пробирки наливают по 2 мл 1%-ного раствора крахмала, в одну из них добавляют 1 мл разведенной слюны (1 : 10), в другую – 1 мл воды и ставят на 10 мин в водяную баню, нагретую до 37 – 38° (внимательно следят за температурой, не допуская ее повышения), или, еще лучше, в ультратермостат, после чего охлаждают пробирки под краном. Проделывают реакции Троммера и с йодом, для чего содержимое каждой пробирки делят пополам. В две пробирки наливают по 1 мл разведенной слюны, затем в одну из них добавляют 1 мл раствора сахарозы, а в другую – столько же раствора крахмала. Обе пробирки прогревают 10 мин в водяной бане при температуре 38°C, после чего охлаждают и с содержимым каждой из них проделывают реакцию Троммера. Убеждаются, что амилаза катализировала лишь процесс гидролитического расщепления крахмала и не оказала действия на сахарозу. В 7 однотипных пробирок пипетками наливают растворы лимонной кислоты и фосфорнокислого натрия в количествах, указанных в табл. 4, получая, таким образом, буферные смеси со значениями pH от 5,6 до 8,0. В каждую пробирку добавляют по 10 капель 1%-ного раствора хлористого натрия, 0,5%-ного раствора крахмала, разведен-

ной в 100 раз слюны и перемешивают. Пробирки ставят на 10 мин, в водяную баню при температуре 38°C, после чего быстро охлаждают, добавляют во все пробирки по 1 капле раствора Люголя, перемешивают и наблюдают окраску. Устанавливают, при каком pH произошло наиболее полное расщепление крахмала (желтая или буровато-желтая окраска с йодом). Реакция весьма специфична и показательна. В три пробирки наливают по 1 мл разведенной слюны, затем в одну из них добавляют 2 капли дистиллированной воды, во вторую – 2 капли раствора хлорида натрия, в третью – 2 капли раствора сульфата меди. В каждую пробирку добавляют по 5 капель раствора крахмала и перемешивают. Через 5 минут в каждую пробирку добавляют по 1 капле раствора Люголя, перемешивают и наблюдают окраску. Делают соответствующие выводы.

2.3. Лабораторная работа № 3 (4 часа).

Тема: «Определение биохимических показателей при выработке кисломолочных продуктов: кислотности, влаги, жира в различных кисломолочных продуктах»

2.3.1 Цель работы: научиться определять биохимические показатели кисломолочных продуктов

2.3.2 Задачи работы:

1. определить кислотность, содержание жира и влаги в кисломолочных продуктах

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Дистиллированная вода, перекись водорода, серная кислота, раствор перманганата калия

2.3.4 Описание (ход) работы:

Наливают в колбочку 20 мл воды. Вносят микропипеткой 0,02 мл исследуемой крови, предварительно обтерев кончик капилляра от приставшей снаружи крови, пипетку промывают путем всасывания и выпускания обратно жидкости. Получается раствор крови 1:1000. Отмеряют в две колбочки по 7 мл дистиллированной воды. В одну колбу вносят 1 мл основного раствора крови. В другую колбу вносят 1 мл основного раствора крови, предварительно прокипяченного (разрушена каталаза). Оставляют стоять обе колбочки при комнатной температуре на 30 мин, предварительно прилив в каждую колбочку по 2 мл H_2O_2 . Через 30 мин приливают в каждую колбочку по 3 мл раствора H_2SO_4 и оттитровывают содержимое колбочки раствором $KMnO_4$ до появления розового окрашивания неисчезающего в течение 30 с.

Вычисление «каталазного числа». Вычесть из количества мл $KMnO_4$, пошедшего на титрование контрольной пробы, количество мл $KMnO_4$, пошедшее на титрование опытной пробы. Разницу умножить на 1,7 – получается каталазное число в миллиграммах, Граммэквивалент $H_2O = 17$.

2.4 Лабораторная работа № 4(2 часа).

Тема: «Определение биохимических показателей при сыроделии»

2.4.1 Цель работы: научиться определять биохимические показатели сыра

2.4.2 Задачи работы:

1. Определить изменение показателей молока при приготовление сыра

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Углекислый натрий, азотнокислый натрий, хлорамин, хлороформ

2. Хлорид железа, раствор аммиака

2.4.4 Описание (ход) работы:

0,5 г порошка тиреоидина тщательно смешивают в тигле с 2 г смеси азотнокислого натрия и углекислого натрия (5 : 7) и нагревают до обугливания. Остаток растворяют в 20 мл воды и фильтруют. Фильтрат подкисляют 15%-ным раствором серной кислоты до слабокислой реакции (по лакмусу), после чего к нему добавляют 5 мл хлороформа, 4 – 5 мл свежеприготовленного раствора хлорамина (или хлорной воды) и встряхивают. Хлороформный слой принимает красно-фиолетовое окрашивание. 0,5 мл раствора адреналина смешивают с 2 мл воды и прибавляют 1 каплю раствора хлорного железа. Содержимое пробирки тотчас же окрашивается в изумрудно-зеленый цвет. От прибавления 1 капли раствора аммиака окраска переходит в вишнево-красную, а затем принимает коричневый оттенок.

2. 5 Лабораторная работа № 5 (2 часа).

Тема: «Определение биохимических и физико-химических показателей при выработке молочных консервов, молочно-белковых концентратов, казеина и лактозы»

2.5.1 Цель работы: научиться определять биохимические и физико-химические показатели молочных консервов.

2.5.2 Задачи работы:

1. Определить биохимические и физико-химические показатели молочных консервов

2. Определить биохимические и физико-химические показатели молочно-белковых концентратов

2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Интерактивная доска (занятие является теоретическим)

2.5.4 Описание (ход) работы:

Необходимо изучить химический состав, а также структурно-функциональные особенности молекулы аденоинтрифосфорной кислоты. Рассмотреть энергетику процессов гликолиза, цикла Кребса, а также различные экзотермические процессы, протекающие в клетках организма.

2.6 Лабораторная работа № 6(2 часа).

Тема: «Изменение молочных продуктов при хранении»

2.6.1 Цель работы: научиться определять изменения показателей молочных продуктов при хранении

2.6.2 Задачи работы:

1. Определить показатели молочных продуктов при хранении

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Образец крови, тиосульфат натрия, сульфат цинка, хлорид натрия, крахмал, гексацианоферрат калия, йодид калия

2.6.4 Описание (ход) работы:

В четыре пробирки наливают по 1 мл 0,1 н раствора едкого натра и 5 мл 0,45%-ного раствора сернокислого цинка. Выпадает студенистый осадок гидрата окиси цинка. В две пробирки сухой микропипеткой вносят по 0,1 мл крови. Пипетку погружают в раствор гидрата окиси цинка почти до дна пробирки, осторожно выпускают кровь и хорошо перемешивают ее с содержимым пробирки, 2–3 раза втягивая и выпуская жидкость. В две другие пробирки вносят по 0,1 мл дистиллированной воды (контроль). Все пробирки ставят в кипящую водяную баню точно на 3 мин. Белки крови выпадают в виде бурых сгустков. Содержимое четырех пробирок фильтруют через вату в четыре сухих пронумерованных стаканчика. Кусочки ваты в воронках до фильтрования промывают горячей дистиллированной водой (по 2 мл). Пробирки, в которых осаждали белок, ополаскивают 2 раза горячей водой (по 2–3 мл), присоединяя промывные воды к основным фильтратам (через те же воронки с ватой). Фильтрат должен быть прозрачным.

Во все четыре стаканчика добавляют точно по 2 мл содового раствора железосинеродистого калия, а затем нагревают на кипящей водяной бане 15 мин. После охлаждения в каждый стаканчик доливают по 2,6 мл хлорцинкового раствора, 0,4 мл раствора йодистого калия и 2 мл 3%-ного раствора уксусной кислоты. Выделившийся йод оттитровывают из микробюretки 0,005 н раствором тиосульфата натрия (индикатор – раствор крахмала).

На титрование контрольной пробы должно быть израсходовано около 2 мл 0,005 н раствора тиосульфата. В опытных образцах объем раствора тиосульфата, израсходованный на титрование, обратно пропорционален содержанию глюкозы в крови.

Для расчета содержания глюкозы пользуются таблицей.

Пример расчета. На титрование исследуемого образца израсходовано 1,29 мл 0,005 н раствора тиосульфата, контрольного – 1,92 мл. По табл. 7 находим, что 1,29 мл раствора тиосульфата соответствуют 0,125 мг глюкозы, а 1,92 мл того же раствора – 0,014 мг. Содержание глюкозы в 0,1 мл крови равно $0,125 - 0,014 = 1,111$ мг, а в 100 мл $0,111 \cdot 1000 = 111$ мг.

2.7 Лабораторная работа № 7(2 часа).

Тема: «Определение влияния pH и присутствия фосфатов на пластичность и водоудерживающую способность мяса»

2.7.1 Цель работы: установить влияние pH на водоудерживающую способность мяса

2.7.2 Задачи работы:

1. Изучить динамику распада полисахарида посредством осуществления качественных реакций

2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Фосфатная буферная система, серная кислота, гвяякол, спиртовой раствор тиофена

2.7.4 Описание (ход) работы:

В две пробирки вносят по 0,5 г свежеприготовленной мышечной кашицы и 3 мл фосфатного буфера (pH 8,04). Первая пробирка является контрольной, вторая – опытной. В контрольную пробирку для инактивации ферментов добавляют 2 мл 5%-ного раствора метафосфорной кислоты и 1 мл дистиллированной воды. Во вторую пробирку вливают 1 мл 0,5%-ного раствора крахмала или гликогена, затем в обе пробирки добавляют по 1 мл вазелинового масла (для защиты реагирующих веществ от кислорода воздуха) и ставят на 1 ч в термостат при температуре 36,5–37° С. После часа инкубации пробирки вынимают

из термостата и во второй инактивируют ферменты добавлением 2 мл 5%-ного раствора метафосфорной кислоты. Контрольную и опытную пробы фильтруют через бумагу в сухие пронумерованные пробирки. Для осаждения углеводов к фильтратам прибавляют по 0,5 г гидрата окиси кальция и 1 мл 15%-ного раствора сернокислой меди, потом пробирки ставят на 10–15 мин, время, от времени взбалтывая, после чего снова фильтруют.

С фильтратами проделывают реакции на молочную кислоту. Для этого берут четыре пробирки и в первые две наливают по 10 капель фильтрата контрольной пробы, в третью и четвертую – по 10 капель опытной. Пробирки ставят в сосуд со снегом и осторожно (по стенке) добавляют в каждую из них по 30–40 капель концентрированной серной кислоты, во вторую и четвертую приливают также по 1 капле раствора сернокислой меди. После этого все пробирки нагревают на кипящей водяной бане 2–3 мин и быстро охлаждают. В первую и третью пробирки наливают по 3–4 капли 0,2%-ного спиртового раствора гвяжола, во вторую и четвертую – столько же спиртового раствора тиофена. Через несколько минут в третьей пробирке появляется красное окрашивание, в четвертой – вишнево-красное, которое усиливается при нагревании на водяной бане. В первой и второй пробирках может появиться розоватая окраска, обусловленная наличием следов молочной кислоты в мышечной кашице.

2.8. Лабораторная работа № 8 (2 часа).

Тема: «Определение содержания жира в мясе. Определение кислотного и перекисного чисел в жире»

2.8.1 Цель работы: ознакомиться с особенностями физико-химических свойств липидов

2.8.2 Задачи работы:

1. Изучить структурно-функциональные особенности липидов
2. Осуществить качественные реакции на холестерин
3. Осуществить качественное определение присутствия кетоновых тел

2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Интерактивная доска (в ходе работы демонстрируется слайд презентация, посвящённая особенностям свойств липидов)

2. Хлороформный раствор, серная кислота, уксусный ангидрид, бромная вода.

2.8.4 Описание (ход) работы:

В начале работы необходимо провести вводную лекцию на тему физико-химических свойств липидов. Затем выполнить реакцию Либермана – Бурхарда посредством введения капли хлороформного раствора холестерина, капли уксусного ангидрида и капли концентрированной серной кислоты. Цветная реакция Сальковского на холестерин выполняется введением капли хлороформного раствора холестерина и капли серной кислоты в пробирку. Определение содержания холестерина в сыворотке крови методом Илька выполняется введением в раствор, состоящий из смеси уксусного ангидрида и ледяной уксусной кислоты, а также серной кислоты в количестве 4, 5 мл на 50 мл смеси ангидрида и уксусной кислоты, негемолизированной сыворотки крови. Пробирку необходимо встряхивать и термостатировать 20 минут при 37 градусах по Цельсию. Затем выполняется колориметрическое исследование.

2.9 Лабораторная работа № 9(2 часа).

Тема: «Определение содержания триптофана и оксипролина в мясе и их соотношения»

2.9.1 Цель работы: ознакомиться с методикой определения аминокислот в мясе

2.9.2 Задачи работы:

1. Определить содержание аминокислот в мясе и их соотношение

2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Сахароза, концентрированная серная кислота

2.9.4 Описание (ход) работы:

Гидролитический распад жиров катализируется ферментами липазами, которые содержатся в соке желудка, поджелудочной железы и тонкого кишечника. Роль желудочной липазы у взрослого человека весьма невелика, так как фермент катализирует расщепление лишь тонкодиспергированных, предварительно эмульгированных жиров (например, молочного). Значительная роль в переваривании жиров принадлежит липазе поджелудочной железы. Расщепление жиров происходит главным образом в тонком кишечнике. Липаза поджелудочной железы выделяется в малоактивной форме и активируется желчными кислотами. Значение желчных кислот в переваривании жира очень велико. Они являются не только активаторами липазы. Будучи поверхностно-активными веществами, желчные кислоты способствуют эмульгированию жиров, что увеличивает во много раз их поверхность соприкосновения с водным раствором липазы. Липазы содержатся, также в растительных объектах (семенах злаков, масличных растений) и микроорганизмах. При их участии происходит порча круп, муки и других продуктов при хранении. Гидролитическое расщепление жиров протекает в несколько стадий. Липаза действует главным образом на внешние (а) эфирные связи молекулы триглицерида. Вначале отщепляются жирные кислоты, связанные с глицерином в α -положении, и образуется глицерин-2-жирная кислота, которая затем изомеризуется в глицерин-1-жирную кислоту, подвергающуюся уже окончательному расщеплению. Продукты гидролитического расщепления жиров всасываются в тонком кишечнике. Глицерин растворим в воде, и всасывается легко. Жирные кислоты образуют растворимые комплексные соединения с желчными кислотами (так называемые холеиновые кислоты), которые также всасываются в кишечнике. Холеиновые кислоты затем расщепляются на свои компоненты в клетках эпителия кишечных ворсинок. Освободившиеся желчные кислоты всасываются в кровь и через систему воротной вены снова поступают в печень. Жирные же кислоты вступают в сложноэфирную связь с глицерином, образуя жир, свойственный уже данному виду животного. Гидролиз фосфолипидов катализируется ферментами фосфолипазами (A, B, C, D), расщепление холестеридов происходит под влиянием холестеролэстеразы. Для открытия желчных кислот используют их способность давать красное окрашивание с оксиметилфурфуролом (реакция Петтенкофера). Оксиметилфурфурол образуется при реакции фруктозы с концентрированной соляной или серной кислотой. В сухую пробирку наливают 10 капель разведенной желчи, добавляют 1 – 2 капли раствора сахарозы (или фруктозы) и, наклонив пробирку, осторожно (по стенке) насылаивают равный объем концентрированной серной кислоты. На границе слоев образуется пурпурное кольцо, которое затем принимает красно-фиолетовое окрашивание.