

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ - ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
П.А.СТОЛЫПИНА»

Ю.Р. Гирфанова

Учебно-методические материалы по дисциплине

ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ

Направление подготовки: **19.03.04 Технология продукции и организация
общественного питания**

Профиль: **Технология продукции и организация ресторанного бизнеса**

Квалификация выпускника: Бакалавр

Форма обучения: очно-заочная, заочная

Димитровград – 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Цели и задачи дисциплины, место в структуре ВО ОПОП, компетенции.....	4
Методические рекомендации по организации изучения дисциплины	5
Курс лекций.....	19
Практикум	179
Словарь терминов	221

1 ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель: формирование теоретических знаний о химическом составе живых организмов и пищевых продуктов, а также закономерностях химических процессов, лежащих в основе производства, хранения и переработки пищевого сырья и продукции. Дисциплина «Пищевая химия» способствует углублению и обобщению фундаментальных знаний в области основных законов естествознания, составляет теоретическую базу пищевых, химических и биологических технологий, является теоретической основой прогнозирования направления в интенсификации технологических процессов, выбора оптимальных условий их реализации.

Задачи:

1. Изучение химического состава и основных характеристик продовольственного сырья и готовой продукции, качественного и количественного состава тканей и жидкостей живых организмов.
2. Изучение основных химических процессов, протекающих в живых организмах при производстве, хранении и переработке продукции.
3. Изучение методов, сохраняющих качество пищевых продуктов.
4. Приобретение навыков постановки и проведения химического эксперимента для осуществления технологического контроля соответствия качества производимой продукции установленным нормам

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Пищевая химия» относится к базовой части, теоретического блока Б1. учебного плана (Б1.Б.25).

Для освоения дисциплины обучающиеся используют знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения предметов Химия неорганическая и аналитическая, Органическая химия, Биохимия на предыдущем уровне образования.

Дисциплина создаёт теоретическую и практическую основу для следующих дисциплин: Технология мучных изделий, Технология кондитерских изделий.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование:

ОПК-3 (обще профессиональной компетенции) – способности осуществлять технологический контроль соответствия качества производимой продукции и услуг установленным нормам.

В результате освоения содержания дисциплины «Пищевая химия» обучающийся должен:

а) знать:

- теоретические основы пищевой химии;
- методы выделения, очистки и идентификации соединений, технологического контроля соответствия качества производимой продукции

б) уметь:

- применять знания в области пищевой химии для освоения обще профессиональных дисциплин и решения профессиональных задач;
- подготовить и провести химический эксперимент для оценки качества пищевых продуктов;
- определять химический состав пищевых продуктов;

в) владеть:

- навыками экспериментальной работы на современном оборудовании;
- навыками выполнения химического эксперимента для осуществления технологического контроля соответствия качества производимой продукции;

ОПК-6 – способностью использовать законы, методы и средства естественнонаучных

дисциплин в профессиональной деятельности.

а) знать:

- свойства важнейших классов органических веществ, химического состава сырья и пищевых продуктов;
- методы выделения, очистки и идентификации соединений пищевого сырья и продукции;

б) уметь:

- применять знания в области пищевой химии для освоения естественнонаучных дисциплин и решения профессиональных задач;
- определять химический состав продуктов растительного и животного происхождения;
- проводить метрологические расчеты;

в) владеть:

- понятийным аппаратом дисциплины;
- навыками экспериментальной работы на современном оборудовании.

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ»

Для формирования у студентов соответствующих компетенций в результате изучения данной учебной дисциплины рекомендуется применять объяснительно-иллюстративные, проблемные и поисковые модели обучения, направленные на активизацию самостоятельной работы студентов, активные и интерактивные формы проведения занятий. Совокупность форм обучения включает: лекции, лабораторные, самостоятельные и контрольные работы, тестирование по разделам дисциплины.

Контроль текущей работы студентов осуществляется при выполнении лабораторных работ, проведении семинарских занятий, контрольных работ и тестирования по каждому разделу дисциплины. Оценку текущей успеваемости студентов рекомендуется проводить с использованием рейтинговой системы. По итогам рейтинговой оценки студенты получают экзаменационную оценку.

Методические рекомендации студентам по изучению дисциплины

Пищевая химия

Химия, являясь одной из фундаментальных естественнонаучных дисциплин, изучает материальный мир, законы его развития, химическую форму движения материи. В процессе изучения пищевой химии формируется диалектико-материалистическое мировоззрение, вырабатывается научный взгляд на мир в целом. Знание химии необходимо для плодотворной творческой деятельности технолога любой специальности. Изучение химии позволяет получить современное научное представление о материи и формах ее движения, о веществе как одном из видов движущейся материи, о механизме превращения химических соединений, о свойствах технических материалов и применении химических процессов в современной технике. Необходимо прочно усвоить основные законы и теории химии, овладеть техникой химических расчетов, выработать навыки самостоятельного выполнения химических экспериментов и обобщения наблюдаемых фактов.

Знание химии необходимо для успешного последующего изучения общенаучных и специальных дисциплин.

Основной вид учебных занятий студентов — самостоятельная работа над учебным материалом. В курсе пищевой химии она складывается из следующих элементов: изучение дисциплины по учебникам и учебным пособиям; выполнение контрольных заданий; выполнение лабораторного практикума; индивидуальные консультации (очные и

письменные); посещение лекций; сдача зачета по лабораторному практикуму; сдача экзамена по всему курсу.

Методические указания студентам очной формы обучения представлены в виде:

- методических рекомендаций при работе над конспектом лекций во время проведения лекции;
- методических рекомендаций по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к лабораторно-практическим занятиям;
- методических рекомендаций по изучению рекомендованной литературы;

Методические рекомендации при работе над конспектом лекций

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к семинарам изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на семинар. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных работ.

Методические указания к самостоятельной работе студентов

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Базовая самостоятельная работа (БСР) обеспечивает подготовку обучающегося к текущим аудиторным занятиям и контрольным мероприятиям. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных рефератов и тестов, коллоквиумов и других форм текущего контроля. Изучение дисциплины обуславливает такие содержательные элементы самостоятельной работы, как умение слушать и записывать лекции; критически оценивать лекции, выступления однокурсников на практических занятиях, конференциях; продуманно и творчески строить свое выступление, доклад, продуктивно готовиться к экзамену.

БСР включает виды работ:

- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы;
- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса (выполнение докладов и научных обзоров);

- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к коллоквиумам, как форме промежуточного контроля.

Дополнительная самостоятельная работа (ДСР) направлена на углубление и закрепление знаний обучающегося, развитие аналитических навыков по проблематике учебной дисциплины. ДСР включает виды работ:

- подготовка к экзамену;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- выполнение творческих заданий.

Самостоятельная работа в Интернете

Новые информационные технологии (НИТ) могут использоваться для:

- поиска информации в сети – использование информационно-поисковых и информационно-справочных систем, автоматизированными библиотечными системами, электронными журналами;
- организации диалога в сети – использование электронной почты, синхронных телеконференций.

Знания, полученные при изучении «Пищевой химии» необходимы для успешного последующего изучения общенаучных и специальных дисциплин.

Большое внимание отводится к организации самостоятельной работы студентов. Изучение дисциплины «Пищевая химия» в аудиториях обуславливает такие содержательные элементы самостоятельной работы, как умение слушать и записывать лекции; критически оценивать лекции, выступления однокурсников на лабораторно-практических занятиях, конференциях; продуманно и творчески строить свое выступление, доклад, продуктивно готовиться к зачету. К самостоятельной работе вне аудитории относится: работа над лекционным материалом, подготовка к лабораторному занятию, работа над учебными пособиями, монографиями, научной периодикой, написание рефератов, конспектов, подготовка к экзамену.

Рекомендации по работе над лекционным материалом и подготовке к лабораторному занятию

Эта работа включает два основных этапа: конспектирование лекций и последующую работу над лекционным материалом.

Под конспектированием подразумевают составление конспекта, т.е. краткого письменного изложения содержания чего-либо (устного выступления – речи, лекции, доклада и т.п. или письменного источника – документа, статьи, книги и т.п.). Методика работы при конспектировании устных выступлений значительно отличается от методики работы при конспектировании письменных источников. Конспектируя письменные источники, студент имеет возможность неоднократно прочитать нужный отрывок текста, поразмыслить над ним, выделить основные мысли автора, кратко сформулировать их, а затем записать. При необходимости он может отметить и свое отношение к этой точке зрения. Слушая же лекцию, студент большую часть комплекса указанных выше работ должен откладывать на другое время, стремясь использовать каждую минуту на запись лекции, а не на ее осмысление – для этого уже не остается времени. Поэтому при

конспектировании лекции рекомендуется на каждой странице отделять поля для последующих записей в дополнение к конспекту.

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Записав лекцию или составив ее конспект, не следует оставлять работу над лекционным материалом до начала подготовки к зачету. Нужно проделать как можно раньше ту работу, которая сопровождает конспектирование письменных источников и которую не удалось сделать во время записи лекции, - прочесть свои записи, расшифровать отдельные сокращения, проанализировать текст, установить логические связи между его элементами, в ряде случаев показать их графически, выделить главные мысли, отметить вопросы, требующие дополнительной обработки, в частности, консультации преподавателя.

При работе над текстом лекции студенту необходимо обратить особое внимание на проблемные вопросы, поставленные преподавателем при чтении лекции, а также на его задания и рекомендации.

В ходе подготовки к лабораторно – практическим занятиям изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на семинар. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных работ.

Методические рекомендации студентам по самостоятельной работе при подготовке к коллоквиумам, семинарским занятиям

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются семинарские занятия, коллоквиумы. Планы семинарских занятий, их тематика, рекомендуемая литература, цель и задачи ее изучения сообщаются преподавателем на вводных занятиях или в методических указаниях по данной дисциплине.

Прежде чем приступить к изучению темы, необходимо прокомментировать основные вопросы плана семинара. Такой подход преподавателя помогает студентам быстро находить нужный материал к каждому из вопросов, не задерживаясь на второстепенном.

Начиная подготовку к коллоквиуму и семинарскому занятию, необходимо, прежде всего, указать студентам страницы в конспекте лекций, разделы учебников и учебных пособий, чтобы они получили общее представление о месте и значении темы в изучаемом курсе. Затем следует рекомендовать им поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

Подготовка к коллоквиуму и семинарскому занятию включает 2 этапа: организационный; закрепление и углубление теоретических знаний. На первом этапе студент планирует свою самостоятельную работу, которая включает:

- уяснение задания на самостоятельную работу;
- подбор рекомендованной литературы;
- составление плана работы, в котором определяются основные пункты предстоящей подготовки.

Составление плана дисциплинирует и повышает организованность в работе.

Второй этап включает непосредственную подготовку студента к занятию. Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.

Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам.

В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретает практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь.

При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.

В начале занятия студенты под руководством преподавателя более глубоко осмысливают теоретические положения по теме занятия, раскрывают и объясняют основные положения публичного выступления. В процессе творческого обсуждения и дискуссии вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода ораторской деятельности.

Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студентов. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения, проследить их логику и тем самым проникнуть в творческую лабораторию автора.

Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе.

Важно развивать у студентов умение сопоставлять источники, продумывать изучаемый материал.

На семинаре каждый его участник должен быть готовым к выступлению по всем поставленным в плане вопросам, проявлять максимальную активность при их рассмотрении. Выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументировано. Преподаватель следит, чтобы выступление не сводилось к репродуктивному уровню (простому воспроизведению текста), не допускается простое чтение конспекта. Необходимо, чтобы выступающий проявлял собственное отношение к тому, о чем он говорит, высказывал свое личное мнение, понимание, обосновывал его, и мог сделать правильные выводы из сказанного. При этом студент может обращаться к записям конспекта и лекций, непосредственно к первоисточникам, использовать знание художественной литературы и искусства, факты и наблюдения современной жизни и т. д. Вокруг такого выступления могут разгореться споры, дискуссии, к участию в которых должен стремиться каждый. Преподавателю необходимо внимательно и критически слушать, подмечать особенное в суждениях студентов, улавливать недостатки и ошибки, корректировать их знания, и, если нужно, выступить в роли рефери. При этом обратить внимание на то, что еще не было сказано, или поддержать и развить интересную мысль, высказанную выступающим студентом. В заключение преподаватель, как руководитель семинара, подводит итоги семинара. Он может (выборочно) проверить конспекты студентов и, если потребуется, внести в них исправления и дополнения.

При проверке и оценивании знаний на коллоквиуме ответы студентов на вопросы должны быть конкретны, логичны, соответствовать теме, содержать выводы, обобщения и показывать собственное отношение к проблеме, где это уместно.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Формой текущего контроля при прохождении дисциплины «Пищевая химия» является контроль посещаемости занятий, сдача домашних заданий, написание контрольных работ.

Для того, чтобы быть допущенным к экзамену, студент должен выполнить следующее:

- в ходе прохождения дисциплины посетить не менее 70 % занятий;
- сдать все домашние задания;
- написать на положительные оценки три контрольные работы.

В случае отсутствия на контрольной работе по уважительной причине (наличие медицинской справки) контрольную работу можно переписать в течение недели от окончания срока действия справки. Время и место обговаривается отдельно с преподавателем.

Контрольные работы оцениваются следующим образом:

- верные ответы на все вопросы оцениваются на «отлично»;
- неверный ответ на один вопрос или незначительные ошибки в решениях задач оцениваются на «хорошо»;
- неверный ответ на два из четырех вопросов оценивается как «удовлетворительно»;
- в случае неправильных ответов ставится оценка «неудовлетворительно».

Работа студента на семинарах также оценивается преподавателем. Студент может получить бонусные баллы за быстрое, правильное и оригинальное решение задач на семинаре, за решение домашних заданий.

В зависимости от работы в течение семестра студент имеет право на получение оценки без прохождения экзамена (оценки отлично-«автомата»).

Для этого он должен:

- в ходе прохождения дисциплины посетить не менее 70 % лекций и все семинарские занятия и лабораторные работы;
- написать две контрольные работы на оценку «отлично» и одну не ниже «хорошо»;

Итоговую оценку за работу в семестре студент может повысить на экзамене в конце семестра, передав домашние задания и переписав контрольные работы.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины: при подготовке к лекциям и семинарам студенты могут использовать рекомендованные преподавателем литературные источники и Интернет-ресурсы, а также любую доступную справочную литературу, программное обеспечение и базы данных.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Условно самостоятельную работу студентов по цели можно разделить на базовую и дополнительную.

Базовая самостоятельная работа (БСР) обеспечивает подготовку студента к текущим аудиторным занятиям и контрольным мероприятиям для всех дисциплин учебного плана. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях и в качестве выполненных контрольных работ, тестовых заданий, сделанных докладов и других форм текущего контроля.

Базовая СР может включать следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы;
- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашнего задания или домашней контрольной работы, предусматривающих решение задач, выполнение упражнений и выдаваемых на практических занятиях;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- практикум по учебной дисциплине с использованием программного обеспечения;
- подготовка к лабораторным работам, практическим и семинарским занятиям;
- подготовка к контрольной работе и коллоквиуму;
- подготовка к зачету и аттестациям;
- написание реферата по заданной проблеме.

Дополнительная самостоятельная работа (ДСР) направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие аналитических навыков по проблематике учебной дисциплины.

ДСР может включать следующие виды работ:

- подготовка к экзамену;
- выполнение курсовой работы или проекта;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научной публикации по заранее определённой преподавателем теме;
- анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, проведение расчетов, составление схем и моделей на основе статистических материалов.

Студент, приступающий к изучению учебной дисциплины, получает информацию обо всех видах самостоятельной работы по курсу.

Виды заданий для самостоятельной работы:

- **для овладения знаниями:** чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы); составление плана текста; графическое изображение структуры текста; конспектирование текста; работа со словарями и справочниками; работа с нормативными документами; учебно-исследовательская работа; использование аудио- и видеозаписей; компьютерной техники, Интернет и др.;

- **для закрепления и систематизации знаний:** работа с конспектом лекции (обработка текста); повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио- и видеозаписей); составление плана и тезисов ответа; составление таблиц для систематизации учебного материала; изучение нормативных материалов; ответы на контрольные вопросы; аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект, анализ и др.); подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции; подготовка рефератов, докладов; составление библиографии; тестирование и др.;

- **для формирования умений:** решение задач и упражнений по образцу; решение вариантов задач и упражнений; экспериментальная работа; рефлексивный анализ профессиональных умений, с использованием аудио- и видеотехники и др.

ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студентов складывается из:

- самостоятельной работы в учебное время,
- самостоятельной работы во внеурочное время,
- самостоятельной работы в Интернете.

Формы самостоятельной работы студентов в учебное время

1. **Работа на лекции.** Составление или слежение за планом чтения лекции, проработка конспекта лекции, дополнение конспекта рекомендованной литературой. В лекциях – вопросы для самостоятельной работы студентов, указания на источник ответа в литературе. В ходе лекции возможны так называемые «**вкрапления**» – **выступления**, сообщения студентов по отдельным вопросам плана. **Опережающие задания** для самостоятельного изучения фрагментов будущих тем занятий, лекций (в статьях, учебниках и др.). Важнейшим средством активизации стремления к самостоятельной деятельности являются активные технологии обучения. В этом плане эффективной формой обучения являются **проблемные** лекции. Основная задача лектора в этом случае – не столько передать информацию, сколько приобщить слушателей к объективным противоречиям развития научного знания и способам их разрешения. Функция студента – не только переработать информацию, но и активно включиться в открытие неизвестного для себя знания.

2. Работа на лабораторных занятиях.

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются лабораторные занятия.

Лабораторные занятия проводятся главным образом по естественнонаучным дисциплинам, требующим научно-теоретического обобщения литературных источников, и помогают студентам глубже усвоить учебный материал, приобрести навыки творческой работы над документами и первоисточниками.

Планы лабораторных занятий, их тематика, рекомендуемая литература, цель и задачи ее изучения сообщаются преподавателем на вводных занятиях или в методических указаниях по данной дисциплине.

Прежде чем приступить к изучению темы, необходимо прокомментировать основные вопросы плана лабораторного занятия. Такой подход преподавателя помогает студентам быстро находить нужный материал к каждому из вопросов, не задерживаясь на второстепенном.

Начиная подготовку к лабораторному занятию, необходимо, прежде всего, указать студентам страницы в конспекте лекций, разделы учебников и учебных пособий, чтобы они получили общее представление о месте и значении темы в изучаемом курсе. Затем следует рекомендовать им поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

Подготовка к лабораторному занятию включает 2 этапа:

1й – организационный;

2й - закрепление и углубление теоретических знаний.

На первом этапе студент планирует свою самостоятельную работу, которая включает:

- уяснение задания на самостоятельную работу;

- подбор рекомендованной литературы;

- составление плана работы, в котором определяются основные пункты предстоящей подготовки.

Составление плана дисциплинирует и повышает организованность в работе.

Второй этап включает непосредственную подготовку студента к занятию. Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.

Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам.

В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретает практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь.

При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.

В начале занятия студенты под руководством преподавателя более глубоко осмысливают теоретические положения по теме занятия, раскрывают и объясняют основные положения публичного выступления. В процессе творческого обсуждения и дискуссии вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода ораторской деятельности.

Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студентов. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения, проследить их логику и тем самым проникнуть в творческую лабораторию автора.

Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе.

Важно развивать у студентов умение сопоставлять источники, продумывать изучаемый материал.

Большое значение имеет совершенствование навыков конспектирования у студентов.

Преподаватель может рекомендовать студентам следующие основные формы записи: план (простой и развернутый), выписки, тезисы.

Результаты конспектирования могут быть представлены в различных формах.

План – это схема прочитанного материала, краткий (или подробный) перечень вопросов, отражающих структуру и последовательность материала. Подробно составленный план вполне заменяет конспект.

Конспект – это систематизированное, логичное изложение материала источника. Различаются четыре типа конспектов:

- План-конспект – это развернутый детализированный план, в котором достаточно подробные записи приводятся по тем пунктам плана, которые нуждаются в пояснении.
- Текстуальный конспект – это воспроизведение наиболее важных положений и фактов источника.
- Свободный конспект – это четко и кратко сформулированные (изложенные) основные положения в результате глубокого осмысливания материала. В нем могут присутствовать выписки, цитаты, тезисы; часть материала может быть представлена планом.
- Тематический конспект – составляется на основе изучения ряда источников и дает более или менее исчерпывающий ответ по какой-то схеме (вопросу).

Анализ конкретных ситуаций – один из наиболее эффективных и распространенных методов организации активной познавательной деятельности студентов. Метод анализа конкретных ситуаций развивает способность к анализу жизненных и профессиональных задач. Сталкиваясь с конкретной ситуацией, студент должен определить: есть ли в ней проблема, в чем она состоит, определить своё отношение к ситуации, предложить варианты решения проблемы.

Формы самостоятельной работы студентов во внеучебное время

1. Конспектирование. Существуют два разных способа конспектирования – непосредственное и опосредованное.

Непосредственное конспектирование – это запись в сокращенном виде сути информации по мере ее изложения. При записи лекций или по ходу семинара этот способ оказывается единственно возможным, так как и то и другое разворачивается у вас на глазах и больше не повторится; вы не имеете возможности ни забежать в конец лекции, ни по несколько раз «переслушивать» ее.

Опосредованное конспектирование начинают лишь после прочтения (желательно – перечитывания) всего текста до конца, после того, как будет понятен общий смысл текста и его внутренние содержательно-логические взаимосвязи. Сам же конспект необходимо вести не в порядке его изложения, а в последовательности этих взаимосвязей: они часто не совпадают, а уяснить суть дела можно только в его логической, а не риторической последовательности. Естественно, логическую последовательность содержания можно понять, лишь дочитав текст до конца и осознав в целом его содержание.

При такой работе станет ясно, что в каждом месте для вас существенно, что будет заведомо перекрыто содержанием другого пассажа, а что можно вообще опустить. Естественно, что при подобном конспектировании придется компенсировать нарушение порядка изложения текста всякого рода пометками, перекрестными ссылками и уточнениями. Но в этом нет ничего плохого, потому что именно перекрестные ссылки наиболее полно фиксируют внутренние взаимосвязи темы.

Опосредованное конспектирование возможно применять и на лекции, если перед началом лекции преподаватель будет раздавать студентам схему лекции (табличка, краткий конспект в виде основных понятий, алгоритмы и т. д.).

2. Реферирование литературы. Реферирование отражает, идентифицирует не содержание соответствующего произведения (документа, издания) вообще, а лишь **новое, ценное и полезное содержание** (приращение науки, знания).

3. Доклад, реферат, контрольная работа.

Доклад – вид самостоятельной работы, используется в учебных и внеклассных занятиях, способствует формированию навыков исследовательской работы, расширяет познавательные интересы, приучает практически мыслить. При написании доклада по заданной теме следует составить план, подобрать основные источники. Работая с источниками, следует систематизировать полученные сведения, сделать выводы и обобщения. К докладу по крупной теме привлекается несколько студентов, между которыми распределяются вопросы выступления. В учебных заведениях доклады содержательно практически ничем не отличаются от рефератов и являются зачётной работой.

Реферат – краткое изложение в письменном виде или в форме публичного доклада содержания научного труда или трудов, обзор литературы по теме. Это самостоятельная научно-исследовательская работа студента, в которой раскрывается суть исследуемой проблемы. Изложение материала носит проблемно-тематический характер, показываются различные точки зрения, а также собственные взгляды на проблему. Содержание реферата должно быть логичным. Объём реферата, как правило, от 5 до 15 машинописных страниц. Темы реферата разрабатывает преподаватель, ведущий данную дисциплину. Перед началом работы над рефератом следует наметить план и подобрать литературу. Прежде всего, следует пользоваться литературой, рекомендованной учебной программой, а затем расширить список источников, включая и использование специальных журналов, где имеется новейшая научная информация.

Структура реферата:

- Титульный лист.
- Оглавление.
- Введение (дается постановка вопроса, объясняется выбор темы, её значимость и актуальность, указываются цель и задачи реферата, даётся характеристика используемой литературы).
- Основная часть (состоит из глав и подглав, которые раскрывают отдельную проблему или одну из её сторон и логически являются продолжением друг друга).
- Заключение (подводятся итоги и даются обобщённые основные выводы по теме реферата, делаются рекомендации).
- Список литературы.

В списке литературы должно быть не менее 8–10 различных источников.

Допускается включение таблиц, графиков, схем, как в основном тексте, так и в качестве приложений.

Критерии оценки реферата: соответствие теме; глубина проработки материала; правильность и полнота использования источников; владение терминологией и культурой речи; оформление реферата.

По усмотрению преподавателя рефераты могут быть представлены на семинарах в виде выступлений.

Рекомендации по оформлению реферата

Реферат представляет собой одну из форм контроля знаний, поэтому его написание должно происходить в соответствии с установленными нормами госта.

Правила оформления реферата регулируют его структурные особенности, манеру написания и составления списка использованной литературы. В результате, правильное оформление реферата позволит получить достойную оценку по предмету, продемонстрировать свои знания на высшем уровне.

Весь процесс работы можно разделить на такие этапы:

- Выбор темы из предложенного преподавателем списка;

- Поиск литературы и исходных источников по теме;
- Обзор литературы и черновое написание работы, в чем может помочь пример оформления реферата или предписания госта;
- Написание реферата и его сдача.

Оформление реферата происходит по такой структуре:

1. Первой страницей всегда будет титульный лист, оформление которого регулируется гостом или методическими рекомендациями учебного заведения. Вверху страницы принято указывать название учебного заведения полностью. Среднее поле используется для обозначения темы и вида работы (например, реферат по истории). Справа, ближе к краю страницы, указывается ФИО исполнителя, потом ФИО преподавателя. В самом нижнем поле ставят год, в котором выполнена работа. Оформление реферата предусматривает использование нумерации страниц, однако на титульном листе номер ставить не нужно;

2. После титульного листа пишется оглавление. Здесь поочередно указываются все названия разделов работы и приводятся страницы, где начинается текстовое изложение того или иного раздела;

3. Следующей частью работы является введение. В нем обозначаются цели и задачи реферата, обосновывается актуальность выбранной темы;

4. Далее следует основная часть, в которой анализируется литература по теме. Требования к оформлению реферата гласят, что его объем должен быть 12-15 страниц, поэтому при написании такой работы уклон делают на лаконичное изложение материала;

5. В заключении формируют выводы, подводят итоги проделанной работы.

6. В конце составляется список использованной литературы.

7. Оформление реферата по госту предусматривает использование обычного шрифта Times New Roman, размером 12-14 пунктов. Жирным шрифтом принято выделять только заглавия.

Темы рефератов

1. Пищевая и энергетическая ценность продуктов питания
2. Классификация и строение белков.
3. Ферментативные превращения белков. Неферментативные превращения белков.
4. Значение белков в производстве продуктов питания. Пищевая ценность белков.
5. Классификация и строение углеводов. Пищевая ценность углеводов.
6. Строение и ферментативный гидролиз крахмала.
7. Строение и ферментативный гидролиз некрахмальных полисахаридов.
8. Восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды.
9. Брожение и дыхание. Значение углеводов в производстве солода.
10. Превращения сахарозы.
11. Классификация и строение липидов.
12. Превращения липидов: гидролиз, гидрирование, окисление.
13. Пути предотвращения окисления липидов.
14. Пищевая ценность липидов.
15. Роль минеральных веществ в организме человека.
16. Суточное потребление минеральных веществ.
17. Пищевые источники минеральных веществ.
18. Классификация витаминов. Пищевые источники витаминов.
19. Роль витаминов в организме человека. Суточное потребление витаминов.
20. Пищевые кислоты.
21. Классификация ферментов.
22. Роль гидролитических ферментов в бродильных производствах.
23. Свободная и связанная влага в пищевых продуктах.

30. Активность воды и стабильность пищевых продуктов
31. Превращения углеводов при производстве пищевых продуктов.
32. Функциональное значение сложных и простых сахаров в пищевых продуктах.

Методические рекомендации студентам по изучению рекомендованной литературы

Эти методические рекомендации раскрывают рекомендуемый режим и характер различных видов учебной работы (в том числе самостоятельной работы над рекомендованной литературой) с учетом специфики выбранной студентом очной формы.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Студентам рекомендуется получить в Библиотечно-информационном центре института учебную литературу по дисциплине, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

Работа с книгой. Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении не задерживайтесь на математических выводах, составлении уравнений реакций: старайтесь получить общее представление об излагаемых вопросах, а также отмечайте трудные или неясные места. При повторном изучении темы усвойте все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Вникайте в сущность того или иного вопроса, а не пытайтесь запомнить отдельные факты и явления. *Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.*

Чтобы лучше запомнить и усвоить изучаемый материал, надо обязательно иметь рабочую тетрадь и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. *Во всех случаях, когда материал поддается систематизации, составляйте графики, схемы, диаграммы, таблицы.* Они очень облегчают запоминание и уменьшают объем конспектируемого материала.

Изучая курс, обращайтесь и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач (см. список рекомендованной литературы). Решение задач – один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Решение типовых задач приведено в данном пособии в начале каждого раздела.

Темы для самостоятельного изучения разделов дисциплины

1. Роль пищевой химии в современном естествознании, ее связь с другими науками.
2. Краткий исторический очерк развития пищевой химии.
3. Роль отечественных учёных в развитии пищевой химии.
4. Проблемы повышения качества пищевых продуктов.
5. Проблема белкового дефицита на Земле. Нормы физиологической потребности в белках.
6. Белково-калорийная недостаточность и ее последствия.
7. Аминокислоты и функции некоторых аминокислот в организме.
8. Незаменимые аминокислоты. Пищевая и биологическая ценность белков.
9. Важнейшие пищевые и запасные белки.
10. Нуклеиновые кислоты: строение, виды, функции

Содержание дисциплины:

Тема 1. Белки, белковые вещества и аминокислоты пищевых продуктов.

Введение. Пищевая химия как наука. Основные понятия и разделы. Макро- и микронутриенты. Проблема белкового дефицита. Роль белков в составе пищевых продуктов. Белки, белковые вещества и аминокислоты пищевых продуктов: виды, классификация, биологическая, пищевая и энергетическая ценность. Изменения белков в процессе кулинарной обработки. Фракции белков пшеничной муки. Состав и свойства клейковины. Белки злаков.

Тема 2. Витамины, ферменты и гормоны пищевых веществ.

Витамины, ферменты и гормоны пищевых продуктов: содержание, значение, изменение в процессе кулинарной и технологической переработки. Определение витамина С в пищевых продуктах, изменение содержания витамина С в процессе кулинарной обработки и хранения пищевых продуктов.

Тема 3. Углеводы пищи.

Углеводы пищевого сырья и продуктов питания: классификация, значение. Простые сахара, их изменения в технологическом процессе и при варке. Инверсия простых сахаров. Обнаружение простых сахаров. Роль простых сахаров в кулинарии. Карамелизация. Меланоидинообразование. Качественные реакции на дисахариды. Карамелизация сахарозы: стадии, значение в пищевом производстве. Инверсия сахарозы. Крахмал и его свойства. Гидролиз крахмала: способы, стадии, значение. Клейстеризация крахмала. Модифицированные крахмалы. Пектин, его свойства, значение. Желирование пектина. Пектиновые вещества. Пищевые волокна: классификация, значение, изменения в процессе переработки пищевых веществ. Определение клетчатки в растительных продуктах.

Тема 4. Липиды пищи.

Липиды пищи: классификация, свойства, значение, энергетическая и биологическая ценность. Свойства и разнообразие липидов пищи. Физико-химические свойства растительных масел. Основные константы растительных масел. Физико-химические свойства твердых жиров. Изменения липидов в процессе кулинарной обработки и хранения пищевых продуктов.

Тема 5. Молоко и молочные продукты.

Химический состав молока, энергетическое и биологическое значение. Качество молока и молочных продуктов. Исследование химического состава молока. Структура и состав молочного казеина, его фракции, значение. Определение общего белка и казеина в молоке разных видов животных. Кислотность молока. Творог и сыр как продукты на основе казеина. Посторонние вещества молока.

Тема 6. Мясо и мясопродукты.

Химический состав мяса. Изучение химического состава мяса. Изменения мяса в процессе кулинарной обработки. Изменения мяса в процессе переработки сырья и пищевых продуктов. Основные фракции белков мяса. Изменения белков мяса при различных способах тепловой обработки мяса. Денатурация. Определение свежести мяса. Влагосвязывающая и влагоудерживающая способность мяса.

Тема 7. Пищевые добавки и биологически активные вещества.

Пищевые добавки: классификация, значение. Определение пищевых добавок в продуктах питания. Формирование вкуса и аромата продуктов.

Программа курса лекций

Лекция 1.

Тема: Пищевая химия, как дисциплина. Основные направления пищевой химии. Общая характеристика белков и аминокислот

1 Предмет, содержание и основные направления дисциплины.

Среди основных проблем, стоящих перед обществом в наше время, является обеспечение населения земного шара продуктами питания, так как от состава и качества продуктов питания, зависит обеспеченность нашего организма пластическим материалом и энергией, работоспособность, здоровье, способность человека к воспроизводству. Одной из важнейших причин ухудшения показателей здоровья населения во всём Мире на сегодняшний день является неудовлетворительное, неполноценное питание, что определяется рядом факторов:

1. избыточное потребление животных жиров;
2. дефицит полиненасыщенных жирных кислот;
3. дефицит полноценных (животных) белков;
4. дефицит витаминов (аскорбиновой кислоты, рибофлавина (В₂), тиамин (В₁), фолиевой кислоты, ретинола (А) и (β-каротина, токоферола и других);
4. дефицит минеральных веществ (кальция, железа);
5. дефицит микроэлементов (селена, цинка, йода, фтора);
6. дефицит пищевых волокон.

Таким образом, организация здорового питания населения – сложный и многофакторный процесс, зависящий от экологической обстановки, обеспеченности населения, достижений медицины, фундаментальных наук (физика, химия, микробиология), новых технологических возможностей, которые появились у производителей продуктов питания. Все это требует коренного совершенствования технологии получения традиционных продуктов, создания нового поколения пищевых продуктов. Эти направления в значительной степени охватываются областью науки – пищевая химия.

Пищевая химия – один из разделов химической науки, её основной предмет – это область питания человека. Пищевая химия занимается вопросами химического состава пищевых продуктов, преобразований нутриентов в технологическом потоке и в нашем организме, разработкой новых методов анализа и системы управления качеством.

2 Понятие качества пищевых продуктов. Общие пищевые законоположения и инструкции

- Пищевые продукты состоят из множества химических веществ, которые классифицируются, согласно Покровскому А.А., на **нутриенты** и **непищевые компоненты**.
- **Нутриенты**: белки, углеводы, жиры, витамины и минеральные вещества - составляют пищевую ценность продуктов.
- Для нормальной жизнедеятельности человеческому организму необходимо **более 60 видов** нутриентов.
- **Непищевые компоненты** – балластные соединения, защитные компоненты, вкусовые и ароматические вещества, природные токсичные соединения.
- Не обеспечивают выполнение физиологических функций организма.
- Необходимы для профилактики ряда заболеваний (пищевые волокна), создания аромата и вкуса (вкусно-ароматические вещества).

Продукты питания должны удовлетворять потребности человека в пищевых веществах и энергии, а также выполнять профилактические и лечебные функции. На решение этих задач направлена концепция государственной политики в области здорового питания населения нашей республики. Работа в данной области предусматривает использование специальной терминологии, установленной экспертами Международной организации по стандартизации – ISO (ИСО).

Основные термины и определения:
Качество продукции – это совокупность свойств и характеристик продукции, которые придают продукции способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности, то есть высокие органолептические показатели, удовлетворение потребности организма в основных пищевых веществах (нутриентах) и обеспечение безопасности для здоровья человека.

Безопасность пищевых продуктов – состояние обоснованной уверенности в том, что пищевой продукт в обычных условиях его использования не является вредным и не представляет опасности для здоровья нынешнего и будущих поколений.

Политика в области качества – общие намерения и направление деятельности в области организации, официально сформулированные высшим руководством.

Проблема белкового дефицита на Земле.

Белки или протеины – высокомолекулярные азотсодержащие органические соединения, молекулы которых построены из остатков в основном 20 аминокислот. Состав белковых молекул определяет их биологические функции, главными из которых являются структурная, каталитическая, транспортная, защитная, сократительная, гормональная и резервная.

Если в организм человека с пищей поступает недостаточно аминокислот (в виде белков) для синтеза необходимого количества собственных белков, то говорят об отрицательном азотистом балансе в организме человека, так как организм теряет больше азотистых веществ, чем синтезирует. Это явление характерно для людей, пища которых бедна белком, для больных с нарушениями процессов переваривания пищи и людей пожилого возраста. Положительный баланс азота характерен для молодого организма и беременных женщин. Для здорового взрослого человека, потребляющего полноценные белки в необходимом количестве азотистый баланс равен нулю.

Средняя суточная физиологическая потребность человека в белке зависит от возраста, пола, физической нагрузки человека и др факторов. В соответствии с рекомендациями ВОЗ и ФАО величина оптимальной потребности в белке в пересчете на 1 кг массы тела в сутки у взрослого человека в среднем равняется около 1,3 г, для детей, в зависимости от возраста, она колеблется от 1,5г до 4,0 г. К сожалению сегодня в мире существует дефицит пищевого белка. Из 6 млрд. человек, живущих на Земле, приблизительно половина страдает от недостатка белка.

Белковая недостаточность является важнейшей проблемой питания. При частичном (или полном) голодании и при потреблении неполноценных белков у человека возможно развитие синдрома дистрофии, который называется квашиоркором. Это заболевание сопровождается нарушением функции кишечника, так как с надлежащей скоростью не синтезируются ферменты поджелудочной железы. Возникает порочный круг квашиоркора, характеризующийся прекращением процесса усвоения белка пищи. В организме развивается отрицательный азотистый баланс, нарушается водно-солевой обмен, появляется атония мышц и остановка роста. Тяжелые последствия недостаточного поступления белка в организм человека невозможно лечить терапевтическими методами. Единственное решение проблемы – это употребление в пищу полноценных белков или белковых добавок.

3 Аминокислоты и функции некоторых аминокислот в организме.
Аминокислоты – это первичные структурные блоки молекулы белка. С химической

точки зрения аминокислоты являются амфотерными соединениями, так как в одной молекуле аминокислоты содержатся как минимум две функциональные группы основная (амино-) и кислотная (карбокс-), которые при взаимодействии друг с другом образуют, так называемые пептидные связи. Из 300 известных аминокислот в пищевых продуктах для человека существенную роль играют 20, которые входят в состав белков и называются белокобразующими. Аминокислоты отличаются друг от друга структурой боковых цепей, от которой зависят химические, физические свойства и физиологические функции, образуемых ими белков. Так серосодержащая аминокислота **цистеин** содержит сульфгидрильную группу, что определяет её способность окисляться и придаёт ей защитные и радиопротекторные свойства.

Серин содержит активную гидроксильную группу; он входит в состав ряда гидролитических ферментов (трипсина, химотрипсина).

Валин необходим для восстановления поврежденных тканей. Может быть использован мышцами в качестве источника энергии.

Лизин – диаминокислота способствует росту костной ткани усвоению кальция. Аминокислоты **цитрулин** и **орнитин** участвуют вместе с **аргинином** в цикле образования мочевины у человека и животных.

Ароматическая аминокислота **тирозин** является ответственной за окраску волос, кожи, глаз, тёмный цвет пищевых продуктов, например ржаного хлеба.

Гетероциклическая аминокислота **триптофан** участвует в образовании гемоглобина, сывороточных белков, никотиновой кислоты.

Часть аминокислот играет роль медиаторов – веществ, принимающих участие в передаче нервных импульсов от одной нервной клетки к другой.

Незаменимые аминокислоты.

В организме человека синтезируется только часть аминокислот, другие должны доставляться с пищей. Первые из них называются заменимыми, вторые – незаменимыми. Жизнедеятельность человека обеспечивается ежедневным потреблением с пищей сбалансированной смеси, содержащей восемь незаменимых аминокислот и две частично заменимые (аргинин и гистидин). Незаменимые представлены ароматическими (фенилаланин, триптофан), алифатическими (лейцин, валин, изолейцин, лизин), а также содержащими серу (метионин) и гидроксильную группу (треонин). Отсутствие в пище хотя бы одной незаменимой аминокислоты приводит к неполному усвоению других, что в итоге приводит к тяжёлым клиническим последствиям. Для оценки аминокислотного состава белков в пищевом продукте используют показатель **аминокислотного сора (АС)**. Скор выражают в процентах или безразмерной величиной, представляющей собой отношение содержания незаменимой аминокислоты (АК) в белке исследуемого пищевого продукта к ее количеству в эталонном «идеальном» белке. Аминокислотный состав эталонного белка сбалансирован и идеально соответствует потребностям организма человека в каждой незаменимой кислоте, поэтому его еще называют «идеальным». Эталонным белком считаются казеин молока, яичный овальбумин.

Аминокислота, скор которой имеет самое низкое значение, называется первой **лимитирующей** аминокислотой. Значение сора этой аминокислоты определяет биологическую ценность и степень усвоения белков. Например, в белке пшеницы лимитирующей является аминокислота лизин, в кукурузе – метионин, в картофеле и бобовых культурах лимитирующими являются метионин и цистин – это серосодержащие аминокислоты.

Животные и растительные белки отличаются по биологической ценности. Аминокислотный состав животных белков близок к аминокислотному составу белков

человека, поэтому животные белки являются полноценными. Белки растительные содержат пониженное содержание лизина, триптофана, треонина, метионина, цистина.

Биологическая ценность белков определяется степенью их усвоения в организме человека. Животные белки имеют более высокую степень усвояемости, чем растительные. Из животных белков в кишечнике всасывается 90 % аминокислот, а из растительных 60 - 80 %. В порядке убывания скорости усвоения белков продукты располагаются в последовательности:

рыба > молочные продукты > мясо > хлеб > крупы

Одной из причин низкой усвояемости растительных белков является их взаимодействие с полисахаридами, которые затрудняют доступ пищеварительных ферментов к полипептидам.

При недостатке в пище углеводов и липидов требования к белку несколько изменяется. Наряду с биологической ролью белок начинает выполнять энергетическую функцию. При усвоении 1 грамма белка выделяется 4 ккал энергии. При избыточном потреблении белка возникает опасность синтеза липидов и ожирения организма.

Суточная потребность взрослого человека в белках составляет 5 г на 1 кг массы тела или 70 - 100 г в сутки. На долю белков животного происхождения должно приходиться 55 % и растительного происхождения 45 % от суточного рациона человека. Другой метод определения биологической ценности белков заключается в определении индекса незаменимых аминокислот (ИНАК). Этот показатель является интегральным и позволяет учитывать количество всех незаменимых кислот в белке исследуемого продукта.

Удельный вес незаменимых аминокислот в общем количестве белков животного происхождения составляет 43 ÷ 52%. В растительных продуктах их присутствие составляет лишь 32 ÷ 45%. К тому же, усвояемость их значительно снижена из-за прочной связи белков с клетчаткой. Если принять усвояемость белков молока за 100%, то усвояемость белков мяса составит 90%, картофеля – 80%, пшеницы – 50%, белков некоторых овощей – 25 ÷ 30%. Кроме того животные белки лучше сбалансированы по аминокислотному составу.

Лекция №2

Белки, их строение и свойства. Пищевая и биологическая ценность белков

Лекция №2 **Биохимия белков, белковых веществ.** Химия аминокислот и белков.

Лекция №2

- 1 Важнейшие группы пептидов и их физиологическая роль.
- 2 Характеристика белков пищевого сырья.
- 3 Новые формы белковой пищи.
- 4 Функциональные свойства белков.

Физиологическое значение белков и аминокислот в питании человека.

- В природе обнаружено около 300 аминокислот.
- В большинстве белков обнаружено только 20 из них:
 - Валин;
 - Лейцин;
 - Изолейцин;

- Метионин;
 - Треонин;
 - Лизин;
 - Фенилаланин;
 - Триптофан;
- Определенная часть аминокислот, образовавшаяся в процессе расщепления белка в организме, расщепляется до **органических кетокислот**, из которых в организме синтезируются вновь **новые аминокислоты**, а затем – **белки**.

Это - **заменяемые аминокислоты**.

Незаменимые аминокислоты:

1. **Лейцин**
2. **Изолейцин**
3. **Лизин**
4. **Метионин**
5. **Фенилаланин**
6. **Триптофан**
7. **Треонин**
8. **Валин**
9. **Гистидин***

Аргинин*

- При недостатке фенилаланина и метионина незаменимыми становятся:
 - Цистеин;
 - Тирозин.

Аминокислотный СКОР выражается отношением

- Мг АК в 1 г исследуемого белка x100
- Мг АК в 1 г идеального белка
- Лимитирующая аминокислота – скор которой имеет наименьшее значение.

Аминокислотный состав

- Зерновые – относительно малое содержание лизина, метионина и триптофана;
- Масличное сырье -высокое содержание триптофана, тирозина и фенилаланина.
- У некоторых культур -лизина (рапс), серосодержащих аминокислот (кунжут, подсолнечник, рапс) и треонина (подсолнечник, рапс).
- Наиболее ценны белки рапса, подсолнечника и кунжута.
- Крупы – лимитирующая кислота лизин.
- Семена бобовых - лимитирующие кислоты метионин и цистин.
- Мука – белки ячменной муки по сравнению с пшеничной и кукурузной относительно богаты лизином, валином, метионином и цистеином.
- Картофель – по аминокислотному составу белка мало уступает животному, из незаменимых аминокислот больше всего лизина, валина и лейцина.

Капустные овощи – белки с повышенным содержанием серы (особенно

брюссельская капуста

- Орехи – входят все 8 незаменимых аминокислот, особенно много лейцина, фенилаланина, валина.
- Фундук – лизин, метионин.
- Молоко – содержит 18 аминокислот, в т.ч. 8 незаменимых.
- Мясо – хорошо сбалансированный продукт по содержанию аминокислот.

1 Важнейшие группы пептидов и их физиологическая роль.
 Пептиды – это олигомеры, составленные из остатков аминокислот. Они имеют

невысокую молекулярную массу (содержание остатков аминокислот колеблется от нескольких штук до нескольких сотен). В организме пептиды образуются либо в процессе синтеза из аминокислот, либо при гидролизе (расщеплении) белковых молекул. На сегодня установлены физиологическое значение и функциональная роль наиболее распространенных групп пептидов, от которых зависят здоровье человека, органолептические и санитарно-гигиенические свойства пищевых продуктов.

Пептиды-буферы. В мышцах животных и человека обнаружены дипептиды, выполняющие буферные функции, то есть поддерживающие постоянный уровень pH.

Пептиды-гормоны. Гормоны – вещества органической природы, вырабатываемые клетками желез, регулируют деятельность отдельных органов, желез и организма в целом: сокращение гладкой мускулатуры организма и секреции молока молочными железами, регуляция деятельности щитовидной железы, активности роста организма, образования пигментов, обуславливающих цвет глаз, кожи, волос.

Нейропептиды. Это две группы пептидов (*эндорфины* и *энкефалины*), содержащихся в мозге человека и животных. Они определяют реакции поведения (боязнь, страх), влияют на процессы запоминания, обучения, регулируют сон, снимают боль.

Вазоактивные пептиды синтезируются из белков пищи в результате, они оказывают влияние на тонус сосудов.

Пептидные токсины представляют собой группу токсинов, вырабатываемых микроорганизмами, ядовитыми грибами, пчёлами, змеями, морскими моллюсками и скорпионами. Для пищевой промышленности они нежелательны. Наибольшую опасность представляют токсины микроорганизмов (золотистый стафилококк, бактерии ботулизма, сальмонеллы), в том числе грибков, которые развиваются в сырье, полуфабрикатах и готовых пищевых продуктах.

Пептиды-антибиотики. Представители данной группы пептидов бактериального или грибкового происхождения используется в борьбе с инфекционными заболеваниями, вызываемыми стрептококками, пневмококками, стафилококками и др. микроорганизмами.

Вкусовые пептиды – прежде всего это соединения со сладким или горьким вкусом. Пептиды горького вкуса образуются в молодых ещё незрелых ферментативных сырах. Пептиды со сладким вкусом (*аспартам*) используются в качестве заменителя сахара.

Протекторные пептиды выполняют защитные функции, прежде всего – антиокислительные.

Белками или белковыми веществами - называют высокомолекулярные полимеры, молекулы которых построены из остатков аминокислот. Исключительное свойство белков состоит в том, что способны самопроизвольно создавать определенную свойственную только данному белку пространственную структуру. Именно это свойство определяют разнообразие функций выполняемых белками:

- через белки происходит передача генетической информации из поколения в поколение;
- строительная или структурная функция;
- каталитическая (ферменты);
- транспортная (гемоглобин, миоглобин);
- защитная (антитела, фибриноген крови, интерферон иммуноглобулин);
- сократительная (актин, миозин);
- гормональная (инсулин, гормон роста);
- резервная (казеин молока, глиадин пшеницы).

Белки состоят из следующих составляющих: углерод (C) – 51-55%, кислород (O₂) – 21.5-23.5%, водород (H) – 6.5-6.7%, азот (N) – 15.0-18.6% и сера (S) – 0.3-2.5%.

Большое количество белка содержится в продуктах животного происхождения (мясо – 14-22%), из растительного сырья высоким содержанием белка характеризуются зерновые (пшеница – 10,6%, крупа гречневая – 12,3%) и бобовые (горох – 20,5%, фасоль – 21%), в остальных растительных продуктах содержание белка незначительно (капуста – 1,8%, яблоки – 0,4%).

Однако ценность белка определяется в нем наличием так называемых «незаменимых аминокислот», то есть тех которые организм человека не способен синтезировать. К незаменимым аминокислотам относят – лейцин, изолейцин, валин, триптофан, фенилаланин, треонин, лизин и метионин. Отсутствие хотя бы одной незаменимой аминокислоты вызывает нарушение деятельности нервной системы, остановку роста и др.

Аминокислотный состав животных белков наиболее близок к составу белков человека. Животные белки, в основном, являются полноценными, тогда как растительные белки в большинстве своем неполноценны.

Пищевую ценность белков так же определяют степень их усвоения. Так животные белки характеризуются большей усвояемостью (90%), чем растительные (60-80%). В порядке убывания скорости усвоения белков в желудочно-кишечном тракте человека продукты располагаются следующим образом: рыба > молочные продукты > мясо > хлеб > крупы.

Белковые вещества животного и растительного происхождения подразделяют на группы по следующим признакам:

- по степени сложности - простые и сложные;
- по форме молекулы – глобулярные и фибриллярные;
- по растворимости – водорастворимые (альбумины), солерастворимые (глобулины), спирторастворимые (проламины) и растворимые в растворах щелочей (глутелины).

Белки (протеины) по растворимости делят на 7 групп (фракций):

1. Альбумины (растворимы в воде, выпадают в осадок при насыщении раствором сульфата аммония, легко подвергаются тепловой денатурации)

Встречаются как у животных (альбумин яйца, плазмы крови, лактальбумин молока), так и растений (растительные альбумины).

2. Глобулины (нерастворимы в воде, растворяются в разбавленных растворах солей, выпадают в осадок при насыщении раствором сульфата аммония, коагулируют при нагревании)

Встречаются как у животных (глобулины плазмы крови, миозин мышечной ткани), так и растений

3. Глутелины (нерастворимы в воде, растворяются в разбавленных растворах кислот и щелочей.

Это растительные белки (глутенин пшеницы, оризенин из риса).

4. Проламины (нерастворимы в воде, растворах солей и абсолютном спирте (96,6 %), переходят в раствор при обработке 80 % водным спиртом).

Это белки зерен растений (зейн, гордеин, глиадин).

5. Альбуминоиды (или склеропротеины) (нерастворимы в воде, растворах солей, спирте (96,6 %) и разбавленных растворах кислот и щелочей).

Это животные белки (кератин волос, коллаген костей, фиброин шелка).

6. Протамины (очень хорошо растворимы в воде, нерастворимы в разбавленных растворах аммиака, не коагулируют при нагревании).

Это основные белки с высоким содержанием аргинина (встречаются в сперме рыб – кипренин из спермы карпа).

7. Гистоны (растворимы в воде, нерастворимы в разбавленных растворах аммиака, не денатурируют при нагревании).

Это основные белки и встречаются в виде солеобразных комплексов с кислотными компонентами, чаще всего с нуклеиновыми кислотами.

Белки – это полимеры, состоящие из аминокислот. В молекуле аминокислоты содержатся функциональные группы, которые определяют свойства белков, а именно: аминогруппа – NH₂, карбоксильная группа – COOH. В молекуле белка имеется радикал R, имеющий различное строение. В общем виде, молекула белка представлен на рисунке 2.

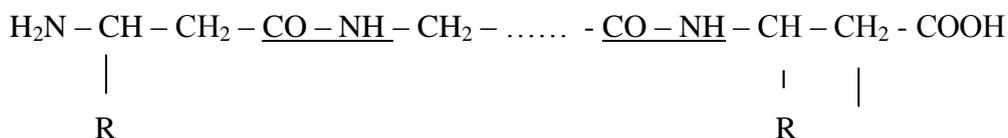


Рис. Структурный элемент молекулы белка.

Белковые молекулы могут различаться по числу функциональных групп в аминокислотах, по строению боковых цепей. В структуре белка различают четыре уровня организации:

1. первичная структура – последовательность соединения аминокислот в полипептидную цепочку, в которой свободная аминогруппа одной аминокислоты соединена с карбоксильной группой другой аминокислоты.
2. вторичная структура – спиралевидная структура полипептидной цепи в пространстве. Скручивание в спираль происходит под действием водородных связей полярных групп соседних аминокислот.
3. третичная структура – проявляется в компактной упаковке спирали в пространстве.
4. четвертичная структура – представлена соединением в одну субъединицу нескольких полипептидных цепей, соединенных между собой не ковалентными связями (водородными, гидрофобными и т.д.) и ориентированных определенным образом в пространстве в виде глобул или волокон.

В создании вторичной, третичной и четвертичной структур участвуют водородные, ионные и гидрофобные связи. Солевые связи возникают между основными и кислотными группами белка. Гидрофобное взаимодействие возникает между неполярными участками белковой молекулы.

Свойства белков.

Белки - амфотерные электролиты и характеризуются разнообразными свойствами. Среди технологических свойств белков наиболее важными являются: растворимость, гидратация (набухание), денатурация, пенообразующая способность и др.

Амфотерность – способность белка проявлять двойственные свойства. Благодаря аминогруппе белок проявляет свойства оснований и получает положительный заряд, благодаря карбоксильной группе проявляются кислотные свойства и приобретает отрицательный заряд. Суммарный заряд белковой молекулы зависит от соотношения количества амино- и карбоксильных групп, а также от pH раствора. В кислой среде большинство белков заряжено положительно, в щелочной – отрицательно. У каждого белка есть изоэлектрическая точка (ИЭТ), когда суммарный заряд молекулы равен нулю. В ИЭТ белки коагулируют и выпадают в осадок.

Растворимость – способность белка переходить в растворенное состояние. Это свойство является основным, так как определяет остальные технологические свойства. Растворимость зависит от таких факторов как (pH, температура, ионная сила раствора). **Растворимость** – это первичный показатель оценки функциональных свойств белков, характеризуется количеством белка, переходящего в раствор. Растворимость в

наибольшей степени зависит от присутствия нековалентных взаимодействий: гидрофобных, электростатических и водородных связей. Белки с высокой гидрофобностью хорошо взаимодействуют с липидами, с высокой гидрофильностью хорошо взаимодействуют с водой. Поскольку белки одного типа имеют одинаковый по знаку заряд, то они отталкиваются, что способствует их растворимости. Соответственно в изоэлектрическом состоянии, когда суммарный заряд белковой молекулы равен нулю, а степень диссоциации минимальна, белок обладает низкой растворимостью, даже может коагулировать.

Гидратация (Водосвязывающая способность) – способность белка поглощать воду и при определенных условиях образовывать студни. Притягивают воду различные группировки, входящие в состав белка (амино- и карбоксильные группы, пептидная связь, гидроксильные группы и др.). Вода, притянутая этими заряженными группировками, называется **связанной**, теряет все свойства воды и образует водную или гидратную оболочку. Вода, располагающаяся между молекулами белка, но не притянутая заряженными группировками, называется **свободной**, сохраняет все свойства воды.

Водосвязывающая способность – характеризуется адсорбцией воды при участии гидрофильных остатков аминокислот. При невысокой влажности гидрофильные группы, взаимодействуя с молекулами воды образуют мономолекулярный слой, при высокой – вокруг молекулы формируется многослойная структура с одновременным проникновением воды внутрь белковой молекулы. Водосвязывающая способность зависит от аминокислотного состава и структуры белка, от pH, температуры и других факторов. **Водосвязывающая** способность характеризуется адсорбцией воды при участии гидрофильных остатков аминокислот. Белки способны связывать воду, то есть проявляют гидрофильные свойства. При этом белки **набухают**, увеличивается их масса и объем. Гидрофильность клейковинных белков – один из признаков, характеризующих качество зерна и муки. Цитоплазма клетки представляет стабилизированную суспензию из молекул белка. В процессе технологической переработки сырья происходит связывание воды, продукты увеличиваются в объеме – набухают.

Жирудерживающая способность – характеризуется адсорбцией жира за счет гидрофобных участков белковой молекулы.

Пенообразование - способность белков образовывать эмульсии в системе жидкость- газ, называемыми пенами. Пены получают механическим распределением воздуха в растворе белка. Это свойство зависит от pH, концентрации белка, температуры. Белки, как пенообразователи, широко используются при изготовлении многих кондитерских изделий.

Белки способны образовывать высококонцентрированные системы жидкость – газ, твердое тело - газ в виде пены. Белки выполняют функцию пенообразователей в кондитерской промышленности (суфле, пастила), в хлебопечении, в производстве пива. Поверхность газовых пузырьков покрывает жидкая или твердая оболочка, состоящая из белков. При истончении этой оболочки газовые пузырьки лопаются, происходит коалесценция или слияние пузырьков, пена становится рыхлой, менее стойкой. Устойчивость структуры пены является важным фактором повышения качества пищевых продуктов, в том числе и пива.

Гелеобразующие свойства – характеризуются способностью коллоидного раствора из свободно диспергируемого состояния переходить в связанодисперсное с образованием пространственных структур – гелей. Упругие свойства геля зависят концентрации белка, pH, присутствия других белков, солей и полисахаридов.

Вязко-эластично-упругие свойства белков зависят от их природы (глобулярные или фибриллярные), а также наличия функциональных групп, которыми белковые молекулы связываются между собой или с растворителем.

Денатурация - изменение пространственной ориентации белковой молекулы, не сопровождающееся разрывом ковалентных связей. Денатурация может вызываться повышением температуры, механическим или химическим воздействием и т.д. При денатурации распадается четвертичная, третичная, вторичная структура белка, но сохраняется первичная структура и не изменяется химический состав белка. При денатурации меняются физические свойства белка: снижается растворимость и водосвязывающая способность, теряется биологическая активность белка. Одновременно увеличивается активность некоторых химических групп, облегчается ферментативный гидролиз белка.

При технологической переработке сырья (очистка, перемешивание, варка, обработка химическими реагентами, использование вакуума или повышенного давления) белки подвергаются денатурации, что повышает степень их усвоения.

Меланоидинообразование (Взаимодействие аминокислот с углеводами, реакция Майяра).

При взаимодействии аминокислот белков и аминокислот с карбонильными группами углеводов происходит реакция меланоидинообразования. Это окислительно-восстановительный процесс с образованием различных промежуточных продуктов, конечные продукты реакции – меланоидины имеют коричневый цвет, влияют на цвет и вкус готовых продуктов. Реакция Майяра происходит при сушке солода, при кипячении суслу с хмелем, при выпечке хлеба, при варке сахарных сиропов, при переработке овощей и фруктов. Скорость и глубина реакции меланоидинообразования зависит от состава продукта, уровня pH среды (более благоприятна слабощелочная среда), температура, влажность. Меланоидинообразование снижает активность витаминов и ферментов, что приводит к снижению пищевой ценности продуктов. Потемнение продуктов при варке, сушке и т.д. чаще всего вызывается химическими реакциями, а именно при взаимодействии аминокислот с углеводами – реакция **меланоидинообразования**, в результате которых образуются **меланоидины** (сахароамины), и продукт приобретает темно-коричневую окраску (корочка хлеба, потемнение мякоти картофеля или яблока).

В реакциях, в которых участвуют карбонильные группы редуцирующих сахаров и аминокислоты, пептиды и белки, различают две стадии:

окислительно-восстановительное взаимодействие сахаров с аминокислотами, с образованием промежуточных соединений, не имеющих окраски;

альдегидно-аминную полимеризацию промежуточных продуктов и альдегидную конденсацию с образованием окрашенных в коричневый цвет сложных соединений.

Меланоидиновые реакции протекают и при комнатной температуре, но более интенсивно только при большой концентрации сухих веществ. Так натуральное молоко для протекания реакции нужно кипятить, а в сухом или сгущенном виде сахароаминная реакция идет при комнатной температуре. При температуре выше 120°C в реакцию вовлекаются не только простые сахара, но и сахароза, мальтоза, декстрины. При запекании, жарении мясопродуктов на поверхности образуется корочка темно-коричневого цвета, в результате реакции меланоидинообразования. В этом случае пищевая ценность продуктов несколько снижается вследствие разрушения аминокислот.

Небелковые азотистые соединения.

К таким веществам относятся продукты расщепления белков (полипептиды, аминокислоты) и соединения образующиеся при порче продуктов (амины, аммиак и др.), а также алкалоиды (никотин, сапонин, кофеин чая, теобромин кофе), пуриновые основания, меланоидины (сахароамины), нитриты и др.

Полипептиды и аминокислоты полезны для организма как и белки. Входящие в состав нуклеотидов пуриновые азотистые основания (аденин, ксантин, гипоксантин)-биологически активные вещества. Кофеин и теобромин возбуждают нервную систему и сердечнососудистую систему. Никотин, сопонин, амины- яды. Меланоидины, меланины и нитриты пищевой ценности не имеют.

Азотистые вещества при обработке продуктов претерпевают сложные превращения, приводящие к изменению цвета продуктов. Так, потемнение продукта, сопровождается иногда появлением постороннего запаха и специфического вкуса, наблюдается при очистке картофеля, грибов, яблок; сушке плодов, мяса; выпечке хлеба; во время хранения некоторых продуктов.

2 Характеристика белков пищевого сырья.

Пептиды, имеющие молекулярную массу более 5000 Да, и выполняющие ту или иную биологическую функцию, называются белками.

Функциональные свойства белков зависят от последовательности аминокислот в полипептидной цепи (так называемая первичная структура), а также от пространственной структуры полипептидной цепи (зависят от вторичной, третичной и четвертичной структур).

- Суточная потребность организма человека в белках составляет 85 г, в том числе белков животного происхождения 50 г. Белки, поступающие с пищей, выполняют функции строительного материала, для синтеза и обновления белков, обеспечивают гормональный обмен, являются источником энергии. Для нормального питания количество незаменимых аминокислот в пищевом рационе должно составлять 36 - 40 %, что обеспечивается соотношением в продуктах питания белков растительных и животных 45 : 55 %.

Разные продукты питания отличаются качественным и количественным содержанием белков.

В злаковых культурах содержание общего белка составляет 10ч20%. Анализируя аминокислотный состав суммарных белков различных злаковых культур следует отметить, что все они, за исключением овса, бедны лизином (2,2ч3,8%). Для белков пшеницы, сорго, ячменя и ржи характерно относительно небольшое количество метионина и цистеина (1,6ч1,7 мг/100 г белка). Наиболее сбалансированными по аминокислотному составу являются овес, рожь и рис. **В бобовых культурах** (соя, горох, фасоль, вика) содержание общего белка высоко и составляет 20ч40%. Наиболее широкое применение получила соя. Её скор близок к единице по пяти аминокислотам, но при этом в сое содержится недостаточно триптофана, фенилаланина и тирозина и очень низкое содержание метионина. **В масличных культурах** (подсолнечник, хлопчатник, рапс, лён, клещевина, кариандр) содержание общего белка составляет 14ч37%. При этом аминокислотный скор белков всех масличных (в меньшей степени хлопчатника) достаточно высок даже для лимитирующих кислот. Этот факт определяет целесообразность получения из масличного сырья концентрированных форм белка и создание на их основе новых форм белковой пищи. Относительно низкое содержание азотистых веществ **в картофеле** (около 2%), **овошах** (1ч2%) и **плодах** (0,4ч1,0%) указывают на незначительную роль этих видов пищевого растительного сырья в обеспечении продуктов питания белком. **Мясо, молоко** и получаемые из них продукты содержат необходимые организму белки, которые благоприятно сбалансированы и хорошо усваиваются (при этом показатель

сбалансированности и усвоения у молока выше, чем у мяса). Содержание белка в мясных продуктах колеблется от 11 до 22%. Содержание белков в молоке колеблется от 2,9 до 3,5%.

3 Новые формы белковой пищи.

Сегодня в условиях постоянно растущего общества и ограниченности ресурсов перед человеком стоит необходимость создания современных продуктов питания, обладающих функциональными свойствами и отвечающих требованиям науки о здоровом питании. Новые формы белковой пищи – это продукты питания, получаемые на основе различных белковых фракций продовольственного сырья с применением научно обоснованных способов переработки, и имеющие определённый химический состав, структуру и свойства.

Широкое признание получили различные растительные белковые источники: зернобобовые, хлебные и крупяные и побочные продукты их переработки, масличные; овощи и бахчевые, вегетативная масса растений. При этом для производства белковых продуктов преимущественно используются соя и пшеница.

Продукты переработки соевых белков подразделяются на три группы, отличающиеся по содержанию белка: муку и крупу получают путём помола в них содержится 40-45% белка от общей массы продукта; соевые концентраты получают путём удаления водорастворимых компонентов, они содержат 65-70% белка; соевые изоляты получают экстракцией белка, они содержат не менее 90% белка.

На основе сои получают **текстурированные белковые продукты**, в которых соевые белки используют, например, вместо белков мяса. Гидролизированные соевые белки называются **модифицированными**. Их используют как функциональные и вкусовые добавки к пище.

Сегодня на основе сои также выпускают соевое молоко, соевый соус, тофу (соевый творог) и др. продукты питания.

Из пшеницы или пшеничной муки методом водной экстракции получают сухую пшеничную клейковину с содержанием белка 75-80%.

В то же время наличие лимитирующих аминокислот в растительных белках определяет их неполноценность. Выходом здесь является совместное использование различных белков, что обеспечивает эффект взаимного обогащения. Если при этом достигают повышения аминокислотного сора каждой незаменимой лимитирующей аминокислоты по сравнению отдельным использованием исходных белков, то говорят об **эффекте простого обогащения**, если после смешивания аминокислотный скор каждой аминокислоты превышает 1,0, то – это **эффект истинного обогащения**. Использование подобных сбалансированных белковых комплексов обеспечивает повышение усвояемости растительных белков до 80-100%.

4 Функциональные свойства белков.

Белки и белковые концентраты находят широкое применение в производстве пищевых продуктов благодаря присущим им уникальным функциональным свойствам, под которыми понимают физико-химические характеристики, определяющие поведение белков при переработке в пищевые продукты и обеспечивающие определенную структуру, технологические и потребительские свойства готового продукта. К наиболее важным функциональным свойствам белков относятся растворимость, водосвязывающая и жиросвязывающая способность, способность стабилизировать дисперсные системы (эмульсии, пены, суспензии), образовывать гели. **Растворимость** – это первичный показатель оценки функциональных свойств белков, характеризуется количеством белка, переходящего в раствор. Растворимость в

наибольшей степени зависит от присутствия нековалентных взаимодействий: гидрофобных, электростатических и водородных связей. Белки с высокой гидрофобностью хорошо взаимодействуют с липидами, с высокой гидрофильностью хорошо взаимодействуют с водой. Поскольку белки одного типа имеют одинаковый по знаку заряд, то они отталкиваются, что способствует их растворимости. Соответственно в изоэлектрическом состоянии, когда суммарный заряд белковой молекулы равен нулю, а степень диссоциации минимальна, белок обладает низкой растворимостью, даже может скоагулировать.

Водосвязывающая способность характеризуется адсорбцией воды при участии гидрофильных остатков аминокислот, **жиросвязывающая** – адсорбцией жира за счёт гидрофобных остатков. В среднем на 1 г белка может связывать и удерживать на своей поверхности 2ч4 г воды или жира.

Жироэмульгирующая и **пенообразующая** способность белков широко используются при получении жировых эмульсий и пен, то есть гетерогенных систем вода-масло, вода-газ. Благодаря наличию в белковых молекулах гидрофильных и гидрофобных зон они взаимодействуют не только с водой, но и с маслом и воздухом и, выступая в качестве оболочки на границе раздела двух сред, способствуют их распределению друг в друге, то есть созданию устойчивых систем.

Гелеобразующие свойства белков характеризуются способностью их коллоидного раствора из свободного диспергированного состояния переходить в связанодисперсное с образованием систем, обладающих свойствами твёрдых тел.

Вязко-эластично-упругие свойства белков зависят от их природы (глобулярные или фибриллярные), а также наличия функциональных групп, которыми белковые молекулы связываются между собой или с растворителем.

Водосвязывающая способность или гидратация. Белки способны связывать воду, то есть проявляют гидрофильные свойства. При этом белки набухают, увеличивается их масса и объем. Гидрофильность клейковинных белков – один из признаков, характеризующих качество зерна и муки. Цитоплазма клетки представляет стабилизированную суспензию из молекул белка. В процессе технологической переработки сырья происходит связывание воды, продукты увеличиваются в объеме – набухают.

Денатурация белков – это процесс изменения пространственной структуры белка под влиянием внешних факторов: нагревание, механическое воздействие, химическое воздействие, физическое воздействие и т. д. При денатурации распадается четвертичная, третичная, вторичная структура белка, но сохраняются первичная структура и не изменяется химический состав белка. При денатурации меняются физические свойства белка: снижается растворимость и водосвязывающая способность, теряется биологическая активность белка. Одновременно увеличивается активность некоторых химических групп, облегчается ферментативный гидролиз белка.

При технологической переработке сырья (очистка, перемешивание, варка, обработка химическими реагентами, использование вакуума или повышенного давления) белки подвергаются денатурации, что повышает степень их усвоения.

Пенообразование. Белки способны образовывать высококонцентрированные системы жидкость – газ, твердое тело - газ в виде пены. Белки выполняют функцию пенообразователей в кондитерской промышленности (суфле, пастила), в хлебопечении, в производстве пива. Поверхность газовых пузырьков покрывает жидкая или твердая оболочка, состоящая из белков. При истончении этой оболочки газовые пузырьки лопаются, происходит коалесценция или слияние пузырьков, пена становится рыхлой, менее стойкой. Устойчивость структуры пены является важным фактором повышения качества пищевых продуктов, в том числе и пива.

Меланоидинообразование (реакция Майяра). При взаимодействии аминокислот с карбонильными группами углеводов происходит реакция

меланоидинообразования. Это окислительно-восстановительный процесс с образованием различных промежуточных продуктов, конечные продукты реакции – меланоидины имеют коричневый цвет, влияют на цвет и вкус готовых продуктов. Реакция Майяра происходит при сушке солода, при кипячении суслу с хмелем, при выпечке хлеба, при варке сахарных сиропов, при переработке овощей и фруктов. Скорость и глубина реакции меланоидинообразования зависит от состава продукта, уровня pH среды (более благоприятна слабощелочная среда), температура, влажность. Меланоидинообразование снижает активность витаминов и ферментов, что приводит к снижению пищевой ценности продуктов.

Лекция №3

Белки злаковых и бобовых культур.

Белок является важнейшей составляющей зерна. Белки входят в состав всех его клеток, а также являются частью всех ферментов.

Белки в зависимости от аминокислотного состава делятся на полноценные и неполноценные. Все белки зерна злаков бедны некоторыми незаменимыми аминокислотами, особенно лизином, поэтому не являются полноценными. Более полноценными являются белки гречихи. Еще больше незаменимых аминокислот содержат бобовые культуры. Тем не менее, лишь белки сои можно считать действительно полноценными. Однако по количеству белка первое место занимают бобовые.

Вместе с тем, зерно является одним из основных источников белка для организма человека и животных.

1. Химический состав зерна

Зерновка состоит из трёх основных частей: зародыша, эндосперма и оболочек, которые имеют различный химический состав и биологическое значение. Эндосперм (мучнистое вещество) содержит запасные питательные вещества для развития зародыша и молодого растения. В нём различают периферический слой – *алеироновый*, состоящий из белков и жиров. Под алейроновым слоем расположены крупные тонкостенные клетки, заполненные крахмальными зёрнами, между которыми находятся белковые вещества. У пшеницы, ржи, некоторых сортов ячменя и других злаков этот белковый компонент называется клейковиной.

Основное количество белков, имеющих биологическую и технологическую ценность, сосредоточено в эндосперме. Богаты белками зародыш и алейроновый слой, мало их в плодовых оболочках. Неодинаков и качественный состав белков. В зародыше преобладают альбумины и глобулины, в алейроновом слое - глобулины, а в эндосперме - проламины и глютелины. При промывании теста из белков эндосперма образуется упругая эластичная масса - *сырая клейковина*, состоящая из проламина и глютелина.

Все зерновые культуры по химическому составу семян разделяют на 4 группы: богатые крахмалом (хлебные злаки); богатые белком (бобовые культуры); богатые маслом (масличные культуры); содержащие наряду с маслом эфирные масла (эфиромасличные культуры).

Белки. Больше всего белков в зерне пшеницы; рожь, овёс, просо, ячмень содержат их меньше. Количество белков в зерне злаков колеблется в очень широких пределах – от 5 до 26%. В зерне пшеницы количество белков может изменяться от 9 до 26%, ржи – от 9 до 19, овса – от 8 до 21, ячменя – от 7 до 25. Эта изменчивость зависит от сортовых особенностей растений, климатических факторов, условий выращивания и др.

Содержание белков в семенах бобовых культур колеблется в очень широких пределах – от 12 до 14% у некоторых сортов фасоли, до 40% и более в семенах сои и

люпина. Биологическая ценность белков семян зерновых бобовых культур очень высокая, она значительно выше, чем биологическая ценность других растительных белков.

Среднее содержание белковых веществ в семенах отдельных масличных культур изменяется от 16 до 28%. Однако его колебания могут быть значительно большими. В целых семенах подсолнечника белок может составлять 10-23%, в ядрах – 20-30, в семенах льна – 15-34, в семенах горчицы – 19-42% и т. д. Масличные культуры очень ценные источники белковых веществ. Белки семян масличных культур характеризуются высокой биологической питательной ценностью.

В белке пшеницы лимитирующей является аминокислота лизин, в кукурузе – метионин, в картофеле и бобовых культурах лимитирующими являются метионин и цистеин – это серосодержащие аминокислоты. Белки растительные содержат пониженное содержание лизина, триптофана, треонина, метионина, цистина.

Белки бывают простые (протеины) и сложные (протеиды). Простые белки при гидролизе распадаются на аминокислоты.

По способности растворяться в различных растворителях простые белки, имеющиеся в семенах делятся на группы:

1. **Альбумины** - растворяются в дистиллированной воде.
2. **Глобулины** - растворяются в солевых растворах.
3. **Проламины** - растворяются в спирте (60-80% этиловый спирт)
4. **Глютелины** - растворяются в слабых кислотах и щелочах.

К альбуминам относятся **лейкозин** (пшеница), **альбумин** (рожь), **рицин** (клещевина), **легуемелин** (горох и др.).

К глобулинам относятся **легумин** (горох), **глобулин** (пшеница, рожь), **сицилин** и **арахин** (масличные культуры).

К проламинам относятся **глиадин** (пшеница, рожь), **гордеин** (ячмень), **зеин** (кукуруза), **авенин** (овес), **кафирин** (сорго).

Глютелины — **глютенин (глютен)** (пшеница, рожь), **оризенин** (рис), **глютелин** (кукуруза).

В злаковых культурах больше бывают белки из группы проламинов и глютелинов (~ 80%), а альбуминов и глобулинов меньше (20%).

Белковые вещества пшеницы

Белков в пшенице 10-20%. Основная часть белков — проламины (спирторастворимые; в пшенице они называются глиадином, в кукурузе — зеином) и глютелины (щелочерастворимые). При замешивании пшеничного теста глиадин и глютелин набухают и, склеиваясь, образуют непрерывную фазу теста, при отмывании которой образуется клейковина. Основными белками пшеничного зерна являются **глиадин** и **глютенин**, составляющие клейковину. Кроме того, в состав белков входят альбумины (водорастворимые белки) и глобулины (солерастворимые), которые содержат все незаменимые аминокислоты. Эти полноценные фракции белка находятся в зародыше и алейроновом слое зерновки, при шлифовке зерна попадают в отруби. Культуры, содержащие больше этих белков (рожь и овес — 30-35% общего количества белков), ценны по аминокислотному составу. Неполюценными считаются белки проса и кукурузы.

Глиадин пшеницы - один из важнейших белков зерновых культур, он содержит 17,66% азота и образует очень много аммиака, глютаминовой кислоты и пролина, мало гистидина и аргинина и не образует гликоля. Удельное вращение глиадина пшеницы в 70% этиловом спирте = -90,3 гр. Изоэлектрическая точка глиадина соответствует, по одним данным, рН 6,4, по другим данным от 6,41 до 7,1.

Глютенин пшеницы по элементарному составу почти не отличается от глиадина, но продукты кислотного гидролиза его отличаются наличием гликоля и лизина и количественно меньшими выходами пролина, глютаминовой кислоты и аммиака и большими выходами аланина, тирозина и аргинина. В глютенине найдено 1,8% оксиглутаминовой кислоты.

В зерне пшеницы содержится лейкозин (0,3-0,4% от веса зерна), составляя 10% всего сухого вещества зародыша пшеницы. Приводим элементарный состав лейкозина: Углерод 53,02; Водород 6,84; Азот 16,80; Сера 1,28; Кислород 22,06.

Изоэлектрическая точка лейкозина соответствует рН 4,5 - 4,6.

В клетках зерна, особенно зародыша, кроме простых белков, содержатся нуклеопротеиды.

Белковые вещества ржи

В зернах ржи содержится глиадин - около 4% от сухого вещества. Глиадин ржи имеет более высокое вращение, чем глиадин пшеницы в 70% этиловом спирте - 89,82, а глиадин ржи - 108 гр., а содержание триптофана в глиадине ржи меньше.

Содержание глютеина в ржаном зерне не превышает 2,5%, а его изоэлектрическая точка соответствует рН 6,2. При гидролизе он образует 2,56% цистеина, 7,07% аргинина, 2,75% гистидина и 5,39% лизина и содержит 10,87% аминного азота (в процентах от общего азота).

Альбумин ржаных зерен, содержание которого составляет 0,4%, очевидно, близок к соответствующему белку пшеницы.

Белковые вещества кукурузы

Основные белки в зерне кукурузы - это растворимый в спирте **зеин** и **глютелин**. Альбуминов в кукурузе не найдено, а глобулины составляют в сумме около 0,4% по весу зерна.

Зеин кукурузы лучше всего растворяется в 90-93% спирте, причем при долгом стоянии образуется плотный студень, представляющий собой соединение зеина со спиртом. По высокому содержанию глютаминовой кислоты и отсутствию лизина и гликоля зеин напоминает глиадин.

Приводим данные о процентном соотношении продуктов кислотного гидролиза зеина: метионин 2,35; гликоль 0; аланин 9,80; валин 1,0; лейцин 22,00; пролин 9,0; оксипролин 0,8; фенилаланин 7,60; аспарагиновая кислота 1,80; глютамная кислота 28,30; оксиглутаминовая кислота 2,50; тирозин 5,90; цистин 0,94; лизин 0; гистидин 0,74; аргинин 1,60; серин 1,00; триптофан 0,17; аммиак 3,60.

Белки зерна образуют вязкие коллоидные растворы, играющие важную роль в технологии производства муки и выпечки хлеба. Под влиянием различных факторов внешней среды (температуры, сильных кислот, щелочей, ионов тяжелых металлов) белки денатурируют, т. е. теряют свою природную структуру. Этот процесс используется в пищевой промышленности, например, при выпечке хлеба. Наибольшее технологическое значение имеет **клейковина** пшеницы — высоко гидратированная вязкая масса, отмываемая водой из размолотого зерна или муки, которая на 70-80% состоит из белков — глютеина и глиадина в соотношении близком 1:1. Глютеиновая часть белка клейковины служит ее основой, а глиадиновая — склеивающим началом. Кроме белков в клейковине содержатся в не большом количестве крахмал, жир и другие вещества. От качества и количества клейковины зависят вкусовые и хлебопекарные свойства муки. Содержание сырой клейковины колеблется у пшеницы в пределах 16...52 %, у ржи - 8...26, у ячменя - 6...20, у тритикале - 28...44 %. Хорошая клейковина способна растягиваться в длину и, не разрываясь, оказывать сопротивление растяжению. Пшеничная клейковина отличается более высокими хлебопекарными качествами по

сравнению с ржаной, благодаря чему пшеничный хлеб характеризуется высокой пористостью и переваримостью. На содержание и качество клейковины сильно влияют внешние условия, уровень агротехники и используемые сорта. Содержание клейковины повышается при применении органических и минеральных удобрений, соблюдении технологии возделывания, а также при жаркой погоде во время налива зерна. При повреждении зерна пшеницы клопами- черепашками значительно снижается его качество.

При набухании клейковины с водой получается структура, способная удерживать свою форму в пространстве и во времени (тесто). Углекислый газ, образующийся при брожении теста, растягивает клейковину, тесто закрепляется в таком разрыхленном виде, и при выпечке хлеба формируется характерный хлебный мякиш.

Группы клейковины.

Количество и качество сырой клейковины определяют только в пшеничной муке, причем разные сорта различаются количеством клейковины.

высший сорт - не менее 28%,

крупчатка и 1-й сорт - 30%,

2-й сорт - 25%,

обойная - 20%.

Клейковина обладает комплексом физических свойств: упругостью, вязкостью, связностью, растяжимостью. От количества и качества клейковины зависит качество пшеничного хлеба. Наилучшей считается клейковина, которая обладает хорошей упругостью и растяжимостью. Если клейковина слабая, то тесто расплывается. Если же, наоборот, — крепкая, то тесто плохо поднимается, выход хлеба небольшой, со слабо пористой структурой. Качество клейковины определяют по цвету и запаху, эластичности и растяжимости.

У клейковины хорошего качества белый или с сероватым оттенком цвет, слабый, приятный мучной запах, она упруга и эластична со средней растяжимостью. По этим показателям качества клейковину делят на три группы: I - хорошая упругость, длинная или средняя растяжимость;

II - хорошая упругость и короткая растяжимость или удовлетворительная упругость, короткая, средняя или длинная растяжимость;

III - слабая упругость, сильно тянущаяся, провисающая при растягивании, разрывающаяся под действием собственной тяжести.

В хлебопечении применяют муку с клейковиной I и II группы. Мука с клейковиной III группы практически непригодна для хлебопечения.

Сильная клейковина имеет губчатое строение, отличается большой упругостью и эластичностью, малой растяжимостью. После отлежки в течение 1 ч она превращается в сплошную массу, сохраняя значительную упругость и эластичность.

Средняя клейковина после отмывания имеет достаточную упругость, среднюю растяжимость. После отлежки в течение 1 ч клейковина несколько разжижается, но не теряет удовлетворительных технологических свойств.

Слабая клейковина после отмывания представляет собой мажущую массу, растягивается на большую длину и не принимает прежних размеров, после отлежки сильно разжижается, теряет эластичность.

Качество клейковины может быть установлено с помощью прибора - измерителя деформации клейковины ИДК-1, в котором на шарик клейковины массой 4 г действует сила в течение 30 с. Чем глубже пуансон прибора погружается в клейковину, тем она хуже по качеству

Сильная клейковина I группы качества имеет значения 60-70 усл. ед. прибора;

Удовлетворительная II группы: крепкая -20-40 и слабая - 80-100 усл. ед;

Неудовлетворительная III группы: крепкая 0-15 и слабая 105-120 усл. ед.

* Короткая - до 10 см, средняя - 10-20 см, длинная - больше 20 см.

Качество клейковины зависит от сортовых особенностей зерна, почвенно-климатических условий выращивания зерна, химических и физических факторов, действующих на зерно (минеральные удобрения, сушка, кондиционирование зерна), условий хранения зерна, воздействия вредителей (например, повреждение зерна клопом-черепашкой) и др.

При хранении пшеничной муки происходит заметное изменение свойств клейковины и хлебопекарных достоинств. Пшеничная мука первого и высшего сортов в течение первых 2-4 недель после размола улучшает свои хлебопекарные качества, причем качество клейковины также улучшается. Она становится более упругой и эластичной, менее растяжимой, вследствие чего улучшаются хлебопекарные качества: объем хлеба повышается, и он получается более пышным. Этот процесс улучшения хлебопекарных свойств при хранении пшеничной муки носит название созревания муки.

Улучшение качества клейковины и хлебопекарных достоинств пшеничной муки при созревании объясняется тем, что сразу после размола зерна в муке начинается биохимический гидролиз жира. Образующиеся при этом свободные ненасыщенные жирные кислоты оказывают сильное воздействие на белки клейковины, укрепляя ее, вследствие чего она становится более упругой и эластичной.

Зерно бобовых. Зерно бобовых культур (гороха, пелюшки, сои, фасоли, арахиса, вики, люпина, кормовых бобов и др.) по химическому составу существенно отличается от зерна злаковых. Для них характерно высокое содержание белков, наличие которых в зависимости от сорта и вида культуры колеблется от 20 до 35 %, что определяет их большую кормовую ценность. Белков в семенах бобовых в среднем в 2 -3 раза больше, чем в семенах злаков. В белковом комплексе бобовых преобладают **глобулины**. Проламины в семенах бобовых отсутствуют. Более легкая растворимость белков бобовых культур в воде и растворах нейтральных солей означает и более легкую их переваримость для человека и животных.

Белок обладает высокой растворимостью, поэтому хорошо переваривается и усваивается. Безазотистые экстрактивные вещества в основном представлены крахмалом. Соотношение белка и крахмала у бобовых культур находится в пределах от 1: 2,5-3, в то время как у зерен злаков – 1:6-7. На белковый состав зерен бобовых культур оказывают влияние различные факторы: зона размещения, условия возделывания, сорт, сроки уборки, хранение, подготовка к скармливанию и др.

У бобовых культур белки представлены в основном альбуминами и глобулинами. Все белковые вещества представляют собой коллоиды. Альбумины и глобулины образуют коллоидные растворы. Питательные качества белков сои определяются в основном такими факторами как высокая усвояемость и достаточно полноценный состав **незаменимых аминокислот**. По фракционному составу белковый комплекс сои представлен высоким (до 50% уровнем содержания водорастворимых **альбуминов** и солерастворимых **глобулинов**, наиболее хорошо усвояемых организмом человека.

Соевые белки по аминокислотному составу, практически не уступая белкам мяса, содержат лишь немного меньше в сравнении с последними метионина, цистина и лизина, т. е. могут быть отнесены к наиболее ценным белкам растительного происхождения. Жиры, содержащиеся в сое, на 75-86% состоят из ненасыщенных жирных кислот, необходимых для нормального функционирования человеческого организма.

Усвояемость питательных веществ зерна бобовых значительно увеличивается после их влаготепловой обработки (варка или запаривание) поскольку зерна многих бобовых культур содержат ядовитые вещества, такие как алкалоиды и глюкозиды, которые под действием высоких температур распадаются.

Белки зерновых культур

Основную массу белков зерна составляют простые белки, называемые запасными белками. Они накапливаются в созревающем зерне и служат для питания зародыша на начальных этапах прорастания.

Запасные белки злаков и бобовых культур локализованы в эндосперме, а в семенах маслених культур – в зародыше.

В последнее время установлено, что эти белки обладают ферментативной активностью.

Запасные белки зерна и семян разных культур характеризуется определенным фракционным составом. Например, запасные белки семян подсолнечника в основном состоят из глобулинов (солерастворимых) белков, эта фракция характерна также для бобовых культур. Злаковые культуры содержат в основном спирто- и щелочерастворимые белки (проламины и глютелины). Но следует иметь в виду, что группы белков, разделяемые по растворимости неоднородны.

Любое извлечение белка растворителем нарушает природную структуру белковой молекулы, т.к. разрушает или изменяет нековалентные связи, т.е. извлечение белка из растительного материала всегда сопровождается начальной стадией денатурации.

Даже экстракция белков водой связана с нарушением гидрофобного взаимодействия, происходит переход солей металлов в раствор и ионное равновесие белковой молекулы нарушается.

При извлечении же белков раствором щелочи происходит разрыв даже дисульфидных связей (-S-S-).

Белки пшеничного зерна

По данным Т.Осборна, в пшеничном зерне содержится:

4% проламинов,

4.4% глютелинов,

0.6% глобулинов,

2.4% альбуминов и других водорастворимых веществ белковой природы.

Т.е. суммарное содержание белка составляет 11,4%.

В зерне пшеницы больше всего проламинов и глютелинов, которые образуют клейковину. Проламин пшеницы называют глиадином. Он лучше всего растворяется в 60% - ном этаноле. Изoeлектрическая точка соответствует pH 7,0.

Аминокислотный состав глиадина отличается малым содержанием незаменимых аминокислот – триптофана и лизина. Вместе с тем много глютаминовой кислоты (46,6%) и пролина (17,0%).

Глютелин пшеницы называют глютелином (от французского Gluten - клейковина). По аминокислотному составу он отличается от глиадина, но также содержит много глютаминовой кислоты (42,1%).

В наше время установлено, что глиадин и глютелин состоят из ряда белков, различающихся по молекулярной массе и аминокислотному составу. Так, глиадин был разделен на 4 основные фракции (α , β , γ , ω), а каждая из этих фракций была разделена на ряд индивидуальных белков с молекулярной массой от 30000 до 160000 Да.

Глютелин также состоит из ряда белковых компонентов, молекулярные массы которых значительно выше и составляет 2-3 млн Да.

Содержащийся в пшеничном зерне альбумин был назван лейкозином. Он содержится, главным образом в зародыше. Этот белок легко денатурируется и теряет свою растворимость.

Если получить водный экстракт из пшеничного зерна или зародыша и добавить к нему даже немного спирта или ацетона, то лейкозин выпадает в осадок и его уже нельзя перевести снова в водный раствор. Легко денатурируется под влиянием

нагревания. При неправильной сушке зерно перегревается под действием высоких температур и теряет всхожесть. Это вызвано денатурацией лейкозина.

Исследование последних лет показали, что лейкозин представляется собой комплекс разных белков с молекулярной массой 20000 – 25000 Да, причем, в состав этого комплекса входят белки-ферменты.

В зерне пшеницы найден белок, который, по-видимому, связан с липидами и поэтому экстрагируется из муки петролевым эфиром. Этот белок называется пуротионином, он содержит около 16% цистина. Состоит из 2-х компонентов (α - и β -пуротионина) с молекулярной массой 12500 и 5000 – 7000 Да.

Подобные белки найдены в зерне ячменя и названы гордотионином.

В зерне твердой пшеницы обнаружен водорастворимый белок, содержащий 0,03% меди и имеющий коричневую окраску. От него зависит коричневый цвет макарон, которые получают из некоторых партий твердой пшеницы.

Клейковина – была открыта в 1745 г итальянским ученым Беккари в пшеничной муке. Клейковинные белки содержатся также в зерне некоторых сортов ячменя, пырея и др. По данным Казакова Е.Д., некоторые сорта пырея содержат более 65% сырой клейковины.

Содержание клейковины в зерне и муке пшеницы является важным показателем качества.

Сырая клейковина содержит 2/3 (66%) воды и 1/3 сухого вещества, которое в основном состоит из белков. От количества и реологических свойств клейковины зависит способность пшеничной муки давать при выпечке пышный хлеб с упругим эластичным и пористым мякишем.

Клейковина представляет собой сложный белковый комплекс, состоящий из 2-х фракций - глиадиновой и глютелиновой в соотношении 1:1 (белки составляют 80-85%, углеводы 10-15%, липиды 2-8%)

Отдельно эти фракции свойствами клейковины не обладают. При этом глиадин легко отделяется от глютелина путем экстракции 60-70%-ным этанолом. Это указывает на то, что две фракции соединены нековалентными связями.

Клейковина разного качества имеет одинаковый аминокислотный состав и состоит из одних и тех же белковых компонентов. Но прочность их взаимного соединения разная. В крепкой клейковине «плотность упаковки» белковых элементов выше, чем в слабой.

В формировании структуры клейковины и ее свойств важную роль играют дисульфидные ($-S-S-$) и водородные связи. Установлено, что глиадин имеет внутренние $-S-S-$ связи, т.е. состоит из нескольких полипептидных цепей, соединенных дисульфидными связями. Таким образом, клейковина представляет собой единый олигомерный белок, имеющий трехмерную сетчатую структуру.

Прочность и одновременно подвижность структуры молекулы клейковины создают специфические реологические (реология – наука о деформациях и текучести вещества) свойства – упругость, эластичность, растяжимость и др. Это объясняется наличием большого количества нековалентных связей, которые легко разрываются и вновь возникают при различных воздействиях на белок.

Качество клейковины тесно связано с количеством дисульфидных связей, что оценивается соотношением число $-S-S-$ связей к числу SH- групп.

В зависимости от реологических свойств клейковины сорта пшеницы подразделяются на **твердые** и **мягкие**.

У **твердой** пшеницы клейковина крепкая, при растяжении короткорвущаяся. Тесто получается прочное, с высокой упругостью, малорастяжимое. Такими свойствами должно обладать тесто для изготовления макаронных изделий, манной крупы.

У **мягкой** пшеницы клейковина сочетает упругость с эластичностью и растяжимостью. Тесто имеет хорошую газодерживающую способность и при выпечке

дает хлеб пористой структуры. Такие свойства необходимы для производства хлебобулочных изделий.

Группа мягкой пшеницы по свойствам клейковины подразделяется на **сильные, средние и слабые**.

Мука из пшеницы **сильных** сортов дает упругое эластичное тесто, хлеб хорошо сохраняет форму, при выпечке дает пористую структуру мякиша.

Тесто из муки очень сильной клейковины имеет ограниченную способность к растяжению и пониженную газодерживающую способность, поэтому хлеб имеет пониженный объем.

При подмешивании муки из сильной пшеницы к муке с низкими хлебопекарными свойствами, получают муку с хорошими свойствами. Поэтому сорта сильной пшеницы называют сортами – **улучшителями**.

Средняя пшеница сама дает хлеб хорошего качества, но она не сможет эффективно улучшать слабую пшеницу.

Мука из пшеницы **слабых** сортов дает низкий, расплывчатый хлеб с плохой пористостью. Хороший хлеб можно получить, если только добавлять сорта улучшители.

В эндосперме пшеничного зерна клейковина распределяется неравномерно. Больше всего клейковины локализовано в наружном слое эндосперма, меньшего всего – во внутренних слоях. Поэтому мука II сорта будет содержать больше клейковины.

Белки зерна ржи

В зерне ржи содержится глиадин и глютенин, но при обычных условиях отмыть клейковину не удастся. Это объясняется тем, что белки ржи отличаются от пшеничных по аминокислотному составу, физическим и химическим свойствам. Например, глиадин ржи лучше растворяется в водноспиртовых растворах.

При экстракции белков ржи водой, а затем слабым раствором кислоты с последующей нейтрализацией щелочью, получают белковую массу, которая имеет свойства клейковины. Она обладает эластичностью и растяжимостью. Но такая клейковина значительно слабее пшеничной, т.к. содержит меньше дисульфидных и водородных связей.

Белки ячменя и овса

Также как и пшеница зерно **ячменя** имеет небольшое количество альбуминов. Проламинов и глютелинов содержится примерно в равных количествах. Проламин ячменя называется **гордеин**.

Клейковина ячменя похожа на плохую, короткорвущуюся клейковину пшеницы. Она имеет серый цвет, плохую растяжимость и гидратационную способность.

Ячмень применяют для выпечки хлеба и лепешек, там, где по природным условиям нельзя выращивать другие злаки. Хлеб из ячменной муки имеет неприятный привкус, низкое качество, быстро черствеет.

В зерне **овса** также присутствует проламин, Глютелин и некоторое количество альбумина. Спирторастворимый белок овса называется **авенин**, но преобладающая фракция – глютелины. По содержанию отдельных аминокислот белки зерна овса заметно обличаются от пшеницы и ячменя. В них содержится в 2 раза больше лизина, чем в белках пшеницы. Поэтому овес характеризуется высокой биологической активностью.

Белки кукурузы

Наибольшее количество белка содержит зародыш, на втором месте – эндосперм. Кукурузное зерно содержит, главным образом, два белка: проламин, который

называют **зеин** и глютелин. Глютелин составляет примерно 40% от всего белка, **зеин** – примерно столько же.

Зеин отличается от других белков аминокислотным составом – он практически не содержит незаменимых аминокислот – лизина и триптофана, поэтому является биологически неполноценным. Зеин имеет промышленное значение. В США он широко применяется для производства особых сортов бумаги и пластических масс.

Белки зерна риса

Характеризуются отсутствием проламинов. Основная масса белка представлена глютелином, который называется **оризенином**. Его содержание составляет 93% от общего количества белков. Оризенин имеет большую молекулярную массу (до 2 млн Да) и состоит из субъединиц двух типов, соединенных дисульфидной связью.

В составе белков риса содержится все незаменимые аминокислоты, что обуславливает его биологическую ценность. Первой лимитирующей аминокислотой является – лизин, второй – треонин. По аминокислотному составу рис приближается к белкам гречихи.

Белки зерна гречихи

Фракционный состав характеризуется почти полным отсутствием проламинов. Преобладают глобулины, на втором месте – водорастворимые белки. Белки гречихи отличаются высоким содержанием незаменимых аминокислот. По лизину зерно гречихи превосходит пшеницу, рожь, рис и приближается к соевым бобам. По содержанию валина может быть приравнено к молоку, по лейцину – к говядине, а по фенилаланину к молоку и говядине. По содержанию триптофана зерно гречихи не уступает продуктам животного происхождения.

Таким образом, белки зерна гречихи хорошо сбалансированы по содержанию незаменимых аминокислот. Исключение составляют изолейцин и особенно серосодержащие аминокислоты, которых недостаточно в белках гречихи.

Белки бобовых культур

Семена бобовых отличаются высоким содержанием белка (20-40%) и его хорошим аминокислотным составом. Лимитирующими считают сумму серосодержащих аминокислот (метионин + цистин), которые в избыточном количестве содержатся в белках злаковых. Поэтому в пищевом отношении белки бобовых хорошо дополняют белки злаков. До 80% белков бобовых приходится на фракции альбуминов и глобулинов.

Отличительной особенностью белкового комплекса бобовых является высокое содержание ингибиторов протеаз и особых белков гликопротеиновой природы – **лектинов** (от латинского выбирать).

Самой ценной культурой семейства бобовых является соя, в семенах которой содержится до 40% белка и 20% жира. Однако питательная ценность белков сои, не прошедшей термическую обработку, очень низкая. Это связано с высоким содержанием в бобах сои ингибиторов протеаз разного типа. Одни из них подавляют активность пищеварительных ферментов, например, **ингибитор Кунитца** (ингибитор трипсина и химотрипсина). Другие ингибируют собственные протеазы семян сои.

Лектины свое название получили по специфической способности вызывать избирательную агглютинацию эритроцитов крови. Они составляют от 2 до 10% общего белка.

Агглютинация (от латинского «приклеивание») – агрегация, склеивание, частиц, клеток, спор. Одна из функций лектинов – узнавание клеток.

Агглютинация происходит благодаря взаимодействию лектинов с углеводными компонентами клеточных поверхностей.

Некоторые лектины обладают очень высокой избирательной способностью и взаимодействуют только с эритроцитами определенной группы крови (используются для определения группы крови). Лектины способны агглютинировать раковые клетки.

Высокое содержание лектинов в семенах некоторых бобовых делает их токсичными. Причем токсичность может быть избирательной, для определенной группы людей. Диетологи рекомендуют осторожно относиться к добавлению муки из сырых соевых бобов при производстве продуктов питания.

Белки масличных культур

В семенах масличных культур белки составляют существенную долю сухой массы. Среднее содержание белковых веществ в семенах отдельных маслических культур изменяется от 16 до 28%. Так в семенах подсолнечника среднее содержание белка 15,7%, лен – 24,9%, в ядрах клещевины 16%, хлопчатника 20,5%, рапса 25 – 28,5%.

Белки семян маслических культур представляют собой смесь близких по своим свойствам белков.

Большая часть белковых веществ маслических культур относится к **глобулиновой** фракции (80-97%). Альбуминовая и глобулиновая фракция находится примерно на одинаковом уровне (0.5-1.0%). Проламины практически отсутствуют.

В белках семян подсолнечника обнаружено значительное количество незаменимых аминокислот. А в семенах хлопчатника более высокое содержание глутаминовой кислоты 16.5%, аспарагиновой кислоты 8.4%, лизина 6%. Вместе с тем, содержание остальных незаменимых аминокислот, ниже, в том числе треонина до 3.9%, фенилаланина – до 4.3%.

Достаточно высокая биологическая ценность белков маслических культур позволяет рассматривать их как ценный источник покрытия дефицита белковых веществ.

Белки картофеля

Картофель – ценнейший продукт питания и незаменимое сырье для многих отраслей пищевой промышленности (из картофеля получают спирт, патоку, крахмал и другие продукты).

Среднее содержание белка в клубнях картофеля 2%, меньше чем в пшенице (16%). Однако его урожайность составляет 150 – 200 центнеров с гектара, гораздо выше, чем пшеницы (20 – 25 ц с га). Таким образом, картофель, хотя и считается небелковой культурой, может дать с гектара не меньше белка, чем пшеница.

Картофель и продукты его переработки составляют большую долю в нашем рационе (потребление в среднем 300 г в день), с картофелем удовлетворяется примерно 6 – 7% общей потребности человека в белках.

Белки картофеля имеют высокую биологическую ценность. Белок **туберин** содержит все аминокислоты, в том числе и незаменимые. Туберин по содержанию незаменимых аминокислот, за исключением триптофана, превосходит белок пшеницы, приближаясь по составу к белку сои и яичному белку. Если за 100% принять биологическую ценность белков куриного яйца, то суммарная биологическая ценность белков клубней картофеля – 85%.

Все белки картофеля могут быть разделены на 2 основные фракции: глобулины (солерастворимые) и водорастворимые альбумины, в соотношении 7:3.

Виды и состав крупы

Крупа — пищевой продукт, состоящий из цельных или дроблёных зёрен различных культур. Крупа вырабатывается преимущественно из крупяных (*просо, гречиха, рис, кукуруза*), прочих зерновых (*ячмень, овёс, пшеница, дагусса, реже рожь*) и

бобовых (*горох, чечевица*) культур. К крупе также относятся хлопья (*овсяные, кукурузные*), вспученные зёрна (*рисовые, пшеничные*), искусственное саго и другие.

Крупы богаты клетчаткой, белками, витаминами В1, В2, РР, в то же время в них содержится очень мало жиров. Чем меньше стадий обработки прошло зерно, тем оно полезнее, так как в его оболочках содержится большинство минеральных веществ и витаминов. Шлифованное и полированное зерно менее полезно, но оно быстрее готовится.

Виды круп

Крупы бывают целыми, дроблеными и спрессованными (в виде хлопьев). Крупы, изготовленные из цельного зерна, называют **ядрицей**. Такое зерно проходит тщательный отбор, ядрицей могут быть только крупные и целые зерна. Если в пачке с крупой, которая называется ядрицей, присутствует крупяная «мука», дробленые зерна, оболочки и примеси, то эта крупа низкого качества. Из ядрицы готовят рассыпчатые каши и гарниры.

Дроблёная крупа называется сечка. Её получают просто - крупу полностью или частично освобождают от оболочек и дробят. Дробленая крупа бывает более мелкой или крупной, она быстро готовится и усваивается лучше, чем ядрица. Дробленая крупа больше всего подходит для приготовления молочных каш.

В результате специальной паровой обработки и спрессовывания получают крупу в виде хлопьев. Самые популярные хлопья – овсяные, но в последнее время появились пшеничные, рисовые, гречневые и многие другие хлопья. Они быстро готовятся и легко усваиваются. Подходят для приготовления молочных каш и десертов.

В любом случае пищевая ценность круп выше чем у зерна из которого они выработаны, ведь на условный вес простого зерна (*пусть будет 100 граммов*) приходится часть в виде «шелухи» (*правильнее сказать — плодовой и семенной оболочки, а также цветочной плёнки*), а готовый продукт в виде крупы очищен от этих несъедобных компонентов, поэтому эти же условные 100 граммов будут содержать больше питательных веществ.

Манная крупа. Ее производят из зёрен пшеницы после того, как их очищают от верхних слоев (*отрубей*). (*Из пшеницы производят пшеничную крупу, манную крупу и муку — различаются они степенью помола: у пшеничной крупы — самый грубый, у муки — самый мелкий*).

Виды продуктов из злаковых растений.

Растение	Продукты
Пшеница	Мука, пшеничная крупа, манная крупа, пшеничные хлопья, кус-кус (обработанная мукой крупа крупного помола из твердой пшеницы без оболочек и зародыша), булгур (<i>иногда называют табуле, хотя это название блюда</i>) — это предварительно отваренные зёрна пшеницы, освобожденные от части отрубей, высушенные и раздробленные.
Дикая пшеница (двузернянка)	Полба (камут, двузернянка, спельта, фарро, ачар, эммер, зандури)
Рожь	Ржаная мука
Овес	Толокно, овсяная крупа, хлопья геркулес, мюсли
Ячмень	Ячневая крупа, перловая крупа
Кукуруза	Мука, кукурузная крупа, кукурузные хлопья, кукурузный крахмал, крупа саго (из кукурузного крахмала), полента (<i>измельченные зёрна кукурузы</i>)
Просо	Пшено
Рис	Рисовая крупа, рисовый крахмал, цельнозерный рис (по способу обработки может быть: а) шлифованный- полностью освобожденный от цветочных пленок, имеет шероховатую

	поверхность; б) полированный - <i>вырабатывается из стекловидного шлифованного</i> , имеет гладкую блестящую поверхность.; в) дробленый шлифованный - побочный продукт от выработки полированного и шлифованного риса; г) пропаренный-обработанный паром рис, причем в зернах сохраняется большое количество полезных веществ, а сами они получают рассыпчатыми.
--	--

Основные виды и ассортимент круп

I. Пшеничная крупа. Из пшеницы вырабатывают следующие виды круп:

1. Манная крупа получается при сортовом помоле зерна пшеницы в муку путём отбора лучшей крупки в размере до 2% массы. В зависимости от вида пшеницы манную крупу делят на марки: Т, МТ, М.

Крупы марки Т получают из твёрдой пшеницы; по качеству это лучшая крупа, она содержит больше ценных белковых веществ, а при разваривании сохраняет крупчатую структуру.

Крупу марки МТ получают при размоле мягкой пшеницы, но с примесью 20% твердой.

Крупу марки М вырабатывают из мягкой пшеницы, она состоит из мучнистой крупки.

Манная крупа разваривается в течение 5 – 10 минут, увеличивается в объёме в 4 – 5 раз, легко усваивается организмом, поэтому её используют для детского и диетического питания.

2. Пшеничная шлифованная крупа вырабатывается из твердых, реже из мягких сортов пшеницы.

Пшеничные крупы на сорта не делят, доброкачественные ядра должны составлять не менее 99%.

3. Пшеничные хлопья получают из шлифованных зерен пшеницы, которые варят в сахарном сиропе, с добавлением соли, подсушивают, расплющивают на вальцах и обжаривают. Выпускают в расфасованном виде.

II. Овсяная крупа вырабатывается из овса.

1. Крупа овсяная пропаренная недробленая представляет собой целые ядра пропаренного шлифованного овса без цветочных пленок и плодовой оболочки. Подразделяется она на высшие и первые сорта.

2. Крупа овсяная плющенная шлифованная получается из пропаренной недробленой крупы путём повторного её пропаривания, после чего она просушивается и расплющивается в виде лепестков. Делится на высший и первый сорта. Доброкачественных ядер в высшем сорте этих круп должно быть не менее 99%, а в первом 98%; дробленых ядер соответственно не более 0,5% и 1,8%. Овсяная крупа содержит большое количество жира, обладает высокой калорийностью, отличается низким содержанием крахмала; много белков, что позволяет использовать крупу в лечебном питании.

3. Хлопья «Геркулес» вырабатывают из шлифованной пропаренной овсяной крупы высшего сорта, которая повторно пропаривается и расплющивается в лепестки 0,5 мм и высушивается. На сорта не делится. Используется для детского и диетического питания.

4. Хлопья лепестковые получают из шлифованной пропаренной недробленой овсяной крупы высшего сорта, которую дополнительно шлифуют и сортируют по крупности на две фракции с последующим пропариванием и расплющиванием.

5. Толокно по внешнему виду напоминает муку, вырабатывают из пропаренного под давлением овса, высушенного и размолотого. Перед употреблением не требует тепловой обработки.

III. Гречневая крупа вырабатывается из зерен гречихи.

1. *Ядрица* – ядро гречихи, которое освобождено от грубой плодовой оболочки, без дополнительной обработки.

2. *Ядрица быстро разваривающаяся* получается из пропаренной гречихи; пропаривание производится насыщенным паром под давлением с последующей сушкой, в результате чего зерно уплотняется, при обработке меньше крошится.

И первую, и вторую ядрицу подразделяют на первый и второй сорт.

3. *Продел* – дробленые ядра гречихи, а *продел быстро разваривающийся* получают из дробленных пропаренных ядер. На сорта они не делятся, а доброкачественного ядра должно быть не менее 98%.

IV. Пшено вырабатывается из проса, которое является засухоустойчивым.

Пшено шлифованное – ядро проса освобожденное от семенных плодовых оболочек. В зависимости от качества пшено шлифованное выпускают высшего, первого и второго сортов. Содержание доброкачественного ядра в пшене соответственно 99, 98 и 97%.

V. Рисовая крупа

1. *Шлифованный рис* – зерно, освобожденное от цветочных плёнок, а затем отшлифованное. По качеству делят на высший, первый и второй сорта.

2. *Дробленный рис шлифованный* – состоит из дробленного ядра риса, отобранного в процессе шлифования. На сорта дробленный рис не делят. Обладает высокой усвояемостью. По этому используют в детском и диетическом питании.

3. *Воздушный рис* получают из очищенных зерен риса, которые пропаривают под большим давлением до размягчения, а затем резко снижают давление до нормального, при этом зерно увеличивается в объёме в 6 – 8 раз; используют как готовые завтраки.

VI. Кукурузная крупа

1. *Кукурузная шлифованная крупа* представляет собой частицы дробленного зерна, освобожденные от оболочек, хорошо зашлифованные; хорошо усваивается организмом, улучшает пищеварение, не вызывает аллергических реакций, поэтому используется для детского питания.

2. *Кукурузные хлопья* – тонкие хрустящие лепестки; вырабатывают их из дробленного зерна кукурузы, освобожденного от оболочек.

VII. Ячменная крупа

Из ячменя получают: перловую крупу – состоит из целого или дробленного шлифованного ядра ячменя; ячневую крупу – дробленые не шлифованные ядра ячменя. Ячневая крупа содержит больше клетчатки, чем перловая и хуже усваивается организмом. Перловую и ячневую крупы на сорта не делят.

VIII. Семена бобовых культур

Они являются ценным источником пищевого белка. Не дозревшие семена используют для изготовления консервов, а зрелые для производства муки и крупы. Все бобовые обладают высокой пищевой ценностью, сходны по химическому составу. Семена бобовых содержат до 30% белка, семена сои – 42%; жира бобовые содержат не много – около 3%, в сое жира – 20%; в бобовых 50 – 60% углеводов в основном крахмал; в состав бобовых входят минеральные вещества (соединения фосфора, кальция, железа и витамины B1, B2).

Лекция №4
Лекция Витамины и ферменты пищевых продуктов.

Общие сведения о витаминах. Антивитамины

Витамины – низкомолекулярные органические соединения различной химической природы, биорегуляторы процессов, протекающих в живом организме. Для нормальной жизнедеятельности человека витамины необходимы в небольших количествах, но поскольку организм не может синтезировать витамины, то они должны поступать с пищей. При этом важно содержание в пище не только витаминов, но и их предшественников (провитаминов). Отсутствие или недостаток в организме витаминов вызывает болезни недостаточности: гиповитаминозы (болезни в результате длительного недостатка) и авитаминозы (болезни в результате отсутствия или резко выраженного глубокого дефицита витаминов). При гиповитаминозах наблюдается утомляемость, потеря аппетита, раздражительность, нестойкость к заболеваниям. При авитаминозах проявляются болезни, вызванные значительным дефицитом витаминов (бери-бери, цинга, пеллагра и др.).

Наиболее важными причинами гипо- и авитаминоза являются следующие:

1. Недостаточное поступление витаминов с пищей, связанное с их низким содержанием в рационе, снижением общего количества потребляемой пищи, потерями витаминов в ходе технологического потока.
2. Угнетение кишечной микрофлоры, продуцирующей некоторые витамины.
3. Нарушение ассимиляции усвоения витаминов из пищи.
4. Повышенная потребность в витаминах, связанная с особенностями физиологического состояния организма или интенсивной физической нагрузкой, особыми климатическими условиями.

При приеме витаминов в количестве, значительно превышающем физиологические нормы, могут развиваться гипervитаминозы. Это особенно характерно для жирорастворимых витаминов.

Сейчас известно свыше тринадцати соединений, относящихся к витаминам. Все витамины помимо тривиального наименования имеют условное обозначение буквами латинского алфавита (А, В, С, D и т. д.).

По растворимости витамины могут быть разделены на две группы: водорастворимые (В1, В2, В6, РР, С и др.) и жирорастворимые (А, D, Е, К).

Имеется группа соединений, близких к витаминам по строению, которые, конкурируя с витаминами, могут занять их место в ферментных системах, но не в состоянии выполнить их функции. Они получили название антивитаминов.

Массовые обследования указывают на существование дефицита витаминов у большей части людей. Наиболее эффективный способ витаминной профилактики – обогащение витаминами массовых продуктов питания.

Антивитамины

Согласно современным представлениям, к антивитаминам относят две группы соединений.

1-я группа – соединения, являющиеся химическими аналогами витаминов, с замещением какой-либо функционально важной группы на неактивный радикал.

2-я группа – соединения, тем или иным образом специфически инактивирующие, разрушающие витамины, например, с помощью их модификации, или ограничивающие их биологическую активность.

Лейцин – нарушает обмен триптофана, в результате чего блокируется образование ниацина (витамина РР) из триптофана.

Индолилуксусная кислота и *ацетилтиридин* – также являются антивитаминами по отношению к витамину РР; содержатся в кукурузе.

Аскорбатоксидаза, тиаминидаза и некоторые другие окислительные ферменты проявляют антивитаминовую активность по отношению к соответствующим типам витаминов (С и В1).

Авидин – белковая фракция, содержащаяся в яичном белке, приводящая к дефициту биотина (витамина Н), за счет связывания и перевода его в неактивное состояние.

Гидрогенизированные жиры – являются факторами, снижающими сохранность витамина А (ретинола).

Витамины относятся к незаменимым микрокомпонентам пищи. Выделяют также группу витаминоподобных веществ, которые относятся: холин, миоинозит, витамин U, липоевую кислоту, оротовую и пангамовую (витамин В₁₅) кислоты, витамин F.

Потребность человека в витаминах зависит от его возраста, состояния здоровья, характера деятельности, времени года, содержания в пище основных микрокомпонентов питания.

Различают три степени обеспечения организма витаминами:

Авитаминоз – когда витамины отсутствуют полностью (причина серьезных заболеваний, часто заканчивается смертью);

Гиповитаминоз – недостаток витаминов, иногда отсутствие какого-либо одного или нескольких витаминов (чаще встречается, особенно в весеннее и зимнее время);

Гипервитаминоз – избыточное их поступление в организм.

Причины, ведущие к снижению содержания витаминов следующие:

1. Производство продуктов питания, предназначенных для длительного хранения;
2. Приверженность к ряду продуктов, например, белому хлебу, сладостям, практически не содержащих витаминов;
3. Несбалансированное питание;
4. Злоупотребление различного рода диетами;
5. Злоупотребление курением и приемом алкоголя;
6. Зависимость от дополнительных нагрузок на работе и в транспорте;
7. Увеличение числа стрессовых ситуаций.

Абсолютная потребность в витаминах привела к современной витаминной терапии в мегадозах. Важным в безопасности питания является рассмотрение токсичности эффектов, которые могут наблюдаться при избыточном приеме витаминов. Потенциальная токсичность избытка витаминов в организме различна.

Витамины подразделяются на водо- и жирорастворимые.

Жирорастворимые витамины – *А, Д, Е, К* – способны накапливаться в жировой ткани организма, повышенный прием их в результате избыточного потребления отдельных продуктов или дополнительного приема препаратов витаминов может привести к появлению симптомов токсического действия.

Водорастворимые витамины – *группа В, Р, РР, С и др.* – повышенный прием водорастворимых витаминов ведет только к выделению их излишков из организма – в организме они не накапливаются. Однако при большой передозировке и эти витамины могут быть опасны для организма. Так, например, избыток ниацина приводит к повреждению печени.

Водорастворимые витамины

Витамин С (L-аскорбиновая кислота, антицинготный или антискорутный). Является противцинготным фактором, участвует во многих видах окислительно-восстановительных процессов, участвует в обеспечении нормальной проницаемости стенок капиллярных сосудов, повышает их прочность и эластичность, способствует лучшему усвоению железа, нормальному кроветворению.

При нехватке витамина С наблюдается сонливость, утомляемость, снижается сопротивляемость организма человека к простудным заболеваниям, при авитаминозе развивается цинга.

Основные источники витамина С – овощи, фрукты, ягоды.

Аскорбиновая кислота (витамин С) – легко экстрагируется водой из пищевого сырья. В тканях разрушается путем окисления под действием фермента аскорбатоксидазы, пероксидазы, цитохромоксидазы, полифенолоксидазы.

Легко окисляется кислородом воздуха, в присутствии следов меди или железа. Быстро разрушается в присутствии витамина В₂. От разрушения предохраняет сульфитация.

Тепловая обработка приводит к снижению содержания витамина С. Потери при бланшировке зависят от степени измельчения сырья и количества добавляемой воды. Кислород воздуха быстро разрушает витамин С, поэтому высушенные на солнце овощи и фрукты не содержат витамина С.

В анаэробных условиях разрушение витамин С происходит интенсивно, особенно в присутствии сахарозы и фруктозы, при этом образуется фурфурол. Если в продуктах содержится антоцианы, то потеря витамина С увеличивается.

Витамин В₁ (тиамин, антиневритный). Тиамин участвует в регулировании углеводного обмена, а также в реакциях энергетического обмена. Витамин В₁ входит в состав ряда окислительно-восстановительных ферментов.

Недостаток его вызывает нарушение в работе нервной, сердечно-сосудистой, пищеварительной систем, полиневрит (бери-бери).

Основные источники витамина В₁, – продукты из зерна: пшеничный и ржаной хлеб, хлеб из муки грубого помола, некоторые крупы, бобовые, свинина, шрот соевый.

Тиамин (витамин В₁) Нестоек в щелочных растворах. Потеря активных витаминов происходит при экстракции водой. Витамин сохраняется в кислой среде даже при нагреве до 120⁰С. Тиамин устойчив в продуктах, содержащих агар, желатин и декстрины. Стабилизирующее влияние оказывает добавление зерновых продуктов к консервам из свиного мяса. Диоксид серы полностью разрушает тиамин. В количестве 0.1%, при 4⁰С за 48 часов разрушается до 90% витамина В₁.

При замораживании пищевых продуктов ферменты тиаминаза и полифенолоксидаза разрушают витамин В₁. При замораживании моркови потери витамина В₁ составляет через 90 дней 50%.

Нарезанные или тонко измельченные пищевые продукты теряют 20-70% витамина В₁.

Некоторые вещества фенольной природы, такие как хлорогеновая или пирокатехиновая кислоты ускоряют разрушение В₁. Хранение при температуре 21, 32 и 38⁰С таких продуктов, как абрикосы, стручки фасоли, шпинат, томат, соки, сопровождается снижением содержания витамина на 25...65%.

Витамин В₂ (рибофлавин, витамин роста). Входит в состав ферментов. Участвует в обмене белков, жиров, нормализует функцию нервной, пищеварительных систем.

При недостатке рибофлавина возникают заболевания кожи (себорея, псориаз), воспаление слизистой оболочки ротовой полости, развиваются заболевания кровеносной системы и желудочно-кишечного тракта.

Источники витамина В₂ практически все пищевые продукты. Некоторое количество витамина В₂ поступает в организм человека в результате деятельности кишечной микрофлоры. В продуктах встречается в связанном и свободном состоянии. Он легко экстрагируется при мойке продуктов, при бланшировке, но относительно стоек к окислению при низкого значения рН. В кислой среде не разрушается даже при температуре 130⁰С. Очень чувствителен к свету, особенно если находится в молоке.

Витамин В3 (Пантотеновая кислота, антидерматитный фактор). Входит в состав ферментов биологического ацилирования, участвует в биосинтезе и окислении жирных кислот, липидов, синтезе холестерина, стероидных гормонов.

Отсутствие пантотеновой кислоты в организме вызывает вялость, дерматит, выпадение волос, онемение пальцев ног.

Пантотеновая кислота широко распространена в природе, кроме того она синтезируется микрофлорой кишечника.

Витамин В5 или РР (ниацин, никотиновая кислота, никотинамид, антипеллагрический).

Ниацин является входит в состав ферментов дегидрогеназ, участвует в тканевом дыхании и углеводном обмене.

При недостатке витамина РР в организме наблюдается вялость, быстрая утомляемость, бессонница, повышенное сердцебиение, пониженная сопротивляемость к инфекционным заболеваниям.

Источники витамина РР – мясные продукты, особенно субпродукты, богата ниацином рыба.

Витамин В6 (пиридоксин, пиридоксаль, антидерматитный). В качестве кофермента участвует в синтезе и превращениях amino- и жирных кислот. Необходим для нормальной деятельности нервной системы, органов кроветворения, печени.

Недостаток витамина вызывает дермиты.

Витамин В6 широко распространен в природе.

Витамин В9 (Вс, фолиевая кислота, фолацин, антианемический). Участвует в процессах кроветворения, реакциях метилирования, синтезе amino- и нуклеиновых кислот. Фолиевая кислота необходима для деления клеток, то есть роста организма.

Недостаток фолиевой кислоты проявляется в нарушениях кроветворения (анемия, лейкомия), работе пищеварительной системы, снижении сопротивляемости организма к заболеваниям.

Фолиевая кислота широко распространена в природе. Много ее в зелени и овощах, субпродуктах, хлебе и твороге. В значительных количествах она вырабатывается микрофлорой кишечника. *Фолиевая кислота* – в пищевых продуктах встречается в различных формах, в виде свободных и связанных фолатов. В технологическом процессе переработки плодов, овощей и молока теряется суммарно 70% свободных и 45% общих фолатов. При бланшировании паром теряется 10%, при приготовлении пищи под давлением 20%, при варке в открытых котлах до 25-30%.

Витамин В12 (цианокобаламин, антианемический). Участвует в процессах кроветворения, превращениях аминокислот, биосинтезе нуклеиновых кислот.

При недостатке витамина В12 наступает слабость, падает аппетит, развивается злокачественное малокровие, нарушается деятельность нервной системы.

Витамин В12 содержится в продуктах животного происхождения и молочных продуктах.

Витамин Н (биотин, антисеорейный). Участвует в биосинтезе липидов, аминокислот, углеводов, нуклеиновых кислот.

При недостатке витамина возникает депигментация и дерматит кожи, нервные расстройства.

Биотин содержится в большинстве пищевых продуктов, но больше всего в субпродуктах и бобовых.

Жирорастворимые витамины

Витамин А (ретинол, антиксерофтальмический). Он участвует в биохимических процессах, связанных с деятельностью мембран клеток органов зрения. Входит в состав зрительного белка – родопсина.

При недостатке ретинола замедляется рост развивающегося организма, нарушается зрение, происходит ороговение слизистых оболочек.

Обнаружен витамин только в продуктах животного происхождения, особенно много его в печени морских животных и рыб. Потребность человека в витамине А может быть удовлетворена и за счет растительной пищи (морковь, красный перец, помидоры), в которой содержатся его провитамины – каротины.

Витамины группы D (эргокальциферол, антирахитический). Под этим термином понимают несколько соединений. Наиболее активной формой является холекальциферол (D3).

Витамин D регулирует содержание кальция и неорганического фосфора в крови, участвует в минерализации костей и зубов.

Хронический дефицит его приводит к развитию рахита у детей и разрежению костей – остеопорозу – у взрослых (следствие его – частые переломы костей).

Кальциферолы содержатся в продуктах животного происхождения: рыбьем жире; печени трески; говяжьей печени, сливочном масле.

Витамин E (Токоферол, антистерильный). Основным представителем этой группы витаминов – α -токоферол. Токоферолы являются природными антиоксидантами клеточных структур, влияют на биосинтез ферментов.

При авитаминозе нарушаются функции размножения, наблюдается поражение миокарда, сосудистой и нервных систем.

Распространены токоферолы в растительных объектах, в первую очередь в маслах: соевом, хлопковом, подсолнечном, а также содержится в хлебе и крупах.

Витамин K (филлохинон, нафтохинон, антигеморрагический). По химической природе витамин K является хиноном.

Витамин K необходим человеку для нормализации или ускорения свертывания крови.

При недостатке витамина K наблюдается повышенная кровоточивость, особенно при порезах.

Источником витамина K являются зеленые части растений (укроп, шпинат, капуста), витамин также образуется в результате деятельности микрофлоры кишечника.

Нормы потребления витаминов приведены в нормативных документах, разработанных национальными органами, занимающимися вопросами питания.

Усредненные дозы витаминов рассчитаны, они соотносятся с ежедневной нормой питания и иногда указываются на этикетках упакованных пищевых продуктов.

Технологическое значение витаминов

Питательность и ценность пищевых продуктов зависит не только от калорийности, но и от содержания витаминов, которые относятся к группам веществ, повышающих энергетическую ценность продукта.

Витамины являются биологическими элементами, контролирующими обменные процессы в организме. Организм не в состоянии сам вырабатывать целый ряд необходимых ему элементов. Их недостаток восполняется потреблением витаминов. *Витамины и антиоксиданты*, к которым относятся витамины А, С, Е, витамины группы В и провитамин А — β -каротин, являясь функциональными ингредиентами, играют важную роль в позитивном питании. Они участвуют в метаболизме, укрепляют иммунную систему организма, помогают предупредить такие заболевания, как цинга и бери-бери.

К антиоксидантам относятся β -каротин и витамины С и Е. Антиоксиданты замедляют процессы окисления ненасыщенных жирных кислот, входящих в состав липидов, путем взаимодействия с кислородом, а также разрушают уже образовавшиеся пероксиды.

Антиоксиданты защищают организм человека от свободных радикалов, проявляя антиканцерогенное действие, а также блокируют активные перекисные радикалы, замедляя процесс старения.

Витамины по своему составу и направленности действий значительно отличаются друг от друга. Выделяют 13 витаминов, которые имеют большое значение для обогащения продуктов питания. При производстве продуктов, естественные природные витамины разрушаются, поэтому необходимо восполнять их количество путем обогащения. В ряде стран существует специальное законодательство по применению витаминов для обогащения продуктов питания.

Принято считать, что необходимо витаминизировать следующие группы продуктов питания:

- 1) Мука для хлебопекарной промышленности;
- 2) Шлифованный рис для приготовления соответствующих изделий;
- 3) Продукты детского питания;
- 4) Молочные продукты и маргарин.

При витаминизации возможны также процессы минерализации продуктов питания. При обогащении продуктов питания витаминами необходимо добиваться равномерного их распределения. В основном, витамины имеют определенный запах, что следует учитывать при обогащении продуктов питания.

Некоторые рекомендуемые нормы суточного потребления витаминов

Группы витаминов	Дети	Взрослые
Витамин А	0.7(мг)	1.0(мг)
Витамин Е	8.0	10.0
Витамин В ₁	1.0	1.5
Витамин В ₂	1.2	1.7
Витамин В ₆	1.4	2.0
Витамин С	45.0	60.0
Никотинамид РР	13.0	19.0

Основные группы продуктов питания для обогащения витаминами

Продукты	Рекомендуемые витамины
Детское питание	Все витамины
Сухие концентраты, напитки	Вес, кроме А,Д
Молочные продукты	Вит А,Д,Е
Маргарин	А,Д,Е
Мука и хлебобулочные изделия	Комплекс вит В
Кукурузные и овсяные хлопья	Комплекс вит В
Продукты для питания спортсменов	Все, кроме А,Д
Фруктовые соки, конфеты	Все, кроме А,Д

Витаминизация, иногда в комплексе с обогащением минеральными микроэлементами, позволяет повысить качество пищи. Сократить расход на медицину, обеспечить социально незащищенные слои населения витаминами, восполнить их потери, происходящие при получении пищевых продуктов на стадии технологического процесса или кулинарной обработки. При этом необходимы следующие решения:

- выбор продуктов для витаминизации;
- определение уровня витаминизации;
- разработка системы контроля.

Изменение витаминов в технологическом процессе

Условия и продолжительность хранения сырья, условия транспортирования и переработки для каждого вида пищевой продукции вносят свои особенности в процесс биохимических изменений витаминов.

Изменения витаминов в технологическом потоке

Витамины из всех нутриентов обладают наименьшей устойчивостью. В процессе хранения и технологической переработки пищевого сырья, а также при хранении готовых продуктов питания происходят существенные изменения их витаминного состава.

Основными факторами, влияющими на степень и скорость изменения витаминов, являются: действие света и кислорода воздуха, температура хранения и обработки, реакция среды, взаимодействие витаминов с ионами металлов и др.

Среди витаминов наибольшей устойчивостью обладают РР, В₆, В₂, В₃ и Н.

Высокой чувствительностью к действию света отличаются С, В₂ и В₉.

Термолабильными являются витамины А и С.

Разрушаются кислородом воздуха витамины С, А, Е, В₁ и В₉. Эти витамины являются антиокислителями и предохраняют сырьё и продукты от окислительной порчи.

Некоторые витамины чувствительны к реакции среды, так в нейтральной среде устойчивы витамины В₃, В₉, в кислой – В₁, В₂.

Общим свойством всех водорастворимых витаминов (витамины группы В, витамины С и Н) является возможность высоких потерь в процессах экстракции.

Следует отметить, что разрушение витаминов может носить и ферментативный характер. Это характерно для витаминов В₁, С (ферменты тиаминазы, аскорбатоксидазы).

1. Ретинол (витамин А)

В готовых пищевых продуктах витамин А и каротиноиды (провитамины витамина А) находятся в жирах в растворимом состоянии. Скорость их окисления и потери витамин, свойств, зависят от скорости окисления жиров. Антиокислители, предохраняющие жиры от окисления и разрушения, предохраняют так же ретинол и каротины.

Стабильность витамина А зависит от вида продукта. Высокой стабильностью характеризуется витамин А, растворенный в масле, содержащийся в сухом молоке, картофельных чипсах. Каротин имеет высокую стойкость в безалкогольных напитках и концентрируемых соках.

При варке продуктов в воде разрушение через 30 мин – 16% А, через 1ч – 40%, через 2 часа – 70%. Жарение при температуре 200⁰ С свежего и топленного масла, обогащенного витамином А, приводит к разрушению витамина через 5 мин – 40%, 10 мин – 60%, 15 мин – 80%.

При производстве топленного масла, приготовленного из коровьего молока, потери каротина и ретинола при 150⁰ С через 15 мин – 40% и 30%.

Молоко, освещаемое дневным светом в течении 6 часов, теряет до 10% витамина А. Содержание витамина А изменяется так же при сушке и стерилизации плодоовощной продукции.

Высокотемпературная обработка вызывает изомеризацию ретинола, а витаминная активность каротиноидов понижается на 15-20% в зеленых овощах, на 30-35% в овощах с желтой окраской.

2. Тиамин (витамин В₁)

Нестоек в щелочных растворах. Потеря активных витаминов происходит при экстракции водой. Витамин сохраняется в кислой среде даже при нагреве до 120⁰С. Тиамин устойчив в продуктах, содержащих агар, желатин и декстрины. Стабилизирующее влияние оказывает добавление зерновых продуктов к консервам из свиного мяса.

Диоксид серы полностью разрушает тиамин. В количестве 0.1%, при 4⁰С за 48 часов разрушается до 90% витамина В₁.

При замораживании пищевых продуктов ферменты тиаминаза и полифенолоксидаза разрушают витамин В₁. При замораживании моркови потери витамина В₁ составляет через 90 дней 50%.

Нарезанные или тонко измельченные пищевые продукты теряют 20-70% витамина В₁.

Некоторые вещества фенольной природы, такие как хлорогеновая или пирокатехиновая кислоты ускоряют разрушение В₁. Хранение при температуре 21, 32 и 38⁰С таких продуктов, как абрикосы, стручки фасоли, шпинат, томат, соки, сопровождается снижением содержания витамина на 25...65%.

3. Рибофлавин (витамин В₂) – в продуктах встречаются в связанном и свободном состоянии. Он легко экстрагируется при мойке продуктов, при бланшировке, но относительно стоек к окислению при низкого значения рН. В кислой среде не разрушается даже при температуре 130⁰С. Очень чувствителен к свету, особенно если находится в молоке.

4. Фолиевая кислота – в пищевых продуктах встречается в различных формах, в виде свободных и связанных фолатов. В технологическом процессе переработки плодов, овощей и молока теряется суммарно 70% свободных и 45% общих фолатов. При бланшировании паром теряется 10%, при приготовлении пищи под давлением 20%, при варке в открытых котлах до 25-30%.

5. Пиридоксин (витамин В₆) – в кислых и щелочных средах стабилен. Основные потери происходят при растворении в воде. При приготовлении замороженных овощей потери составляют от 20-40%. При варке 50%. В консервированном мясе активность теряется на 40%, в консервированных овощах на 60-80%, в замороженных на 40-60%.

6. Аскорбиновая кислота (витамин С) – легко экстрагируется водой из пищевого сырья. В тканях разрушается путем окисления под действием фермента аскорбатоксидазы, пероксидазы, цитохромоксидазы, полифенолоксидазы.

Легко окисляется кислородом воздуха, в присутствии следов меди или железа. Быстро разрушается в присутствии витамина В₂. От разрушения предохраняет сульфитация.

Тепловая обработка приводит к снижению содержания витамина С. Потери при бланшировке зависят от степени измельчения сырья и количества добавляемой воды. Кислород воздуха быстро разрушает витамин С, поэтому высушенные на солнце овощи и фрукты не содержат витамина С.

В анаэробных условиях разрушение витамин С происходит интенсивно, особенно в присутствии сахарозы и фруктозы, при этом образуется фурфурол. Если в продуктах содержится антоцианы то потеря витамина С увеличивается.

Общие свойства ферментов

Биохимические процессы, протекающие при хранении сырья и при производстве пищевых продуктов, связаны с действием собственных ферментов пищевого сырья, а также ферментов, вносимых в ходе технологического процесса в виде ферментных препаратов. Последние могут быть животного, растительного или микробного происхождения.

Наиболее древние ферментативные процессы, освоенные человеком – спиртовое и молочнокислое брожение, применение сычуга при приготовлении сыров, использование солода и плесневых грибов для осахаривания крахмалистого сырья, применение заквасок при изготовлении хлеба.

В настоящее время многие отрасли пищевой промышленности, в медицине и сельском хозяйстве основаны на использовании различных ферментативных процессов.

Ферменты – биологические катализаторы белковой природы. Ферменты ускоряют химические реакции в 100-1000 раз благодаря тому, что при взаимодействии с субстратом они образуют фермент-субстратный комплекс, и для этого требуется

значительно более низкая энергия активации (по сравнению с протеканием реакции без фермента); на второй стадии этот комплекс распадается на продукты реакции и свободный фермент, который может взаимодействовать с новой молекулой субстрата.

Многие ферменты являются двухкомпонентными, то есть состоят из белковой части – апофермента и связанного с ним небелкового компонента – кофермента, участвующего в действии фермента в качестве обязательного кофактора. В качестве коферментов могут выступать витамины и их производные, нуклеотиды и нуклеозиды.

Единицы активности ферментов. Для характеристики активности ферментов используются различные единицы:

—Стандартная единица фермента – это такое количество фермента, которое катализирует превращение одного микромоля данного субстрата за одну минуту при заданных условиях. Стандартная единица фермента обозначается буквой E (единица) или буквой U (unit).

—Катал –*каталитическая активность, способная осуществлять реакцию со скоростью равной 1 молю в секунду в заданной системе измерения активности.* Каталитическая активность в 1 катал (кат) при практическом применении оказывается слишком большой величиной, поэтому в большинстве случаев каталитические активности выражают в микрокаталах (мккат), нанокаталах (нкат) или пикокаталах (пкат). Стандартная единица фермента находится с каталом в следующем соотношении: 1 E (U) = 16,67 нкат.

В большинстве случаев ферменты обладают строгой специфичностью, а также лабильны, то есть могут изменять свою активность под действием pH, температуры, в присутствии активаторов и ингибиторов и др.

Активаторами называют вещества, которые повышают активность ферментов. В роли активаторов могут выступать некоторые металлы, аминокислоты и др. вещества. Ингибиторами называют вещества, снижающие активность ферментов.

Классы ферментов

1 класс Оксидоредуктазы

Полифенолоксидаза может катализировать окисление моно-, ди-, и полифенолов. С действием этого фермента связано образование темноокрашенных соединений – меланинов при окислении кислородом воздуха аминокислоты тирозина (потемнение срезов картофеля, яблок, грибов и других растительных тканей). В пищевой промышленности основной интерес к этому ферменту сосредоточен на предотвращении указанного ферментативного потемнения, что может быть достигнута путем тепловой инактивации фермента (бланшировка) или добавлением ингибиторов (NaHSO₃, SO₂, NaCl).

Каталаза катализирует разложение пероксида водорода по реакции самоокисления-самовосстановления. В живом организме каталаза защищает клетки от губительного действия перекиси водорода. Хорошим источником для получения промышленных препаратов каталазы являются культуры микроорганизмов и печень крупного рогатого скота.

Липоксигеназа катализирует окисление полиненасыщенных высокомолекулярных жирных кислот (линолевой и линоленовой) кислородом воздуха с образованием гидроперекисей:

Липоксигеназе принадлежит важная роль в процессах созревания пшеничной муки, связанных с улучшением ее хлебопекарных достоинств. При этом происходит осветление муки, укрепление клейковины, снижение активности протеолитических ферментов и другие положительные изменения.

Глюкозооксидаза окисляет глюкозу с образованием глюконовой кислоты. Высокоочищенные препараты глюкозооксидазы получают из плесневых грибов рода *Aspergillus* и *Penicillium*.

Препараты глюкозооксидазы нашли применение в пищевой промышленности как для удаления следов глюкозы, что необходимо при обработке пищевых продуктов, качество и аромат которых ухудшаются из-за того, что в них содержатся восстанавливающие сахара; например, при получении из яиц сухого яичного порошка.

3 класс Гидролазы или Гидролитические ферменты

Для отрасли пищевой промышленности наибольший интерес представляют три подкласса ферментов класса гидролаз. Это ферменты, действующие на сложноэфирные связи – *эстеразы*; действующие на гликозидные соединения – *гликозидазы* и действующие на пептидные связи – *протеазы*.

А) Основные ферменты подкласса эстераз.

Липаза или триацилглицероллипаза широко распространена в природе. Обычно липазы катализируют реакцию расщепления триглицеридов. Причем предпочтительнее гидролизуются связи в положении 3 и 1 и лишь затем в положении 2. Установлено, что липазы быстрее отщепляют остатки высокомолекулярных жирных кислот, чем низшие карбоновые кислоты.

Пектинэстераза синтезируется высшими растениями, микроскопическими грибами, дрожжами и бактериями. Пектинэстераза катализирует гидролиз сложноэфирных связей в молекуле растворимого пектина, в результате чего образуется метиловый спирт и полигалактуроновая кислота. При этом жилюющая способность кислоты ниже, чем у самого пектина. Благодаря этим свойствам фермент пектинэстераза применяется для осветления плодовых соков и вина.

Б) Гликозидазы.

Основной формой запасных углеводов в семенах и клубнях растений является крахмал. Ферментативные превращения крахмала лежат в основе многих пищевых технологий.

α -Амилаза. Эти ферменты обнаружены у животных (в слюне и поджелудочной железе), в растениях (проросшее зерно пшеницы, ржи, ячменя), они вырабатываются плесневыми грибами и бактериями. Все эти ферменты гидролизуют крахмал, гликоген и родственные α -1,4-гликозиды с образованием, главным образом, декстринов и небольшого количества дисахарида – мальтозы.

β -Амилаза Это группа ферментов в основном растительного происхождения. Её источниками являются зерно пшеницы, а также пшеничный и ячменный солод, соевые бобы, клубни картофеля.

β -Амилаза отщепляет мальтозу от конца гликозидной цепи, разрывая гликозидные связи α -1,4 через одну до тех пор, пока не встретится точка ветвления со связью α -1,6.

γ -амилаза продуцируется различными видами плесневых грибов рода *Aspergillus*. Эти ферменты расщепляют как амилозу, так и амилопектин до глюкозы. Они способны гидролизовать α -1,4 и α -1,6 гликозидные связи. Поэтому данный фермент используется в промышленности для ферментативного получения глюкозы.

Инулаза осуществляет гидролиз инулина и других полифруктозанов. В результате образуется фруктоза (95%) и глюкоза (5%).

Инулаза содержится в тех же растениях (топинамбур, цикорий), в которых присутствует инулин. Существуют инулазы микробного происхождения.

Целлюлолитические ферменты. Ферментативное разрушение целлюлозы и родственных ей полисахаридов (гемицеллюлозы, лигнина) – сложный процесс, требующий участия комплекса ферментов.

Применение целлюлолитических ферментов представляет большой интерес, т. к. может обеспечить получение различных биотехнологических продуктов (глюкозы, этанола, ацетона, микробной биомассы).

В) Протеолитические ферменты (протеазы). Основной реакцией, катализируемой протеолитическими ферментами, является гидролиз пептидной связи в молекулах белков и пептидов.

По современной классификации различают эндо- и экзопептидазы. Ферменты первой группы (эндопептидазы) могут гидролизовать глубинные пептидные связи и расщеплять молекулу белка на более мелкие фрагменты; ферменты второй группы (экзопептидазы) не могут гидролизовать пептидные связи, находящиеся в середине цепи, и действуют либо с карбоксильного, либо с аминного конца цепи, отщепляя последовательно одну за другой концевые аминокислоты.

По типу происхождения протеазы подразделяют на растительные, животные и микробные.

Протеазы животного происхождения уже давно и широко используются в пищевой промышленности.

Трипсин секретируется поджелудочной железой в виде неактивного предшественника трипсиногена. Высокоочищенный трипсин применяется для медицинских целей, а также в пищевой промышленности для производства гидролизатов.

Пепсин вырабатывается слизистой желудка в виде пепсиногена. Пепсиноген превращается в активный пепсин под действием HCl.

Ренин – этот фермент имеет много сходства с пепсином и содержится в соке четвертого отдела желудка телят. Ренин образуется из предшественника – проренина. Пепсин и ренин являются основными компонентами промышленных препаратов, используемых для свертывания молока

Микробные протеазы – чрезвычайно разнообразны и широко применяются (на их долю приходится около 40% от всех используемых ферментов). Наибольшее применение нашли щелочная сериновая протеаза, которая используется в моющих средствах; грибная протеаза из *Mucor*, которая заменила телячьи сычуги в производстве сыра, а грибная протеаза из *A. oryzae* (в комплексе с амилазой), используемая в хлебопечении.

Иммобилизованные ферменты

В различных пищевых технологиях долгое время применялись лишь препараты свободных ферментов, срок использования которых – один производственный цикл. Благодаря достижениям молекулярной биологии, биохимии и энзимологии в настоящее время организовано производство ферментов длительного (продолжительного) действия или иммобилизованных ферментов, т. е. связанных ферментных препаратов.

Сущность иммобилизации ферментов заключается в присоединении их в активной форме тем или иным способом к изолированной фазе (инертной матрице), которая обычно нерастворима в воде и часто представляет собой высокомолекулярный гидрофильный полимер, например, целлюлозу, полиакриламид и т. п.

Иммобилизация часто приводит к изменениям основных параметров ферментативной реакции. Как правило, её скорость снижается.

Иммобилизованные ферменты как катализаторы многократного действия можно использовать, в основном, для трех практических целей: аналитических, лечебных и препаративных (промышленных).

В случае препаративного применения основную роль играет стоимость, а также возможность автоматизации процесса. Несмотря на большие потенциальные возможности использования иммобилизованных ферментов в производстве, в настоящее время реализованы лишь немногие, например: разделение D- и L-аминокислот; получение сиропов с высоким содержанием фруктозы; возможно использование иммобилизованных ферментов при производстве сыров, стабилизации молока и удалении лактозы из молочных продуктов.

Ингибиторы пищеварительных ферментов

К этой группе относятся вещества белковой природы, блокирующие активность пищеварительных ферментов (пепсин, трипсин, химотрипсин, α -амилаза). Белковые ингибиторы обнаружены в семенах бобовых культур (соя, фасоль и др.), злаковых (пшеница, ячмень и др.), в картофеле, яичном белке и других продуктах растительного и животного происхождения.

Механизм действия этих соединений заключается в образовании стойких комплексов «фермент-ингибитор» и, тем самым, подавлении активности главных пищеварительных ферментов.

Рассматриваемые белковые ингибиторы растительного происхождения характеризуются высокой термостабильностью, что в целом не характерно для веществ белковой природы. Например, полное разрушение соевого ингибитора трипсина достигается лишь 20 минутным автоклавированием при 115°C, или кипячением соевых бобов в течение 2–3 ч. Из этого следует, что употребление семян бобовых культур, особенно богатых белковыми ингибиторами пищеварительных ферментов, как для корма сельскохозяйственных животных, так и в пищевом рационе человека, возможно лишь после соответствующей тепловой обработки.

Ферменты и ингибиторы белковой природы

В биологических объектах с ненарушенной клеточной структурой протекают строго скоординированные обменные процессы, направленные на поддержание постоянства внутренней среды организма (гомеостаза), являющегося необходимым условием сохранения жизнеспособности. Гомеостаз (от греческого *homoios* - *подобный, одинаковый и неподверженность*), это способность биологической системы противостоять изменениям и сохранять относительное постоянство состава на основе функционирования сложных регуляторных механизмов. При этом поддерживается структурная организация тканей, обеспечивающая локализацию отдельных процессов в тех или других структурных компонентах клетки.

Переработка пищевого сырья связана с разрушением клеточной структуры. Это приводит к коренному изменению характера и направленности биохимических процессов. Нарушается их координация. Разрушаются сложные многокомпонентные комплексы, связанные с органеллами клетки и биологическими мембранами. Перестают функционировать системы наиболее важные с точки зрения поддержания жизнеспособности биологического объекта.

В системах с разрушенной клеточной структурой интенсивно протекают окислительные и гидролитические процессы. И очевидно, что ферменты, катализирующие именно эти реакции, будут играть существенную роль в процессе хранения и технологической переработке сырья.

Говоря об эндогенных ферментных системах, нельзя не отметить существенную роль ингибиторов ферментов белковой природы, широко распространенных в биологических объектах. Механизм действия белковых ингибиторов связан со специфическим взаимодействием с ферментом и образованием устойчивого неактивного комплекса "фермент-ингибитор".

Первый высокоочищенный ингибитор, подавляющий активность трипсина, был выделен из семян сои в 1946 году Кунитцем. Ингибитор Кунитца подавляет активность трипсина и химотрипсина человека, животных, насекомых и ферментов этого типа микробного происхождения.

В настоящее время показано, что ингибиторы протеиназ в растениях представлены группой разнообразных белков. Многие из них хорошо изучены. Расшифрована их первичная структура, идентифицирован активный центр, взаимодействующий с активным центром фермента и блокирующий его, определены другие характеристики. Обычно это белки с небольшой молекулярной массой и значительным количеством дисульфидных связей, придающих повышенную стабильность их структурной организации. Среди них встречаются белки, выдерживающие нагревание до 100 °C без потери активности.

Изменения белков в технологическом потоке

Нативная трехмерная структура белков поддерживается разнообразием внутри- и межмолекулярных сил и поперечных связей. Любое изменение условий среды в

технологических потоках производства пищевых продуктов оказывает влияние на связи молекулярной структуры и может привести к разрушению четвертичной, третичной и вторичной структуры. Этот процесс называется **денатурацией**.

Большинство белков денатурируются в присутствии сильных минеральных кислот или оснований, при нагревании, охлаждении, обработке поверхностно-активными веществами, мочевиной, солями тяжелых металлов (Ag, Pb, Hg) или органическими растворителями (этанолом, метанолом, ацетоном).

Большая часть белков денатурируется при температурах выше 60°C, однако встречаются и термостабильные белки (казеин и α -лактоальбулин молока и α -амилазы некоторых бактерий). Тепловая денатурация белков является одним из основных физико-химических процессов, лежащих в основе выпечки хлебобулочных изделий, сушки макаронных изделий, варки, жарения овощей, рыбы, мяса, консервирования, пастеризации и стерилизации молока. Данный вид превращений относится к полезным, так как он ускоряет переваривание белков в желудочно-кишечном тракте человека.

Однако при тепловой обработке продуктов выше 100°C со значительной скоростью протекает взаимодействие белков с восстанавливающими сахарами, сопровождающееся образованием карбонильных соединений и темноокрашенных продуктов – меланоидинов, при этом теряются незаменимые аминокислоты (лизин, треонин), что ухудшает пищевую ценность продукта.

Термическая обработка белоксодержащей пищи при температурах выше 120°C или при более низких, но в щелочной среде, приводит не к денатурации, а к разрушению (деструкции) макромолекул белка с отщеплением функциональных групп, расщеплением пептидных связей и образованием сероводорода, аммиака, углекислого газа и ряда более сложных соединений небелковой природы. Некоторые из них обладают мутагенными свойствами.

Наряду с денатурацией белков возможна их **агрегация**. Способность белков к формированию высоко агрегированных и надмолекулярных образований зависит от pH, ионной силы и состава среды.

С повышением pH от 4,0 до 9,1 агрегация белков злаковых культур (пшеницы, ржи, ячменя) повышается. Также агрегирующая способность белков повышается при увеличении концентрации нейтральных солей.

Дегидратация белков. Потеря белками связанной воды происходит под влиянием внешних воздействий: сушка продуктов питания, замораживание, хранение в замороженном состоянии и размораживание пищевых продуктов.

Коллоидное состояние белка. Белки обладают различной растворимостью. Одни белки растворяются в дистиллированной воде, другие – в слабых солевых растворах, третьи – в спирте. Некоторые белки нерастворимы.

Часто растворение белков в воде начинается с набухания. При этом белки поглощают воду и увеличиваются в массе в $1,5 \div 2$ раза.

Способность белка набухать зависит от многих факторов: pH раствора, введения солей, температуры и др. Минимальное набухание происходит в изоэлектрической точке и усиливается при сдвиге pH в кислую или щелочную сторону от изоэлектрической точки.

Растворение не всегда сопровождается набуханием, оно характерно для фибриллярных белков (глобулярные белки молока набухают незначительно). При растворении белков образуются коллоидные растворы золи (с диаметром частиц 0,001-0,1 мкм).

Лекция №5 Углеводы пищевого сырья и продуктов питания

Углево́ды (сахара, сахариды) — органические вещества, содержащие карбонильную группу и несколько гидроксильных групп. Название класса соединений происходит от слов «гидраты углерода», оно было впервые предложено К. Шмидтом в 1844 году. Появление такого названия связано с тем, что первые из известных науке углеводов описывались брутто-формулой $C_x(H_2O)_y$, формально являясь соединениями углерода и воды.

Углеводы являются неотъемлемым компонентом клеток и тканей всех живых организмов представителей растительного и животного мира, составляя (по массе) основную часть органического вещества на Земле. Источником углеводов для всех живых организмов является процесс фотосинтеза, осуществляемый растениями.

Функции углеводов в растении важны и разнообразны.

1. **Энергетическая.** Углеводы — главные продукты фотосинтеза, в химических связях которых запасается солнечная энергия. Эта энергия извлекается растениями при дыхании и используется в процессах их жизнедеятельности.

2. **Пластическая.** В процессе дыхания из универсального химического соединения — глюкозы образуются разнообразные метаболиты (углеродные скелеты), необходимые для синтеза разнообразных органических соединений живой клетки.

3. **Опорная (структурная).** Клеточные оболочки состоят из углеводов. Они служат опорой как отдельным клеткам, так и растению в целом.

4. **Запасная.** Углеводы (крахмал, сахара, инулин, гемицеллюлозы) — важнейшие запасные вещества растений. Они накапливаются в семенах, плодах, корнях, клубнях, корневищах и используются при прорастании семян, распускании листьев и т. д.

5. **Осмотическая.** Сахара, растворенные в клеточном соке, участвуют в создании его концентрации, а, значит, и осмотических свойств растительной клетки.

6. **Регуляторная.** Например, связывание с сахарами снижает активность фитогормонов, регулирующих процессы жизнедеятельности растений.

7. **Сигнальная.** Полагают, например, что некоторые белки гликопротеины (лектины), в состав молекул которых входят моно- и олигосахара, выполняют функцию узнавания патогена, проникающего в клетку.

8. **Защитная** функция углеводов, например, проявляется при стрессе. Растворимые сахара связывают воду, удерживая ее в клетке, связываются с белками и нуклеиновыми кислотами, стабилизируя их молекулы в неблагоприятных условиях.

Термин «углеводы» ввел в 1844 году профессор Юрьевского университета Карл Шмидт. В то время считали, что все соединения этого класса состоят из углерода, водорода и кислорода и что водород и кислород в их молекулах содержатся в том же соотношении, что и в воде, т. е. 2 : 1. Позднее выяснили, что, действительно, такое соотношение водорода и кислорода характерно для большинства углеводов. Например, глюкоза — $C_6H_{12}O_6$, сахароза — $C_{12}H_{22}O_{11}$. Однако, оказалось, что существует целый ряд соединений, которые по своим свойствам относятся к углеводам, но имеют иное соотношение водорода и кислорода. Например, рамноза — $C_6H_{12}O_5$, дезоксирибоза — $C_5H_{10}O_4$.

В 1927 году Международная комиссия по реформе химической номенклатуры предложила заменить название «углеводы» термином «глюциды» (или «глициды»), который подчеркивал первостепенное значение глюкозы в образовании многих биологически важных углеводов. Однако этот термин не получил распространения, и прежний термин «углеводы» сохраняется в науке как название данного класса соединений.

Позже были обнаружены углеводы, в состав которых, кроме углерода, водорода и кислорода, входит также азот. Например, глюкозамин, галактозамин.

1.2 КЛАССИФИКАЦИЯ

Все углеводы делят на 2 группы: моносахариды и полисахариды. Последние, в свою очередь, также делят на две группы: олигосахариды и высшие полисахариды. Иногда в биохимии растений олигосахариды называют полисахаридами 1-го порядка, а высшие полисахариды — 2-го порядка.



Моносахариды — это простые сахара, молекулы которых нельзя гидролизовать до еще более простых Сахаров. Моносахариды (монозы), соединяясь друг с другом, образуют более сложные углеводы — полисахариды (полиозы). Олигосахариды содержат в молекуле от двух до десяти остатков моносахаридов, высшие полисахариды — десятки, сотни и тысячи остатков.

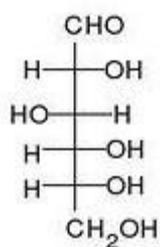
К моносахаридам относятся глюкоза, фруктоза, ксилоза, рибоза и др., к олигосахаридам — сахароза, мальтоза, трегалоза, рафиноза и др.

Высшие полисахариды — высокомолекулярные соединения. Обычно они нерастворимы в воде или образуют коллоидные растворы. Это крахмал, инулин, целлюлоза, лихенин и др.

КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕВОДОВ

МОНОСАХАРИДЫ

Простыми углеводами (моносахаридами и моноаминозами) называют углеводы, которые не способны гидролизаться с образованием более простых углеводов, у них число атомов углерода равно числу атомов кислорода $C_nH_{2n}O_n$



(рис. 3)

К моносахаридам относятся:

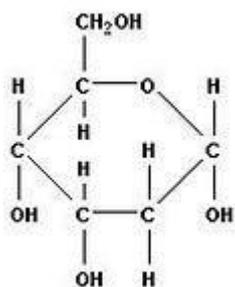
Тетрозы $C_4H_8O_4$ (эритроза)

Пентозы $C_5H_{10}O_5$ (арабиноза, ксилоза, рибоза)

Гексозы $C_6H_{12}O_6$ (глюкоза, галактоза, фруктоза)

Моносахариды - твердые вещества, способные кристаллизоваться. Они гидроскопичны, очень легко растворимы в воде, легко образуют сиропы, из которых выделить их в кристаллическом виде бывает очень трудно.

Самые распространённые **моносахариды** — **глюкоза** и **фруктоза**, имеющие формулу $(CH_2O)_6$. Все моносахариды имеют сладкий вкус, кристаллизуются и легко растворяются в воде.



(рис.4)

В растительном мире широко распространена фруктоза или фруктовый (плодовый) сахар. Фруктоза содержится в сладких плодах, меде. Извлекая из цветов сладких плодов соки, пчелы приготавливают мед, который по химическому составу представляет собой в основном смесь глюкозы и фруктозы. Также фруктоза входит в состав сложных сахаров, например тростникового и свекловичного.

Моносахариды — соединения, которые содержат одновременно гидроксильные группы (-ОН) и альдегидную

(- С - ОН) или кетонную (- С=О) группу. Первые называют альдозами, вторые — кетозами.

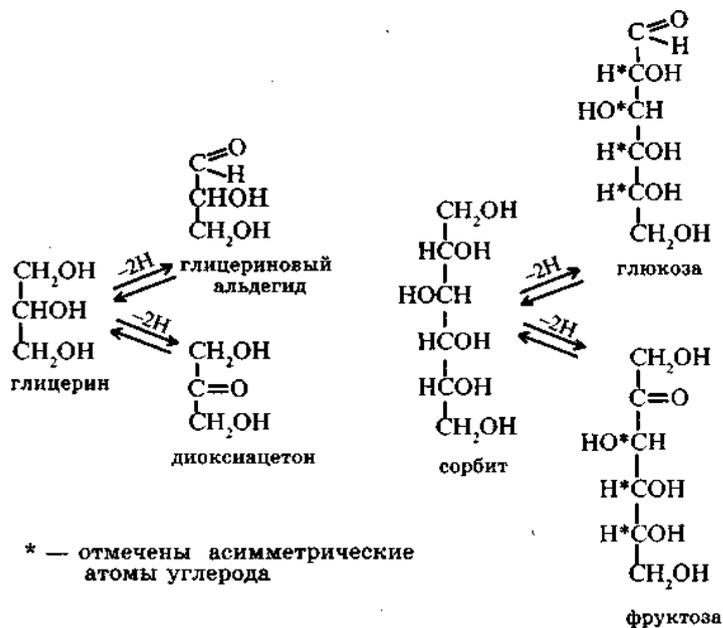
Моносахариды образуются в результате окисления многоатомных спиртов. При окислении первичной спиртовой группы (-СН₂ОН) образуются альдозы, а при окислении вторичной спиртовой группы (-СНОН) — кетозы. Образование простейших моносахаридов — триоз (глицеринового альдегида и диоксиацетона) можно рассмотреть на примере окисления (дегидрирования) трехатомного спирта глицерина.

При окислении шестиатомного спирта сорбита, содержащегося во многих плодах, получают гексозы — глюкоза или фруктоза.

В названиях альдоз используется суффикс «оза» (глюкоза, галактоза, рибоза, ксилоза), а в названиях кетоз — суффикс «улоза» (рибулоза, ксилулоза, седогептулоза).

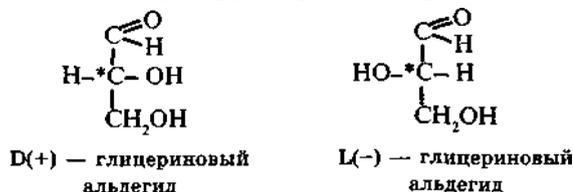
Большой вклад в изучение строения и превращений углеводов, особенно моносахаридов, внес великий немецкий ученый-химик Эмиль Фишер. Линейные формулы моносахаридов также предложил он.

Глюкоза, фруктоза и другие моносахариды содержат асимметрические атомы углерода, у которых все 4 валентности замещены различными атомами и группами. Это определяет их оптическую активность, т. е. способность в растворе вращать плоскость поляризации вправо (+) или влево (-), а также наличие стереоизомеров, которые различаются по своим физическим и химическим свойствам.



Количество стереоизомеров данного моносахарида равно 2^n , где n — число асимметрических атомов углерода в молекуле. Глюкоза имеет 4 асимметрических атома и $2^4=16$ стереоизомеров, а фруктоза — 3 асимметрических атома и $2^3 = 8$ стереоизомеров.

Среди стереоизомеров моносахаридов особенно известны D и L, или, как часто говорят, моносахариды могут иметь D- и L-конфигурацию. При определении конфигурации того или иного моносахарида в качестве стандарта используют глицириновый альдегид, который содержит только один асимметрический атом углерода, а значит, только одну пару стереоизомеров — D и L.



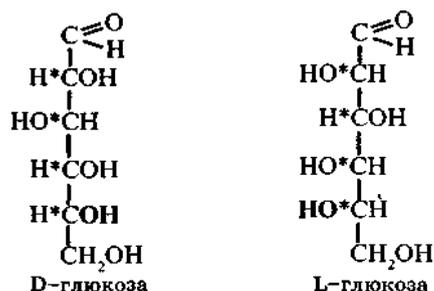
Глицириновый альдегид может существовать в трех формах: в виде право- и левовращающих D-и L-стереоизомеров и в виде смеси их равных количеств. Такая смесь называется рацемической, она лишена оптической активности.

Моносахариды, у которых расположение -H и -OH у ближайшего к первичной спиртовой группе углеродного атома такое же, как у D-глициринового альдегида, имеют D-конфигурацию, а те, у которых -H и -OH у того же углеродного атома расположены, как у L-глициринового альдегида, относят к L-стереоизомерам.

Иначе говоря, для установления конфигурации данного моносахарида определяют расположение -H и -OH у асимметрического атома углерода, наиболее удаленного от групп -C=O или —C-OH.

Обычно этот углеродный атом ближайший к первичной спиртовой группе. Если углеродная цепочка сахара изображена сверху вниз и карбонильная группа расположена вверху, то у D-стереоизомеров группа -OH у последнего асимметрического атома находится справа, а у L-стереоизомеров — слева.

D и L — стереоизомеры относятся друг к другу, как предмет и его зеркальное изображение. Поэтому у L-глюкозы -H и -OH у всех асимметрических углеродных атомов имеют противоположное D-глюкозе расположение, а место группы -OH у 5-го углеродного атома служит лишь признаком для классификации стереоизомеров.

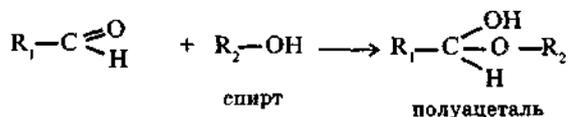


В растениях содержатся и растениями усваиваются в основном D-формы сахаров. L-формы встречаются очень редко. Поэтому далее мы будем обозначать только L-формы, имея в виду, что все остальные моносахариды имеют D-конфигурацию.

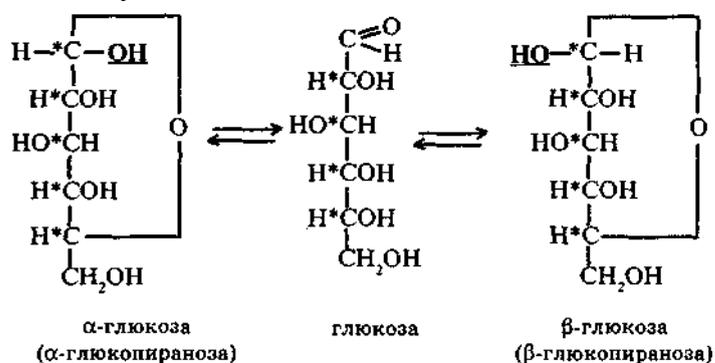
На первых этапах изучения моносахаридов известные их свойства хорошо объяснялись формулами Фишера. Позднее обнаружили новые свойства сахаров, которые уже нельзя было объяснить этими формулами. Например, было показано, что моносахариды не всегда проявляют альдегидные свойства (не дают реакции с фуксинсернистой кислотой, не образуют бисульфитного соединения с NaHSO_3). При растворении моносахаридов наблюдалось изменение удельного вращения, которое лишь через некоторое время достигало постоянной величины. Это явление назвали

мутаротацией. Кроме того, оказалось, что один из гидроксильных групп молекулы моносахарида отличается более высокой реакционной способностью.

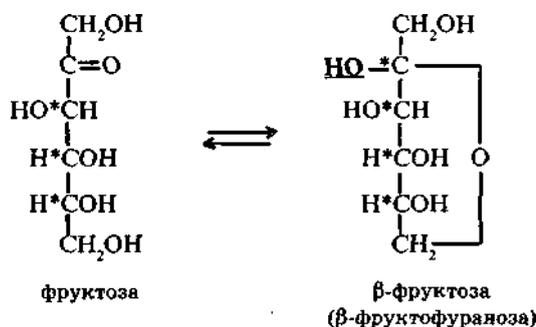
Для объяснения этих и ряда других свойств московский профессор-химик М. А. Колли в 1870 г. выдвинул гипотезу, согласно которой моносахариды существуют не только в альдо- и кето-, но и в циклической форме. Это предположение подтвердил и развил немецкий химик Б. Толленс в 1883 г. По его гипотезе, моносахариды существуют не только в форме альдо- и кетоспиртов, но и в виде циклических полуацеталей. Полуацетали образуются в результате реакции альдегидов со спиртами.



Подобная реакция между альдо- или кето-группой и гидроксильной группой спиртовой группы может происходить и внутри молекулы моносахарида, в результате чего образуются циклические полуацетали.

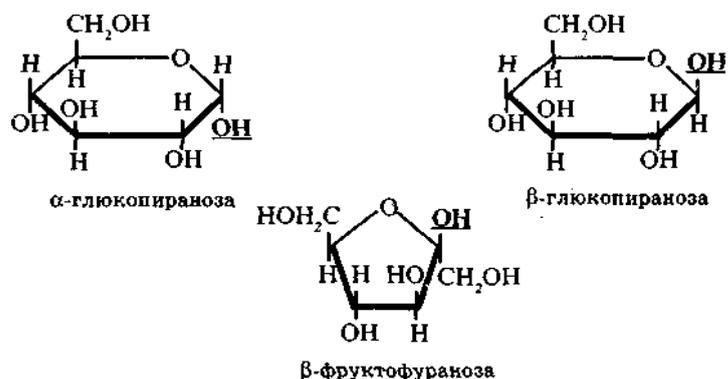


Из приведенных формул циклических полуацеталей глюкозы видно, что у них нет альдегидной группы, и это объясняет отсутствие альдегидных свойств. При этом у циклических форм появляется еще один ациклический атом углерода, что влечет за собой возникновение еще одной пары стереоизомеров, которые обозначают α и β. Установлением в растворе между ними равновесия объясняется мутаротация. Появившийся в молекуле сахара при циклизации новый гидроксил назвали полуацетальным, а позже гликозидным. Этот гидроксил оказался наиболее реакционноспособным. При написании формулы моносахарида сверху вниз у α-стереоизомеров полуацетальный гидроксил располагается справа, а у β-стереоизомеров — слева.



Показанные выше циклические формулы моносахаридов являются производными гетероциклических соединений — шестичленного пирана и пятичленного фурана — пиранозы и фуранозы (глюкопираноза, фруктофураноза). В. Хэуорс предложил изображать циклические моносахариды в виде перспективных формул.

В этих формулах жирными линиями изображают связи между углеродными атомами, которые на плоскости попадают на передний план.



Атомы углерода в кольце перспективных формул обычно не пишут, α - и β -формы различаются по положению

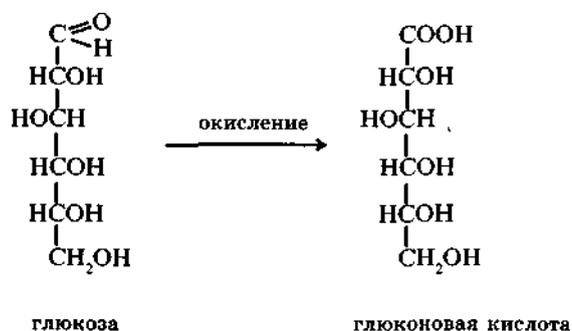
-ОН (полуацетального гидроксила) по отношению к плоскости кольца. У α -стереоизомеров -ОН располагается под плоскостью кольца, а у β -изомеров — над плоскостью.

В живых организмах молекулы моносахаридов всегда находятся в циклической форме, в таком же виде остатки сахаров входят в состав полисахаридов. В твердом состоянии сахара также имеют циклическое строение. Только в растворе появляются, кроме циклических, еще и нециклические формы молекул. При этом последних в растворе мало, до 1%.

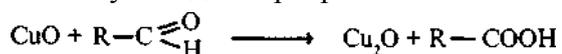
В природе среди циклических форм сахаров в основном имеются пиранозы, фураноз очень мало (фруктоза, рибоза).

Химические свойства

Моносахариды легко окисляются с образованием кислот. Причем окисление может происходить как в кислой, так и в щелочной среде. У сахаров легче всего окисляется альдегидная группа.



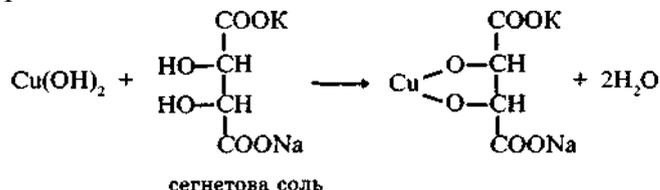
В щелочной среде моносахариды могут окисляться оксидами металлов (меди, висмута, серебра). При этом сахар окисляется до кислоты, а оксиды металлов восстанавливаются. Оксид меди (II), восстанавливаясь, образует оксид меди (I) (запись). Эта реакция используется для количественного определения сахаров по количеству образовавшегося оксида меди (I). При взаимодействии сахаров с оксидами висмута и серебра последние восстанавливаются до свободных металлов. Реакция «серебряного зеркала» используется для серебрения ёлочных игрушек, колб сосудов Дюара и термосов.



Однако так, как написано, реакция идти не может, потому что CuO — нерастворимый в воде порошок. В связи с этим для реакции берут просто соль двухвалентной меди — CuSO₄. Поскольку окисление сахаров идет в щелочной среде, к раствору CuSO₄ необходимо добавить щелочь.

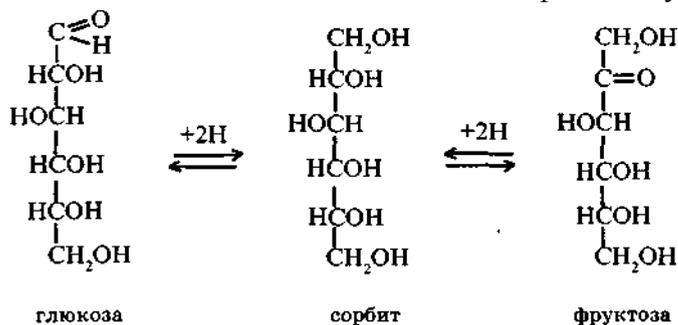


Но и в этом случае возникает препятствие: Cu(OH)_2 представляет собой студенистый осадок и не может далее реагировать с сахаром. Необходимо для дальнейшего хода реакции удерживать катионы двухвалентной меди в щелочной среде в растворе. Для этого к щелочному раствору меди добавляют сегнетову соль (К, Na - виннокислый), которая связывает ионы меди и удерживает их в щелочной среде в растворе.



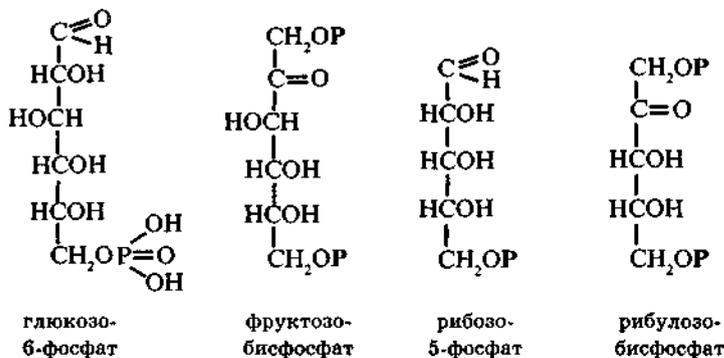
Этот раствор синего цвета, содержащий CuSO_4 , NaOH и сегнетову соль, называют фелинговой жидкостью и используют для количественного определения сахаров. Фелингову жидкость нагревают с раствором сахара. При этом выпадает красный осадок Cu_2O , количество которого соответствует количеству сахара.

Фелингову жидкость восстанавливают сахара, имеющие свободный полуацетальный (гликозидный) гидроксил. Это — все моносахариды и некоторые олигосахариды. Их называют восстанавливающими сахарами, в отличие от невосстанавливающих, которые не содержат свободного полуацетального (гликозидного) гидроксила и не способны восстанавливать фелингову жидкость.



При восстановлении моносахариды образуют соответствующие многоатомные спирты. Так, при восстановлении глюкозы и фруктозы образуется шестиатомный спирт сорбит.

В растениях кислоты и спирты образуются из моносахаридов ферментативным путем.

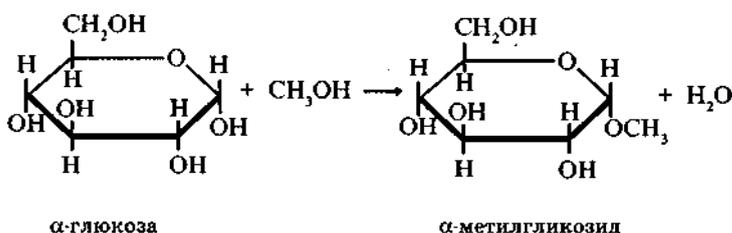


Моносахариды могут реагировать с кислотами, образуя сложные эфиры. Особенно большое значение в живых клетках имеют сложные эфиры сахаров с фосфорной кислотой — сахарофосфаты.

Сахарофосфаты являются активированными моносахаридами, поскольку содержат богатую энергией фосфорноэфирную связь. Поэтому они легко вступают в биохимические реакции. По сути, весь углеводный обмен в растении — это реакции между сахарофосфатами или с непременно их участием.

Важным свойством сахаров является их способность образовывать гликозиды. Гликозиды — это соединения, которые получаются в результате реакции полуацетального гидроксила с каким-нибудь соединением, чаще неуглеводной природы (агликоном). Отсюда второе название полуацетального гидроксила — гликозидный. α - и β -стереоизомеры образуют, соответственно, α - и β -гликозиды, на которые действуют различные ферменты. В растениях чаще встречаются β -гликозиды.

Одними из простейших гликозидов являются метилгликозиды.



Гликозиды широко распространены в растениях. Их агликонами могут быть самые различные вещества (спирты, кислоты, фенольные соединения). Сахара, входящие в состав гликозидов, очень разнообразны и часто в свободном состоянии не встречаются. Гликозиды нередко имеют горький вкус и специфический аромат.

В растениях петрушки содержится гликозид апиин, в листьях и семенах крестоцветных — гликозид синигрин, который придает специфический запах и горький вкус горчице. Известное ароматическое вещество ванилин является агликоном гликозида коры ванильного дерева. В семенах растений из семейства розовых присутствует гликозид амигдалин, содержащий в агликоне остаток синильной кислоты. Именно этот гликозид придает запах горького миндаля косточкам персиков, абрикос, слив, вишен и т. д.

Некоторые гликозиды применяются в медицине, например, группа сердечных гликозидов. Они положительно влияют на работу сердечной мышцы. Сердечных гликозидов много, например, в наперстянке.

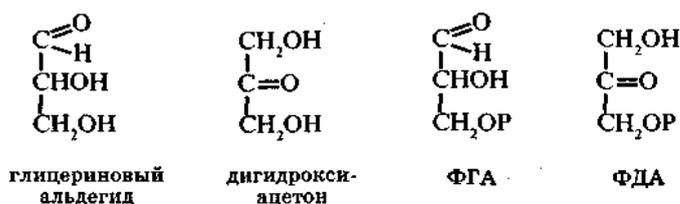
Характеристика отдельных моносахаридов

Моносахариды — белые кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде и имеющие более или менее сладкий вкус. Они очень распространены в природе, особенно их много в растениях. Моносахариды в растениях находятся в свободном состоянии, в виде фосфорных эфиров, входят в состав полисахаридов и других соединений (гликозидов, гликолипидов, гликопротеинов).

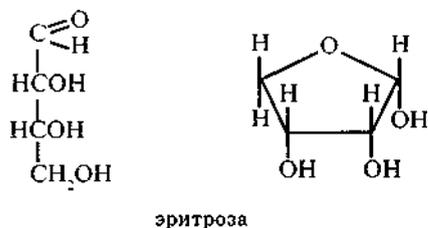
Моносахариды классифицируют по числу углеродных атомов в цепочке (C_3 — C_9) на триозы, тетрозы, пентозы, гексозы, гептозы, октозы и наннозы.

Триозы. К ним относятся простейшие моносахариды — глицериновый альдегид и дигидроксиацетон.

В свободном состоянии они не встречаются, а в виде фосфорных эфиров (ФГА и ФДА) являются важными промежуточными продуктами обмена углеводов (фотосинтез, дыхание, брожение).



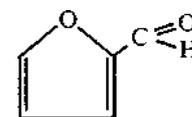
Тетрозы. Наиболее распространённая в растениях тетроза – эритроза, которая



имеет фуранозную форму и в виде фосфорного эфира участвует в обмене углеводов.

Пентозы. Растения характеризуются высоким содержанием пентоз. При кипячении с разбавленной H_2SO_4 или HCl пентозы образуют летучий гетероциклический альдегид фурфурол, который с HCl и анилином дает интенсивное красное окрашивание. Эта реакция служит для качественного и количественного определения пентоз. Среди пентоз наиболее известны ксилоза, арабиноза и рибоза.

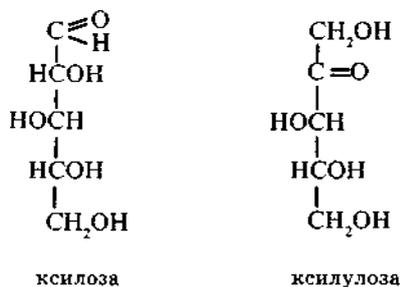
Ксилоза. Ее еще называют древесным сахаром. Она входит в состав полисахаридов (гемицеллюлозы, гумми, слизи). Ксилозу получают путем гидролиза древесины, соломы, отрубей, хлопковой и подсолнечной шелухи. На растворах гидролизной ксилозы выращивают дрожжеподобные микроорганизмы *Torula* и *Manilia*, дающие богатый белком корм скоту. Ксилозу также используют в кондитерской промышленности. Для этого ее получают, гидролизуя кукурузные кочерыжки, которые содержат до 12% этого сахара.



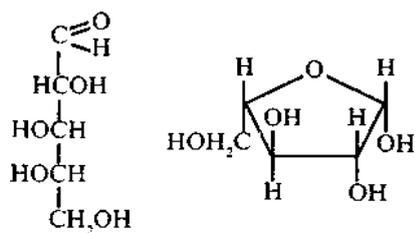
фурфурол

Ксилоза входит в состав гликозидов, а в виде фосфорных эфиров участвует в обмене углеводов. Она не сбраживается дрожжами и не усваивается человеческим организмом.

В растениях в обмене углеводов участвует изомер ксилозы — ксилулоза в виде фосфорного эфира.

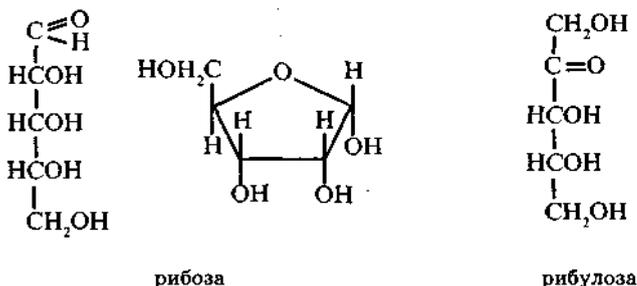


L-арабиноза находится в растениях в фуранозной форме и входит в состав полисахаридов (гемицеллюлозы, гумми, слизи). Арабинозу получают путем кислотного гидролиза вишневого клея или свекловичного жома. Дрожжи арабинозу не сбраживают, человеческий организм не усваивает.



L-арабиноза

Рибоза играет очень важную роль в живых организмах. Она входит в состав РНК, нуклеотидов, витаминов, коферментов. Ее фосфорные эфиры участвуют в обмене углеводов. Встречается рибоза в фуранозной форме. Изомер рибозы, ее кетоформа — рибулоза в виде фосфорного эфира участвует в обмене углеводов, а ее двойной эфир — рибулозобисфосфат является акцептором CO_2 при фотосинтезе.



рибоза

рибулоза

Гексозы, наряду с пентозами, — наиболее распространенные моносахариды в растениях. Это глюкоза, фруктоза, галактоза, манноза.

Глюкоза (декстроза, или виноградный сахар) — самый распространенный в природе моносахарид. В свободном состоянии глюкоза содержится в зеленых частях растений, в семенах, ягодах, фруктах, составляет половину от общего количества сахаров нектара и меда. Глюкоза входит в состав олигосахаридов (сахароза, мальтоза, рафиноза), многих высших полисахаридов (крахмал, гликоген, целлюлоза, лихенин), гликопротеинов, некоторых липоидов, многих гликозидов. Фосфорные эфиры глюкозы участвуют в метаболизме углеводов. Глюкоза сбраживается дрожжами и хорошо усваивается животным организмом. Угол удельного вращения глюкозы $+52,5^\circ$.

Глюкозу получают путем гидролиза крахмала, чаще кукурузного или рисового. Глюкоза находит широкое применение. Она составляет часть нашей пищи (фрукты, мед), используется в пищевой промышленности, в медицине. Так, глюкоза составляет большую часть патоки, которая применяется в кондитерской промышленности. Из нее в промышленных масштабах синтезируют витамин С. На глюкозе, полученной при гидролизе древесины, выращивают кормовые дрожжи. Кроме того, сбраживая такую глюкозу, получают гидролизный спирт, используемый для технических целей.

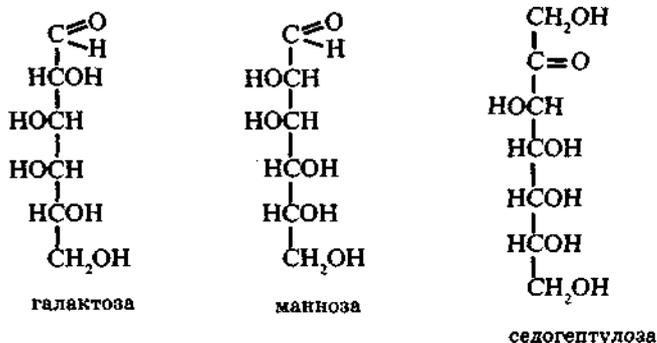
Фруктоза (левулоза, плодовый сахар) — наиболее важный представитель кетоз. В природе она встречается в фуранозной форме в основном в виде (3-стереоизомера). Вращает плоскость поляризации влево, угол удельного вращения — $-92,4^\circ$. Фруктоза — самый сладкий сахар. Она содержится во всех зеленых частях растений, в плодах, составляет половину сахаров нектара и меда. Ее фосфорные эфиры участвуют в обмене углеводов. Фруктоза входит в состав олигосахаридов (сахароза, рафиноза), высших полисахаридов (инулин), гликопротеинов, гликозидов. Получают фруктозу путем гидролиза инулина. Она сбраживается дрожжами и усваивается животным организмом.

Галактоза в свободном состоянии в растениях встречается крайне редко. Например, в кристаллическом виде выделяется на плодах плюща. В основном же она входит в состав олигосахаридов (лактоза, рафиноза), высших полисахаридов (гемицеллюлозы, гумми, слизи), гликопротеинов, гликозидов. Сбраживается дрожжами.

Манноза в свободном состоянии почти не встречается. Обычно она входит в состав высших полисахаридов (гемицеллюлозы, гумми, слизи), гликопротеинов, гликозидов. Сбраживается дрожжами.

Гептозы. В растениях распространена в основном одна гептоза — седогептулоза.

Седогептулоза в значительных количествах содержится в растениях из семейства толстянковых. Впервые ее получили из очитка (*Sedum*), отсюда ее название. Фосфорные эфиры седогептулозы участвуют в превращении углеводов. Дрожжи седогептулозу не сбраживают.



Октозы и наннозы. Эти моносахариды найдены в плодах авокадо. Все они кетозы. Примером октоз может служить *глицероманнооктулоза*, а нанноз — *эритрогулонаннулоза*.
Моносахариды с разветвленной цепью. Обычно моносахариды имеют неразветвленную цепочку. Разветвленные сахара встречаются крайне редко и, как правило, в связанном состоянии.

Апиоза — моносахарид, который входит в состав гликозида апиина, содержащегося в растении петрушке.

L-стрептоза имеет в качестве разветвления альдегидную группу. L-стрептоза входит в состав антибиотика стрептомицина. Еще одна особенность стрептозы — отсутствие кислорода у 5-го углеродного атома, т. е. это еще и дезоксисахар.

Гамамелоза в качестве боковой цепи имеет первичную спиртовую группу. Она входит в состав ряда дубильных веществ.

Дезоксисахара. В растениях встречаются моносахариды, у которых при одном, реже при двух углеродных атомах отсутствует кислород. Это — дезоксисахара.

L-рамноза содержится во многих гликозидах, в гумми, слизях, пектиновых веществах. В свободном состоянии рамноза встречается в листьях сумаха.

Фукоза найдена в водорослях (фукус, ламинария), в гликозидах.

Дигитоксоза — дважды дезоксисахар. Она содержится в гликозидах (наперстянка).

Дезоксирибоза в виде фосфорного эфира входит в состав дезоксирибонуклеотидов ДНК.

Аминосахара — это моносахариды, содержащие аминогруппу. Например, глюкозамин, галактозамин, в которых у 2-го углеродного атома вместо гидроксильной содержится аминогруппа.

В природе аminosахара встречаются обычно в составе полисахаридов (хитин), гликопротеинов, гликозидов. Они обладают сильно выраженными основными свойствами и могут образовывать соли. В растениях глюкозамин и другие аminosахариды находятся в основном в виде N-ацетильных производных, т. е. в аминогруппе один водород замещен ацетильным остатком.

Некоторые производные моносахаридов

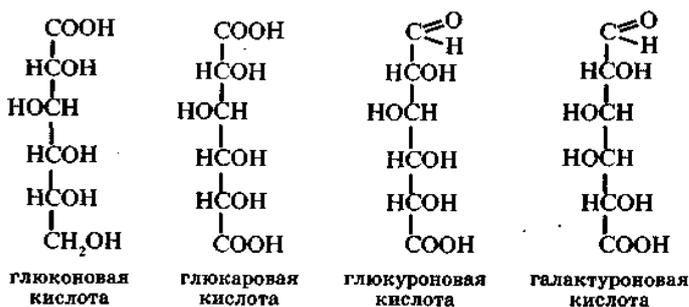
К ним относятся кислоты и многоатомные спирты, которые образуются из моносахаридов, имеют некоторые общие с ними свойства и участвуют в их метаболизме.

Кислоты образуются при окислении моносахаридов. В зависимости от того, какая группа в молекуле сахара окисляется, образуются кислоты трех типов:

1. При окислении альдегидной группы до карбоксильной получают **альдоновые кислоты**: из глюкозы — глюконовая, из галактозы — галактоновая, из рибозы — рибоновая и т. д.

2. При одновременном окислении альдегидной и первичной спиртовой групп образуются дикарбоновые кислоты, которые называются альдаровыми: из глюкозы — глюкоаровая, из галактозы — галактаровая и т. д.

3. При окислении только первичной спиртовой группы получают альдокислоты — **уроновые кислоты**: из глюкозы — глюкуроновая, из галактозы — галактуроновая, из маннозы — маннуроновая и т. д.



некоторых полисахаридов (гемицеллюлозы, гумми, слизи), гликопротеинов, гликозидов.

Многоатомные спирты образуются в растениях путем восстановления моносахаридов, их альдо- или кетогрупп. Наиболее распространены в растениях сорбит, маннит, дульцит (галактит).

Сорбит образуется при восстановлении глюкозы и фруктозы. Он широко распространен в растениях. Много его в плодах — фруктах и ягодах (яблоки, груши, сливы, вишни, абрикосы, персики). Особенно много сорбита в плодах рябины — до 7%, откуда он и был впервые выделен.

Маннит получается при восстановлении маннозы или фруктозы. Его много в овощах и плодах (морковь, лук, оливки, ананасы), в грибах (до 11%), в водорослях (5-20%). Обычно маннит получают из морской капусты (бурая водоросль). Часто он выделяется на коре некоторых деревьев в виде «манны» (оливковое дерево, некоторые виды ясеня, тамариска).

Дульцит (галактит) образуется при восстановлении галактозы. Он содержится во многих растениях и в выделениях на коре и листьях некоторых деревьев. Например, «мадагаскарская манна» представляет собой почти чистый дульцит.

1.4. ПОЛИСАХАРИДЫ

Олигосахариды

Олигосахариды — это обычно белые кристаллические вещества. Они хорошо растворяются в воде и имеют более или менее сладкий вкус. Они находятся в растениях в свободном состоянии, в составе высших полисахаридов, гликозидов, гликопротеинов. В их молекулы входят от двух до десяти остатков моносахаридов, но чаще встречаются сахара, содержащие 2-5 остатков. По числу остатков олигосахариды делят на ди-, три-, тетра-, пентасахариды и т. д.

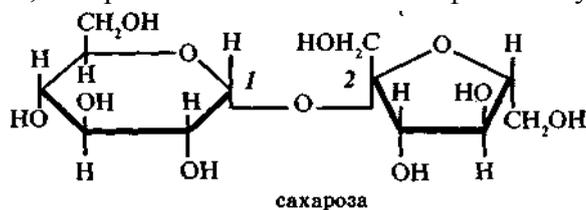
Дисахариды. Это самая большая и распространенная группа олигосахаридов. Их молекулы состоят из двух остатков гексоз, из двух пентоз или из гексозы и пентозы. Чаще встречаются две гексозы.

Дисахариды построены по типу гликозидов, т. е. соединение двух молекул моносахаридов происходит за счет гликозидного гидроксила одного моносахарида и одного из гидроксильных другого.

Разные сахара могут быть построены из одинаковых остатков. При этом различия в свойствах таких дисахаридов обуславливаются, во-первых, тем, что в их состав входят разные изомеры моносахарида, во-вторых, различными связями между остатками.

Дисахариды делят на 2 группы: восстанавливающие и невосстанавливающие. Восстанавливающие дисахариды имеют свободный гликозидный гидроксил, т. к. связь между остатками моносахаридов осуществляется за счет одного гликозидного, а другого обычного гидроксильного. У невосстанавливающих дисахаридов в связи заняты оба гликозидных гидроксильных. Из перечисленных выше дисахаридов невосстанавливающими являются сахароза и трегалоза, остальные — восстанавливающие. Восстанавливающие дисахариды, как и все моносахариды, восстанавливают фелингову жидкость, могут существовать в виде стереоизомеров, а значит, проявлять в растворе мутаротацию.

Сахароза (свекловичный, или тростниковый сахар) — наиболее распространенный и важный растительный дисахарид. Молекула сахарозы состоит из остатков α -глюкозы и β -фруктозы, связанных ($\alpha 1 - \beta 2$)-связью. Поскольку в связи участвуют 2 гликозидных гидроксильных, сахароза не восстанавливает фелингову жидкость.



Сахароза хорошо сбраживается дрожжами и усваивается человеческим организмом. Угол удельного вращения раствора сахарозы $+66,5^\circ$. В небольших количествах сахароза содержится во всех тканях растений. Она является основным транспортным сахаром и движется по ситовидным трубкам флоэмы. Кроме того, сахароза может накапливаться в клеточном соке в плодах, корнях, клубнях в качестве запасного углевода. Больше всего сахарозы содержится в корнеплодах сахарной свеклы (14-20%) и в соке стеблей сахарного тростника (14-25%).

Сахароза имеет наибольшее практическое значение среди других сахаров, т. к. она является основным сахаром, который используется человеком в пищу. Сахарозу получают из сахарного тростника (65% мировой потребности) и из сахарной свеклы (30-35%).

Источником сахара в тропиках для местного населения служат пальмы — кокосовая, сахарная и винная. Перед цветением у пальм подрезают главную ось соцветия и собирают вытекающий сок. Его выпаривают и получают коричневый сахар. Сок также сбраживают в вино.

Сахарная кукуруза и сахарное сорго в стеблях содержат 10-12% сахарозы. Использовать эти растения для получения сахара невыгодно, но из них готовят сладкий сироп, который используют в кондитерской промышленности.

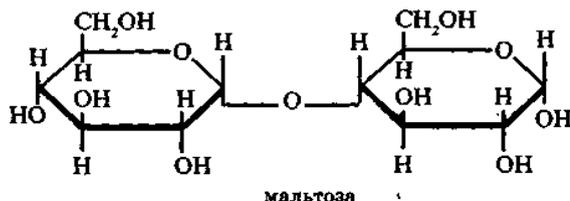
В Северной Америке растет сахарный клен. Весной из подрезанного стебля получают сладкий сок, содержащий около 4% сахара. Сок упаривают до сиропа, напоминающего мед, который применяют как общеукрепляющее средство.

Очищенная сахароза отрицательно действует на кровеносные сосуды, вызывая их склероз, поэтому не рекомендуется употреблять больше двух столовых ложек сахара в день. Желтый и коричневый сахар гораздо менее вреден, действие сахарозы в нем смягчают примеси.

Сахароза легко гидролизуется при нагревании с кислотами или под действием фермента сахаразы, образуя смесь равных количеств глюкозы и фруктозы. Эту смесь называют инвертным сахаром, т. к. в результате гидролиза правое вращение раствора меняется на левое. Угол удельного вращения раствора сахарозы $+66,5^\circ$, а образовавшихся

глюкозы и фруктозы соответственно $+52,5^\circ$ и $-92,4^\circ$. Отсюда угол удельного вращения смеси будет отрицательным, равным $-39,9^\circ$. Кроме того, инвертный сахар более сладкий (на 30%), чем сахароза, поэтому в кондитерской промышленности часто используют вместо сахарозы инвертный сахар.

Мальтоза (солодовый сахар) состоит из двух остатков глюкозы, связь- $(\alpha 1 \rightarrow 4)$, солодовый сахар, 4-O- α -D-глюкопиранозил-D-глюкоза, природный дисахарид, состоящий из двух остатков глюкозы; содержится в больших количествах в проросших зёрнах (солоде) ячменя, ржи и других зерновых; обнаружен также в томатах, в пыльце и нектаре ряда растений. Она содержится в солоде — проросшем зерне. Мальтоза имеет свободный гликозидный гидроксил, а, значит, восстанавливает фелингову жидкость. Она сбраживается дрожжами.



Мальтоза является восстанавливающим сахаром, так как имеет незамещённую полуацетальную гидроксильную группу.

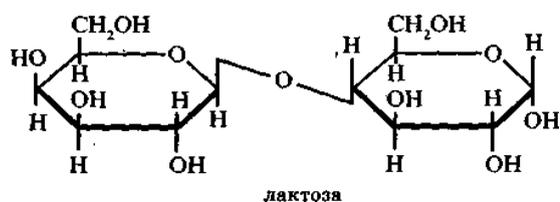
При кипячении мальтозы с разбавленной кислотой и при действии фермента мальтоза гидролизуется (образуются две молекулы глюкозы $C_6H_{12}O_6$). В животном и растительном организме мальтоза образуется при ферментативном расщеплении крахмала и гликогена. Мальтоза легко растворима в воде и не растворяется в этиловом спирте и эфире.

Мальтоза легко усваивается организмом человека. Расщепление мальтозы до двух остатков глюкозы происходит в результате действия фермента α -глюкозидазы, или мальтазы, которая содержится в пищеварительных соках животных и человека, в проросшем зерне, в плесневых грибах и дрожжах. Генетически обусловленное отсутствие этого фермента в слизистой оболочке кишечника человека приводит к врождённой непереносимости мальтозы — тяжёлому заболеванию, требующему исключения из рациона мальтозы, крахмала и гликогена или добавления к пище фермента мальтазы. Такой сахар менее сладок, чем глюкоза, сахароза и фруктоза. Считается более полезной для здоровья, так как не оказывает негативного влияния на кости и зубы.

Целлобиоза — это основная структурная единица целлюлозы. В свободном виде она встречается в пасоке некоторых деревьев. Если целлобиоза в растениях обнаруживается редко и в небольших количествах, то гидролизующий ее фермент целлобиаза распространен достаточно широко. Очевидно, целлобиоза очень быстро расщепляется и поэтому уловить ее в тканях растений трудно. Молекула целлобиозы состоит из двух остатков глюкозы, связанных ($\beta 1 \rightarrow 4$)-связью. При этом один остаток перевернут на 180° . Целлобиоза — восстанавливающий сахар. Она не сбраживается дрожжами и не усваивается животным организмом.

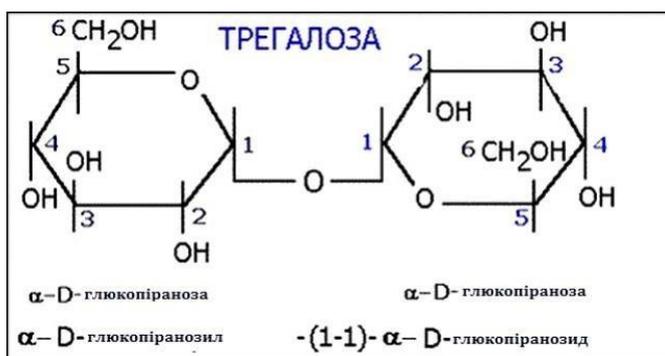
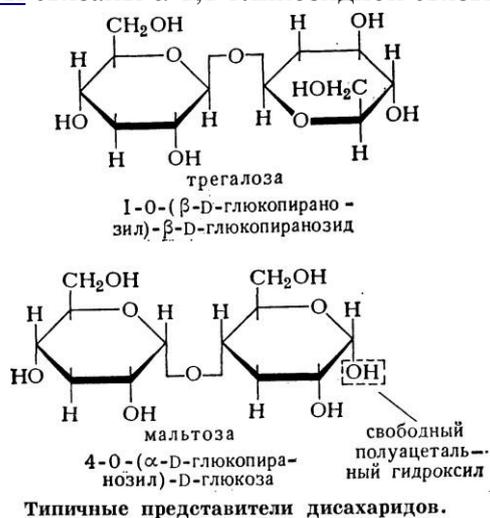
Лактоза (молочный сахар). Молочным сахаром лактозу называют потому, что она содержится в молоке млекопитающих (4-5%). При этом молоко не обладает сладким вкусом, т. к. лактоза в 6 раз менее сладкая, чем сахароза. В растениях лактоза чаще находится в связанном состоянии (гликозиды, гликопротеины).

Молекула лактозы состоит из β -галактозы и глюкозы. Это восстанавливающий сахар, сбраживается дрожжами.



На сыродельных заводах из сыворотки, которая является отходом производства, получают лактозу. Ее используют для приготовления питательных микробиологических сред, в фармацевтической промышленности в качестве наполнителя при изготовлении порошков и таблеток. В Норвегии из сыворотки, богатой лактозой, готовят сыр брюност. Он коричневого цвета потому, что при длительном кипячении сыворотки происходит карамелизация лактозы.

Трегалоза или **микоба** (грибной сахар) — органическое соединение, углевод из группы невосстанавливающих дисахаридов. В природной трегалозе 2 остатка D-глюкозы связаны α -1,1-гликозидной связью.



Представляет собой белое кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде, не имеет запаха, сладковатая на вкус (сладость трегалозы составляет примерно 45% от сладости сахарозы). По своему строению трегалоза — невосстанавливающий дисахарид т.е. не имеет полуацетального гидроксила^[1]. Благодаря α (1→1)-связи, трегалоза в растворе имеет высокую температуру плавления — 203° С, устойчива к кислотному гидролизу при высоких температурах и в сильноокислой среде. Не реагирует с фелинговой жидкостью. При гидролизе образует только глюкозу. Фермент гидролизующий трегалозу называется трегалазой. Трегалоза, как и тростниковый сахар, принадлежит к числу дисахаридов, не восстанавливающих фелингову жидкость и устойчивых по отношению к щелочам.

Трегалоза впервые была выделена из спорыньи; содержится также в водорослях, дрожжах, высших грибах, лишайниках, в некоторых высших растениях, гемелимфе ряда червей и насекомых. Богатым источником трегалозы служит выделяющийся в результате укула насекомых экссудат ясень (*Trehala manna*).

Трисахариды.

Рафиноза — наиболее распространенный в растении трисахарид. Молекула рафинозы состоит из остатков α -галактозы, α -глюкозы и β -фруктозы.

Иными словами, в молекуле рафинозы галактоза связана с остатком сахарозы. Рафиноза — невосстанавливающий сахар, т. к. гликозидные гидроксилы всех трех моносахаридов заняты в связях.

Рафиноза — второй по значению транспортный сахар во флоэме растений. Она встречается в семенах (хлопчатник), в «манне» на коре деревьев (эвкалипт). Много рафинозы в корнеплодах сахарной свеклы — до 1% от количества сахарозы. При хранении корнеплодов содержание в них рафинозы возрастает. При производстве сахара рафиноза накапливается в мелассе, откуда ее и получают.

Сладость сахаров

Сладкий вкус — один из важнейших признаков сахаров и их производных. Причем они различаются по степени сладости. Составлены таблицы сладости сахаров и их производных. При этом стандартом для сравнения является сахароза, сладость которой принята за **100** единиц. Ниже приводятся показатели сладости некоторых сахаров и их производных

сахароза	— 100	ксилоза	40
фруктоза	— 173	мальтоза	32
инвертный сахар	— 130	рамноза	32
глюкоза	— 74	галактоза	— 32
сорбит	— 48	рафиноза	— 23
глицерин	— 48	лактоза	16

Следует сказать, что сладкий вкус — не абсолютный признак сахаров. Существует ряд соединений, которые не имеют ничего общего с сахарами по химической природе, но в то же время обладают сладким вкусом. Например, D-аминокислоты, соли свинца.

Существуют природные вещества и химические соединения, обладающие сильным сладким вкусом.

Некоторые из них не вредны для человеческого организма и используются как заменители сахара в кондитерской промышленности, при изготовлении напитков и фруктовых вод, при лечении диабета. Обычно сладкий вкус таких веществ во много раз превышает сладость сахарозы.

Сахарин — это имин сульфобензойной кислоты, но чаще используется кристаллогидрат его натриевой соли, который по аналогии с сахарами называют кристаллозой.

Сахарин в 400-500 раз слаще сахарозы и не усваивается человеческим организмом, он используется в качестве заменителя сахара для придания сладкого вкуса без увеличения калорийности пищи, а также в тех случаях, когда употребление сахара недопустимо, например, при диабете.

В растениях встречаются вещества неуглеводной природы, сладость которых чрезвычайно велика. Примером может служить гликозид стевииозид, или, по аналогии с сахаром, его называют стевиейозой. Он содержится в листьях южноамериканского травянистого растения стевии. Он в 300 раз слаще сахарозы и используется как ее заменитель.

Другой гликозид — глицирризиновая кислота в 100 раз слаще сахарозы. Он содержится в корнях тропической лианы хекверити. Корень этой лианы называют «индийской лакрицей».

Высшие полисахариды

Высшие полисахариды — высокомолекулярные вещества, молекулы которых содержат от нескольких десятков до многих тысяч остатков моносахаридов. Изучение этих полисахаридов осложняется трудностями их очистки и получения в чистом виде, поскольку в клетке они обычно связаны с другими углеводами, белками, минеральными веществами. При изучении высших полисахаридов используют метод введения в их молекулы различных радикалов ($-\text{CH}_3$, $-\text{COCH}_3$), что позволяет легче очистить полученный препарат, изучить его строение и связи между остатками моносахаридов. Используют также метод мягкого кислотного или ферментативного гидролиза полисахаридов, что позволяет установить состав их мономеров.

Высшие полисахариды делят на 2 группы — гомо- и гетерополисахариды. Молекулы гомополисахаридов построены из остатков одного сахара. Из остатков глюкозы состоят крахмал, целлюлоза, гликоген, каллоза, лихенин, из остатков фруктозы — инулин, леван. В состав молекул гетерополисахаридов входят остатки различных моносахаридов и их производных — гемицеллюлозы, гумми, слизи.

Молекулы высших полисахаридов могут быть как линейными, так и разветвленными. Все полисахариды этой группы не обладают восстанавливающими свойствами, т.к. в связях между остатками сахаров участвуют гликозидные гидроксилы.

Крахмал — главный запасный полисахарид растений, который откладывается в клетках запасяющих органов в виде крахмальных зерен (семена, плоды, корни, клубни, корневища, стебли). Особенно много крахмала в семенах риса (60-80%), кукурузы (65-75%), пшеницы (60-70%), меньше в клубнях картофеля (12-22%).

Крахмальные зерна не растворяются в воде, а только набухают. Если взвесить крахмальных зерен в воде постепенно нагревать, то может быть достигнута температура, при которой крахмал образует очень вязкий коллоидный раствор, называемый крахмальным клейстером. Температура клейстеризации различна для крахмала разных растений. Крахмал картофеля клейстеризуется при температуре $55-65^\circ$, кукурузы — при $64-71^\circ$, пшеницы — при $60-80^\circ$, риса — при $70-80^\circ$.

Очень характерным свойством крахмала является его способность окрашиваться в синий цвет при добавлении раствора йода в йодистом калии.

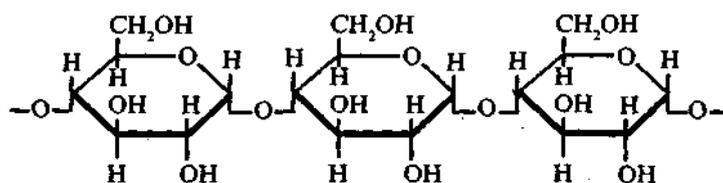
Крахмал на 96-98% состоит из углеводов. Остальное составляют примеси — минеральные вещества и жирные кислоты.

Углеводная часть крахмала представлена двумя полисахаридами — амилозой и амилопектином.

Амилоза представляет собой длинную неразветвленную цепочку из остатков α -глюкозы, соединенных ($\alpha 1 \rightarrow 4$)-связями. Цепочки амилозы образуют спираль, каждый виток которой состоит из 6 остатков глюкозы. В молекуле амилозы обычно содержатся несколько параллельно расположенных спиралей.

Молекулярная масса амилозы от 100 000 до 1 000 000.

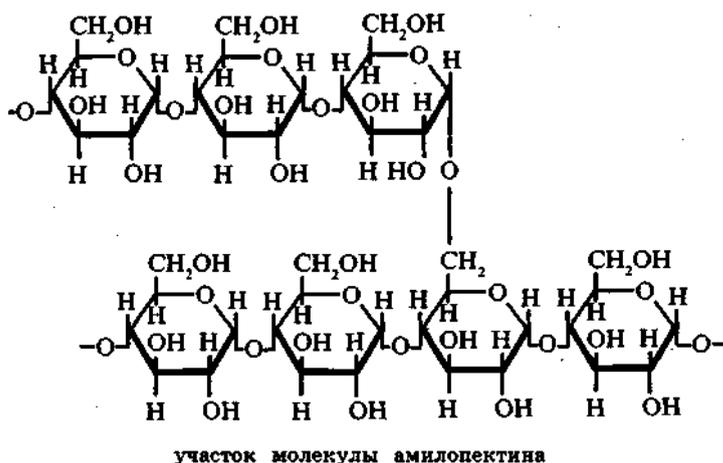
При обработке амилозы раствором йода его молекулы встраиваются в витки



участок молекулы амилозы

спирали, образуя комплексное химическое соединение с полисахаридом, которое имеет синюю окраску.

Амилопектин построен из остатков α -глюкозы, соединенных ($\alpha 1 \rightarrow 4$) и ($\alpha 1 \rightarrow 6$)-связями, т.е. молекула амилопектина имеет разветвленную структуру. Точки ветвления встречаются через 25-30 глюкозных остатков.



Внешние цепи амилопектина, если они имеют более шести остатков глюкозы, могут образовывать витки спирали. Молекулярная масса амилопектина выше, чем амилозы, от одного до нескольких миллионов.

Амилопектин с йодом дает красно-фиолетовое окрашивание, которое является результатом адсорбции молекул йода на полисахариде без образования химических связей.

Как правило, крахмал содержит 10-30% амилозы и 70-90% амилопектина. Однако это соотношение может изменяться в зависимости от вида или сорта растения, а также от органа, из которого получен крахмал. Так, в крахмале из клубней картофеля содержится 22% амилозы, а из молодых побегов — 46%. Крахмал из восковидных сортов кукурузы, риса, ячменя состоит почти полностью из амилопектина и окрашивается йодом в красно-коричневый цвет. В то же время крахмал некоторых сортов кукурузы, гороха и ряда видов лилейных содержит больше амилозы — 50-70-80%. Крахмал яблок состоит только из амилозы.

При кипячении с кислотами крахмал гидролизуеться до глюкозы. При более слабом воздействии — 7,5% HCl при комнатной температуре в течение 7 дней — образуется так называемый «растворимый крахмал», часто применяемый в лабораториях.

Крахмал находит широкое практическое применение.

Крахмал составляет большую часть пищи человека (хлеб, крупы, овощи, фрукты, кондитерские изделия) и кормов сельскохозяйственных животных.

Он используется во многих отраслях пищевой промышленности. Из него получают глюкозу, спирт, клей, пластмассы. Его используют в текстильной промышленности.

Гликоген (животный крахмал) содержится в тканях животных, в грибах, в ряде растений (зерно сахарной кукурузы). В дрожжах гликогена до 40%. По составу и структуре молекул он близок к амилопектину, но отличается от него большей разветвленностью и компактностью молекулы, так как точки ветвления у гликогена располагаются через 10-18 остатков глюкозы. Его молекулярная масса также выше, чем у амилопектина. Гликоген растворяется в горячей воде, образуя опалесцирующий коллоидный раствор.

Гликоген играет важную роль в углеводном обмене животных, грибов, дрожжей при спиртовом брожении.

Фруктозаны — полимерные соединения, состоящие из остатков D-фруктозы. Существует 2 типа фруктозанов — *инулиноподобные* и *леваноподобные*. Они растворимы в воде и содержатся в клеточном соке вакуолей. Оба эти фруктозана в начале молекулы имеют остаток сахарозы.

Инулиноподобные фруктозаны запасаются в корневищах, корнях, клубнях растений из семейства сложноцветных, колокольчиковых (топинамбур, георгины, цикорий, артишоки, одуванчик). Главным фруктозаном этой группы является инулин, содержащий

30-35 остатков фруктозы. Инулин часто сопровождается более низкомолекулярными фруктозанами. Они образуют гомологический ряд, в начале которого находится дисахарид из двух остатков фруктозы — β -левулин, а в конце — инулин. Из инулина путем кислотного гидролиза получают фруктозу.

Леваноподобные фруктозаны характерны для однодольных, в том числе для растений из семейства лилейных и злаковых.

Если крахмал, гликоген, инулин — это запасные полисахариды, то далее будет рассмотрена группа полисахаридов, выполняющих в растении структурную функцию, — компонентов клеточной оболочки. Это целлюлоза, гемицеллюлозы и пектины.

Целлюлоза (клетчатка) — высший полисахарид, который является основным компонентом клеточной оболочки, образующим ее каркас.

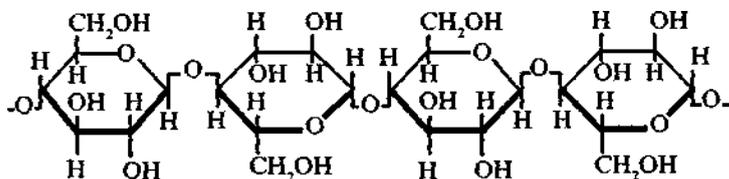
В растениях клетчатка всегда связана с другими веществами — гемицеллюлозами, лигнином, пектином, липидами, смолами и т. д. Для отделения этих веществ от клетчатки исходное вещество обрабатывают смесью NaHSO_3 и H_2SO_3 . При этом сопутствующие вещества переходят в раствор, и остается чистая целлюлоза — белое волокнистое вещество.

Основными источниками получения целлюлозы являются волокно хлопчатника, лубяные волокна прядильных растений (льна, конопли, джута, рами), а также солома и древесина. Хлопковое волокно содержит 95-98% клетчатки, лен — 80-90%, древесина — 40-50%.

Целлюлоза нерастворима в воде, в ней она только набухает. Она является очень стойким веществом: не изменяется под действием слабых кислот и щелочей даже при кипячении, не растворяется в большинстве обычных растворителей. Клетчатка растворяется только в реактиве Швейцера — растворе комплексного соединения, которое образуется при растворении гидроксида меди в аммиаке — $[\text{Cu}(\text{NH}_3)]^*(\text{OH})_2$. Из этого раствора клетчатка выпадает в осадок при подкислении.

Гидролизует клетчатку до глюкозы при кипячении с концентрированной HCl или H_2SO_4 .

Молекула целлюлозы состоит из остатков β -глюкозы, соединенных ($\beta 1 \rightarrow 4$)-связями. Причем каждый второй остаток глюкозы повернут относительно предыдущего на 180° . Это способствует образованию водородной связи между гидроксильной группой при C-3 одного глюкозного остатка и кислородом пиранозного кольца соседнего. Это препятствует вращению расположенных рядом глюкозных остатков вокруг связывающих их гликозидных связей и делает невозможным образование спирали, подобной амилозе. В результате получается жесткая линейная структура, в которой все пиранозные кольца располагаются в одной плоскости. Целлюлоза представляет собой смесь гомологичных молекул с молекулярной массой от нескольких сотен тысяч до нескольких миллионов.



участок молекулы целлюлозы

В клеточных стенках молекулы целлюлозы собраны в пучки — микрофибриллы, в которых они расположены параллельно друг другу и связаны водородными связями. На поперечном разрезе микрофибрилла имеет овальную форму.

В центре микрофибриллы молекулы (их примерно 50) составляют так называемое «ядро». В нем молекулы расположены упорядоченно, образуя кристаллическую решетку. Вокруг «ядра» примерно 100 молекул также расположены параллельно, но не столь упорядоченно. Это паракристаллическая область. В ней находится некоторое количество молекул матрикса оболочки, чаще гемицеллюлоз. Причем содержание их увеличивается

от «ядра» к периферии паракристаллической зоны. В эту зону могут проникать и молекулы воды.

Немногие молекулы целлюлозы проходят по всей длине микрофибриллы. Поэтому в микрофибрилле есть участки, где одни молекулы заканчиваются, а другие начинаются. В этих местах нарушается кристаллическая решетка.

Целлюлоза находит самое широкое применение. Ее используют в целлюлозно-бумажной промышленности. В текстильной промышленности из нее изготавливают хлопчатобумажные и льняные ткани. Целлюлозу растворяют в медноаммиачном растворе, а затем раствор продавливают сквозь сито в кислую среду; где она выпадает в осадок в виде тончайших нитей. Из них получают вискозу.

В молекулы целлюлозы вводят различные радикалы и получают метил-, ацетил- или нитроцеллюлозу, которые служат сырьем для многих отраслей химической промышленности. Из них изготавливают искусственные волокна и ткани, кожу, пластмассы, краски, лаки, взрывчатые вещества и т. д.

Целлюлозу начали использовать для изготовления целлюлозобетона, который получают смешиванием цемента с волокнистым растительным сырьем — рисовой соломой, бамбуком, сезалем, кокосовыми волокнами, коноплей, джутом. Из смеси готовят панели, которые обладают всеми качествами железобетона, но дешевле, легче и удобней для строительства жилых домов.

Гемицеллюлозы (полуклетчатка) — это группа высших полисахаридов, которые наряду с целлюлозой входят в состав клеточных оболочек, образуя их матрикс, и могут в семенах частично использоваться в качестве запасных питательных веществ. Много гемицеллюлоз в семенах, в соломе, древесине, кукурузных кочерыжках, отрубях.

Гемицеллюлозы нерастворимы в воде, но растворяются в щелочах и гидролизуются кислотами легче, чем клетчатка. При кислотном гидролизе гемицеллюлоз образуются глюкоза, галактоза, манноза, ксилоза, L-арабиноза и уроновые кислоты. Молекулярная масса гемицеллюлоз — несколько десятков тысяч. Они являются компонентами матрикса клеточной оболочки.

Гемицеллюлозы делят на 3 группы, каждая из которых различается по составу и структуре полисахарида. Группы получили название по доминирующему в них моносахариду: маннаны, галактаны, ксиланы. Все они гетерополисахариды.

Пектины — компоненты матрикса первичных клеточных оболочек. Обычно они также являются межклеточным веществом, образуют срединную пластинку, которая склеивает стенки соседних клеток. Содержание пектинов в клеточной оболочке обычно невелико — менее 5%.

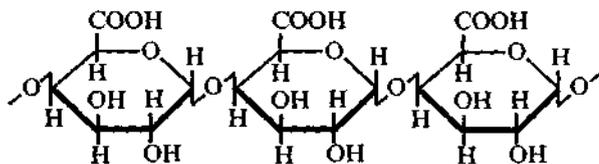
Содержание пектинов в %:

яблоки	0,82-1,29
абрикосы	1,03
сливы	0,96-1,14
черная смородина	1,52
морковь	2,5
сахарная свекла	2,5

Характерным свойством пектинов является их способность образовывать гели при низкой концентрации. Поэтому их используют в пищевой промышленности в качестве желеобразующих агентов при изготовлении фруктовых желе, мармелада, пастилы, джемов, фруктовых карамельных начинок и в домашних условиях при варке варенья и повидла. Для образования пектинового желе необходимы определенные условия: 65-70% сахара (сахарозы или гексозы), рН 3,1-3,5 и от 0,2 до 1,5% пектина.

В стеблях льна, как и у некоторых других прядильных растений, лубяные волокна склеены пектинами. Для их разделения пектин необходимо разрушить, что достигается в процессе мочки. На растениях при этом развиваются бактерии, которые выделяют ферменты, расщепляющие пектины.

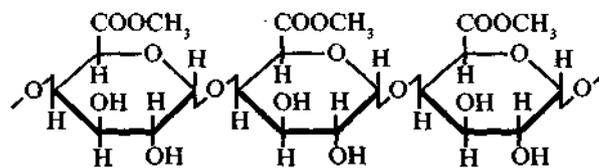
В основе структуры молекул пектиновых веществ лежит пектиновая кислота. Она состоит из остатков галактуроновой кислоты, соединенных ($\alpha 1 \rightarrow 4$)-связями.



участок молекулы пектиновой кислоты

Пектиновая кислота может содержаться в клеточных стенках в свободном состоянии или в виде солей и сложных эфиров. В свободном состоянии пектиновая кислота желеобразующими свойствами не обладает. Соли пектиновой кислоты чаще всего являются пектатами Ca и Mg. Причем связи карбоксильных групп с металлами могут образовываться в одной молекуле и в двух рядом расположенных молекулах. Тогда связываются две цепи пектиновых кислот.

Карбоксильные группы в пектиновой кислоте легко образуют эфиры с метиловым спиртом. Метилированная пектиновая кислота называется растворимым пектином. Именно растворимый пектин и обладает желеобразующими свойствами. Его получают в больших количествах и используют в кондитерской промышленности. При получении растворимого пектина избегают щелочной среды, которая может вызвать омыление эфиров, а также подавляют активность фермента пектиназы, расщепляющего эфирные связи, т. к. и то, и другое может привести к потере желеобразующих свойств.



участок молекулы растворимого пектина

Среди пектиновых веществ есть также рамногалактуроны — пектины, содержащие L-рамнозу.

Камеди (гумми) и слизи. Это полисахариды, растворимые в воде и образующие очень вязкие коллоидные растворы.

Камеди (гумми), например, выделяются на ветвях и стволах вишневых, сливовых, абрикосовых деревьев при их повреждении, образуя так называемый клей. Слизь содержится в большом количестве в семенах ряда растений (льна, ржи, клевера, люпина, люцерны и др.).

Строение этих высших полисахаридов еще не установлено. Известно, что при гидролизе они образуют глюкозу, галактозу, маннозу, ксилозу, арабинозу и уроновые кислоты. Причем состав разных камедей и слизей значительно различается. Так, полисахариды вишневого клея состоят из остатков галактозы, маннозы, арабинозы, глюкуроновой кислоты и незначительного количества ксилозы. Слизь ржаного зерна почти на 90% состоит из ксилозы и арабинозы и очень небольшого количества галактозы.

Именно наличием слизей объясняется высокая вязкость отвара из льняных семян и водной болтушки ржаной муки, которые используются в медицине как кровоостанавливающие и вяжущие средства.

Каллоза — полисахарид, содержащийся в ситовидных трубках флоэмы. Он откладывается на ситовидных пластинках и в перфорациях, превращая последние в узкие каналы. К осени каналы полностью закупориваются и образуется наплыв каллозы — каллюс. Если ситовидные трубки данного растения функционируют не один, а два-три сезона, весной каллюс растворяется.

Каллоза откладывается в стенках клеток развивающегося семени и пыльцевых зерен, когда идет формирование генеративных ядер (яйцеклетка, генеративная клетка пыльцевого зерна). При этом каллоза выполняет защитную и изолирующую функции до завершения формирования генеративной клетки, а затем полисахарид гидролизуется и исчезает. Откладывается каллоза и в оболочке пыльцевого зерна, которое попало на рыльце несовместимого с ним пестика. Каллоза изолирует пыльцу и делает невозможным ее прорастание. Она также образуется при заживлении поврежденных тканей.

Некоторые полисахариды водорослей

Речь пойдет лишь о полисахаридах, имеющих большое практическое значение.

Агар-агар — высокомолекулярный полисахарид, содержащийся в некоторых водорослях, в основном в красных. Агар состоит по крайней мере из двух полисахаридов — агарозы и агаропектина. Считают, что агароза состоит из галактозы. Совсем мало известно о строении агаропектина. Предполагают, что он состоит из цепочек галактозы. Некоторые галактозные остатки имеют сложноэфирные связи с остатками H_2SO_4 .

Агар-агар растворяется в воде при нагревании, а при последующем охлаждении образует гель. Этот полисахарид в качестве желирующего агента используется в кондитерской промышленности при изготовлении желе, пастилы, мармелада, джемов, в парфюмерной промышленности при изготовлении кремов, в хлебо-булочной — для предотвращения быстрого черствления изделий, в микробиологической и биотехнологической — для приготовления твердых питательных сред.

Альгиновая кислота — компонент клеточной стенки многих водорослей, особенно бурых. Она, по-видимому, является аналогом пектиновой кислоты, но содержание ее в клеточной оболочке выше — до 30%. Состоит альгиновая кислота из остатков маннуроновой и L-гулууроновой (уроно-вая кислота из глюкозамина) кислот. Альгиновая кислота и ее соли — альгинаты, особенно натриевая, находят широкое применение в качестве стабилизаторов эмульсий при изготовлении мороженого, лаков, красок.

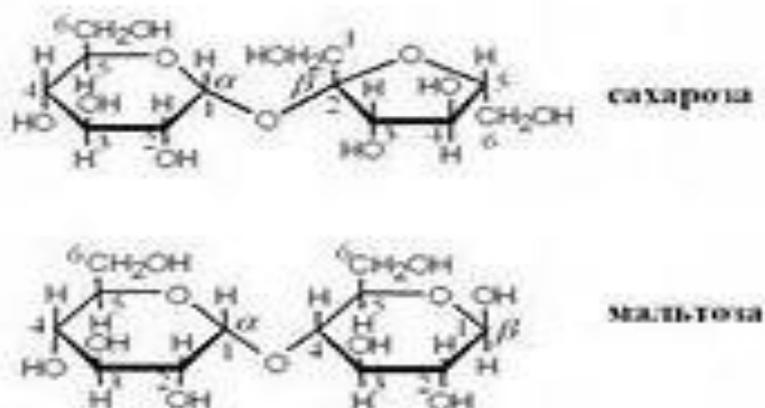
Хитин — главный полисахарид клеточных стенок большинства грибов и основной компонент панциря многих беспозвоночных. Молекулы хитина представляют собой длинные неразветвленные цепи, состоящие из остатков N-ацетилглюкозамина. Цепочки хитина, подобно целлюлозе, собраны в микрофибриллы, где они связаны водородными связями и имеют полукристаллическую структуру. Но молекулы хитина в микрофибрилле, в отличие от целлюлозы, антипараллельны.

ДИСАХАРИДЫ

Дисахариды - это сложные сахара, каждая молекула которых при гидролизе распадается на 2 молекулы моносахарида. Иногда они используются в качестве запасных питательных веществ.

Дисахариды имеют формулу $C_{12}H_{22}O_{11}$

Дисахариды



(рис. 7)

К дисахаридам относятся:

- сахароза (глюкоза + фруктоза),
- лактоза (глюкоза + галактоза),
- мальтоза (глюкоза + глюкоза),

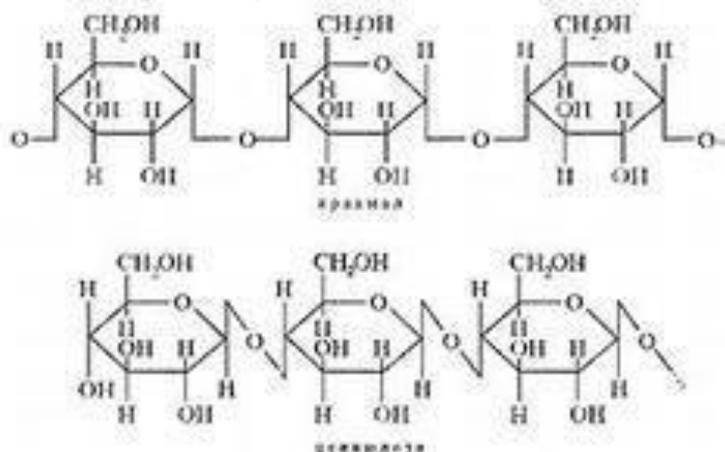
Важнейший из дисахаридов - сахароза - очень распространен в природе. Это химическое название обычного сахара, называемого тростниковым или свекловичным.

Из молока получают молочный сахар - лактозу. В молоке лактоза содержится в довольно значительном количестве.

Солодовый сахар - это промежуточный продукт при гидролизе крахмала. По другому его называют еще мальтоза, т.к. солодовый сахар получается из крахмала при действии солода

ПОЛИСАХАРИДЫ

Сложными углеводами (полисахаридами или полиозами) называют такие углеводы, которые способны гидролизоваться с образованием простых углеводов и у них число атомов углерода не равно числу атомов кислорода $C_mH_{2n}O_n$.



(рис. 9)

К полисахаридам относятся

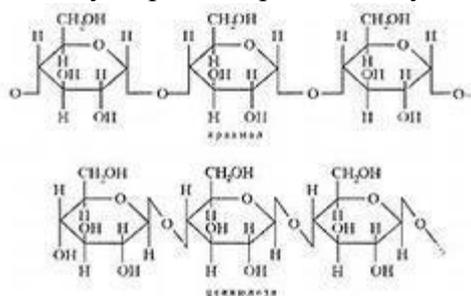
- $C_5H_8O_4)_n$ - пентозаны;
- $(C_6H_{10}O_5)_n$ - целлюлоза, крахмал, гликоген

Полисахариды состоят из моносахаридов. Большие размеры делают их молекулы практически нерастворимыми в воде; они не оказывают влияние на клетку и потому удобны в качестве запасных веществ. При необходимости они могут быть превращены обратно в сахара путём гидролиза.

Важнейшие из полисахаридов - это крахмал, гликоген (животный крахмал), целлюлоза (клетчатка).

ПОЛИСАХАРИДЫ

Сложными углеводами (полисахаридами или полиозами) называют такие углеводы, которые способны гидролизоваться с образованием простых углеводов и у них число атомов углерода не равно числу атомов кислорода $C_M H_{2n} O_n$.



(рис. 9)

К полисахаридам относятся

$C_5H_8O_4)_n$ - пентозаны;

$(C_6H_{10}O_5)_n$ - целлюлоза, крахмал, гликоген

Полисахариды состоят из моносахаридов. Большие размеры делают их молекулы практически нерастворимыми в воде; они не оказывают влияние на клетку и потому удобны в качестве запасных веществ. При необходимости они могут быть превращены обратно в сахара путём гидролиза.

Важнейшие из полисахаридов - это крахмал, гликоген (животный крахмал), целлюлоза (клетчатка).

Крахмал $(C_6H_{10}O_5)_n$ - это биополимер, состоящий из остатков глюкозы - первый видимый продукт фотосинтеза. При фотосинтезе крахмал образуется в растениях и откладывается в корнях, клубнях, семенах.

Крахмал - это белое вещество, состоящее из мельчайших зерен, напоминающих муку, поэтому его второе название «картофельная мука».

Целлюлоза $(C_6H_{10}O_5)_n$

Целлюлоза – это биополимер, состоящий из остатков глюкозы - ценный источник глюкозы, однако для её расщепления необходим фермент целлюлаза, сравнительно редко встречающийся в природе. Поэтому в пищу целлюлозу употребляют только некоторые животные (например, жвачные). Велико и промышленное значение целлюлозы – из этого вещества изготавливают хлопчатобумажные ткани и бумагу.

Хитин близок к целлюлозе; он встречается у некоторых форм грибов, а также как важный компонент наружного скелета некоторых животных

Лекция: Крахмал и его свойства. Модифицированные крахмалы.

Слово "**крахмал**" произошло от немецкого kraftmehl, что значит "крепкая мука". Этот белый мучнистый, безвкусный пылеобразный порошок больше всего напоминает муку, только, если его сжать пальцами, он характерно поскрипывает. Крахмал хорошо растворяется в холодной воде и не растворяется в спиртах.

КРАХМАЛ, главный резервный **полисахарид** растений; накапливается в виде зерен в **клетках** семян, луковиц, клубней, а также в листьях и стеблях. Крахмал бывает не только из картофеля, но и из кукурузы, риса, пшеницы, плодов маниоки, сои. Бесцветное аморфное вещество, не растворяется в холодной **воде**, **диэтиловом эфире**, **этанол**, в горячей **воде** образует клейстер при температуре. В зернах крахмала содержатся 98-99,5% **полисахаридов** и около 2% неуглеводных компонентов (в т.ч. **липиды**, **белки**, зольные элементы). Крахмал представляет собой смесь линейного (**амилозы**) и разветвленного (**амилопектина**) **полисахаридов**. **Амилоза** составляет примерно 20% крахмала (от греч. амилон–крахмал) и построена гл. обр. из остатков α -D-глюкопиранозы с 1:4 - связями. Остальное приходится на вторую фракцию, получившую название **амилопектина** (от

греч. пектос – студнеобразный). Такая терминология отражает некоторые свойства этих двух видов крахмала. Амилопектин с трудом растворяется в горячей воде, причём раствор получается вязкий (крахмальный клейстер) и при охлаждении застывает в студневидную массу. Амилоза же хорошо растворима в тёплой воде и не образует клейстера. Пользуясь этим обстоятельством, амилозу отделяют от амилопектина, многократно извлекая её тёплой водой. С этой же целью используют способность амилозы осаждаться под действием бутилового спирта при насыщении последним горячего раствора, содержащего смесь амилозы и амилопектина. В зависимости от вида растения молекулярная масса [амилозы](#) колеблется от 150 тыс. (рисовый, кукурузный крахмал) до 500 тыс. ([картофельный крахмал](#)). [Молекулы амилопектина](#) сильно разветвлены и состоят из фрагментов [амилозы](#) (ок. 20 моносахаридных остатков), связанных между собой α -1:6-связями.

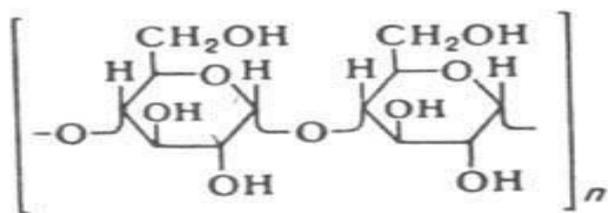
В структуре [амилопектина](#) различают центральную цепь с кол-вом звеньев более 60, несущую остаток [глюкозы](#) со свободной восстанавливающей группой, короткие цепи из 15-20 остатков (S-цепи), расположенные на периферии [молекулы](#) и внутри нее, и длинные (ок. 45 звеньев) L-цепи (см. рис.). По строению [амилопектин](#) близок к [гликогену](#). В [воде амилопектин](#), также как [амилоза](#), образует мицеллярные р-ры.

Лодкообразная конформация α -D - глюкопиранозных остатков в молекуле амилозы способствует спирализации полигликозидной цепи. При этом один виток спирали включает 6-7 остатков глюкозы. При длине каждого остатка глюкозы, равной 0,5 нм, возникает спираль диаметром 1 нм. Допускают, что молекулы амилозы, как и других линейных полисахаридов, могут на том или ином протяжении взаимодействовать друг с другом, образуя вторичные структуры биспирального типа с взаимно закрученными полисахаридными цепями.

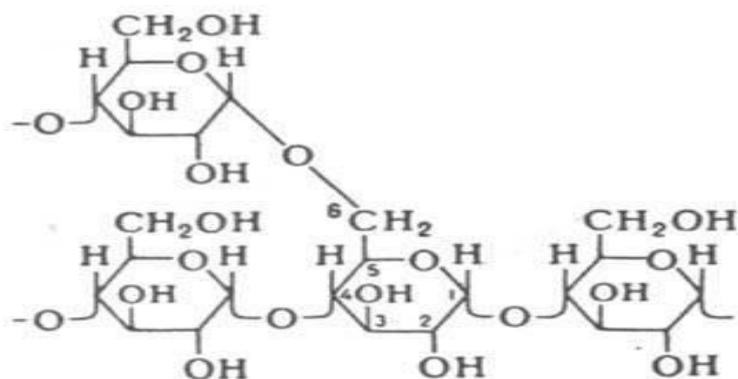
Амилопектин имеет сферические молекулы с радиусом вращения от 82 до 255 нм. Их сферическая форма обеспечивается тем, что молекула составлена из множества (несколько сотен) коротких полигликозидных цепочек, каждая из которых в среднем содержит 20 остатков α -D - глюкопиранозы. В пределах каждой короткой цепи глюкозные остатки соединены α -1,4 гликозидными связями. Друг с другом цепи соединяются посредством α -1,6 гликозидных связей.

Соотношение [амилозы](#) и [амилопектина](#) в крахмале зависит от вида растения и стадии его развития. В среднем крахмал содержит 15-25% [амилозы](#) и 75-86% [амилопектина](#); в результате [селекции](#) выделены [сорта](#) растений, крахмал которых обогащен одним из [полисахаридов](#).

В теплой [воде](#) зерна крахмала набухают и небольшая часть [полисахаридов](#) переходит в раствор. При определенных температурах, различных для крахмала разных растений, происходит **клейстеризация** крахмала, проявляющаяся в сильном разбухании крахмальных зерен, их разрыве и образовании более или менее однородного раствора - крахмального клейстера. Процесс клейстеризации заключается, по-видимому, в разрыве [водородных связей](#), соединяющих элементы структуры крахмальных зерен, сочетающемся с [набуханием](#). Температура клейстеризации [картофельного крахмала](#) 55-65, пшеничного 60-80, кукурузного 65-70, рисового 70-80 °С. Из клейстера и р-ров [амилозы](#) при длит. хранении выпадает [амилоза](#); этот процесс называется **ретроградацией**.



Амилоза



Участок молекулы амилопектина

Обе фракции крахмала дают окрашивание с йодом в растворе KI, однако амилоза окрашивается в чисто синий цвет, а амилопектин – в фиолетовый. Реакция крахмала с йодом не связана с химическим взаимодействием между ними, а состоит в образовании комплексов адсорбционного типа.

По хим. свойствам крахмал - типичный представитель [полисахаридов](#). В обычных условиях крахмал образует по [гидроксильным группам](#) простые или [сложные эфиры](#) и окисляется [солями](#) йодной к-ты. Действие нек-рых [реагентов](#), напр. [формальдегида](#), фосфорной к-ты и [эпихлоргидрина](#), приводит к производным крахмала, содержащим поперечные сшивки. С [йодом](#) и полярными орг. в-вами крахмал образует соед. включения ([клатраты](#)). Такие соединения с [йодом](#) окрашены в характерные цвета: синий ($\lambda_{\text{макс}}$ 620-680 нм) для [амилозы](#) и красный (фиолетовый) ($\lambda_{\text{макс}}$ 520-555 нм) для [амилопектина](#). [Молекулы амилозы](#) в этих комплексах образуют вокруг [молекулы йода](#) спираль, каждый виток которой содержит 6 остатков [глюкозы](#). При термической обработке сухого крахмала (t около 300 °С), γ -облучении, кислотном или ферментативном [гидролизе](#) получают продукты его частичного расщепления - различные [декстрины](#).

При кратковременном нагревании порошкообразного крахмала его гигантские молекулы распадаются, образуя смесь более простых полисахаридов меньшей молекулярной массы – [декстринов](#). **Декстринизация** - термическая деструкция крахмала. Декстринизация — это разрушение структуры крахмального зерна при сухом нагреве его выше 120°С с образованием растворимых в воде декстринов и некоторого количества продуктов глубокого распада углеводов (углекислого газа, окиси углерода и др.).

Декстрины имеют окраску от светло-желтой до темно-коричневой. Разные виды крахмала обладают различной устойчивостью к сухому нагреву. Так, при нагревании до 180°С разрушается до 90% зерен картофельного крахмала, до 14% — пшеничного, до 10% — кукурузного. Чем выше температура, тем большее количество крахмальных полисахаридов превращается в декстрины. В результате декстринизации снижается способность крахмала к набуханию в горячей воде и клейстеризации. Этим объясняется более густая консистенция соусов на белой пассеровке (температура пассерования муки 120°С) по сравнению с соусами на красной пассеровке (температура пассерования муки 150°С) при одном и том же расходе муки. В кулинарной практике декстринизация крахмала происходит не только при пассеровании

муки для соусов, но также при обжаривании гречневой крупы, подсушивании риса, вермишели, лапши перед варкой, в поверхностных слоях картофеля при жарке, в корочке изделий из теста и др.

Декстринизация крахмала при нагревании сопровождается повышением его растворимости в воде. Обработанный таким образом крахмал называют **растворимым**. Распад молекул крахмала до декстринов особенно интенсивно идёт при нагревании крахмального клейстера с 10% -ным раствором H_2SO_4 . При дальнейшей обработке молекулярная масса декстринов прогрессивно падает и конечным продуктом распада является D-глюкоза. Крупномолекулярные декстрины окрашиваются йодом в красный (фиолетовый) цвет, низкомолекулярные – окраски с йодом не дают. Таким образом, гидролиз крахмала происходит ступенчато.

ГИДРОЛИЗ КРАХМАЛА

Крахмальные полисахариды способны распадаться до молекул составляющих их сахаров. Процесс этот называется гидролизом, так как идет с присоединением воды. Различают ферментативный и кислотный гидролиз. Ферменты, расщепляющие крахмал, носят название амилаз.

Существуют два вида их: **α -амилаза**, которая вызывает частичный распад цепей крахмальных полисахаридов с образованием низкомолекулярных соединений — декстринов; при продолжительном гидролизе возможно образование мальтозы и глюкозы; **β -амилаза**, которая расщепляет крахмал до мальтозы. Продукты гидролиза, содержащие α -1,4 - глюкозидные связи, являются нормальными α -декстринами и состоят из 6-13 глюкозидных остатков. Остаточные декстрины, содержащие большое количество α -1,6-связей, обозначаются как аномальные конечные декстрины. Установлено, что α -1,6-связи не только не расщепляются α -амилазой, но и являются стерическим препятствием для гидролиза α -1,4-связей, находящихся в непосредственной близости к α -1,6-связям. Наименьшим предельным декстрином в конце гидролиза амилопектина амилазой слюны был найден тетрасахарид, солодовой амилазы – паноза, т. е устойчивым к расщеплению в первом случае были две α -1,4-глюкозидные связи, во втором – лишь одна.

Ферментативный гидролиз крахмала происходит при изготовлении дрожжевого теста и выпечке изделий из него, варке картофеля и др. В пшеничной муке обычно содержится β -амилаза; мальтоза, образующаяся под ее влиянием, является питательной средой для дрожжей. В муке из проросшего зерна преобладает α -амилаза, образующиеся под ее воздействием декстрины придают изделиям липкость, неприятный вкус.

Степень гидролиза крахмала под действием β -амилазы увеличивается с повышением температуры теста при замесе и в начальный период выпечки, с увеличением продолжительности замеса. Кроме того, она зависит от крупности помола муки и степени повреждения крахмальных зерен. Чем больше поврежденных зерен (чем тоньше помол муки), тем быстрее протекает гидролиз (или ферментативная деструкция) крахмала. В картофеле также содержится β -амилаза, превращающая крахмал в мальтозу. Мальтоза расходуется на дыхание клубней. При температуре, близкой к $0^\circ C$, дыхание замедляется, мальтоза накапливается, и картофель становится сладким (подмороженный картофель). При использовании подмороженный картофель рекомендуется выдержать некоторое время при комнатной температуре. В этом случае дыхание клубней усиливается, сладковатость их уменьшается. Активность β -амилазы возрастает интервале от 35 до $40^\circ C$, при температуре $65^\circ C$ фермент разрушается. Поэтому, если картофель перед варкой залить холодной водой, то пока клубни прогреются, значительная часть крахмала успеет превратиться в мальтозу, она перейдет в отвар и потери питательных веществ увеличатся. Если же картофель залить

кипящей водой, то β-амилаза инактивируется и потери питательных веществ будут меньше.

Схематически процесс расщепления крахмала под действием ферментов выглядит так:

крахмал → растворимый крахмал (амилоза) → олигосахариды (декстрины) → дисахарид (мальтоза = солод) → α-глюкоза.

Промежуточными продуктами распада являются декстрины (коллоидные вещества), отличающиеся от крахмала меньшим молекулярным весом и способностью растворяться в холодной воде. Все декстрины оптически активны. В процессе гидролиза синяя окраска под действием йода, характерная для растворимого крахмала, сначала становится сине-фиолетовой, затем вишнево-красной, характерной соответственно для амило- и эритродекстринов. При образовании ахро- и мальтодекстринов цвет йодного раствора от добавления гидролизата уже не изменяется.

Первая группа декстринов — амилодекстрины — имеет молекулярный вес 10 000 и вращает плоскость поляризации на угол + 195—196°.

Амилодекстрины с раствором йода дают синее окрашивание.

Эритродекстрины показывают угол вращения - Н194°, раствором йода окрашиваются в красно-бурый цвет. Молекулярный вес эритродекстринов 7000.

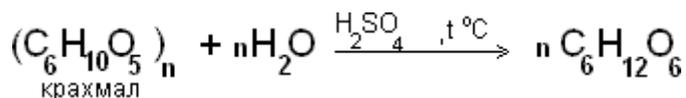
Ахродекстрины имеют угол вращения +120°, с раствором йода не дают окрашивания. Молекулярный вес ахродекстринов 3700.

Мальтодекстрины показывают угол вращения +181—183,5°, с раствором йода не дают окрашивания.

Восстанавливающая способность мальтодекстринов достигает 40—43% от восстанавливающей способности мальтозы.

Известны многочисленные **ферменты (амилазы)**, катализирующие **гидролиз** крахмала.

В промышленности крахмал путем гидролиза превращают в патоку и глюкозу. Для этого его нагревают с разбавленной серной кислотой, избыток которой затем нейтрализуют мелом.



Образовавшийся осадок сульфата кальция отфильтровывают, раствор упаривают и выделяют глюкозу. Если гидролиз крахмала не доводить до конца, то образуется смесь декстринов с глюкозой - патока, которую применяют в кондитерской промышленности. Получаемые с помощью крахмала декстрины используются в качестве клея, для загустения красок при нанесении рисунков на ткань.

Кислотный гидролиз крахмала может происходить при нагревании его в присутствии кислот и воды, при этом образуется глюкоза. Кислотный гидролиз имеет место при варке красных соусов, при варке киселей и длительном хранении их в горячем состоянии.

Течение процесса гидролиза крахмала в производственной практике обычно контролируют по окраске, получаемой от прибавления йода. Скорость кислотного гидролиза крахмала зависит в основном от температуры, вида кислоты и ее концентрации.

Способы получения крахмала

В зависимости от исходного сырья для получения вещества различают картофельный, кукурузный, рисовый, пшеничный, сорговый и другие виды крахмала. Все

они немного отличаются друг от друга свойствами и наличием в их составе дополнительных веществ.

При получении крахмала из зерен масса сырья размачивается и перетирается, что позволяет удалить зародыши из семян. Оставшийся эндосперм подвергают повторному измельчению, выделению (физическому или химическому) содержащихся в нём веществ, и сушке. В результате химический состав крахмала может содержать некоторое количество [минеральных компонентов](#) и [витаминов](#).

Аналогичную процедуру получения крахмала проводят для [картофеля](#), с той только разницей, что в этой операции процедура удаления зародышей заменяется на отвод картофельного сока и кожуры.

Чаще всего производство крахмала основано именно на переработке картофеля. При этом содержание его в составе картофельных клубней составляет не более 25%, в то время как в различных зерновых крахмала содержится от 65% до 80%. Картофель для получения крахмала предпочитают по той причине, что его измельчение не приводит к столь быстрому износу оборудования, как перетирание зерновых, и в целом процесс получения крахмала из него оказывается более простым.

Находящийся у всех на слуху модифицированный крахмал ни в коем случае не является ГМО. Крахмал — это не организм, у него нет генов, и модификация в нем происходит только на уровне сахаридной структуры. Никакого вреда изменение этой структуры для человека не имеет.

Реологические характеристики водных дисперсий нативных (природных) крахмалов

Нативные крахмалы при использовании в пищевых и технических целях, как правило, подвергаются термической обработке в присутствии воды. Характер происходящих при этом изменений структуры зерен крахмала является отличительным признаком вида крахмала и соответственно крахмалоноса. При повышении температуры водных крахмальных суспензий более 30 С происходит частичный разрыв водородных связей молекул в зерне крахмала, ведущий к изменению его микроструктуры. При этом резко возрастает гидратация амилозы и амилопектина и соответственно увеличиваются размеры зерен - происходит их так называемое "набухание". При повышении температуры амилоза частично диффундирует из аморфной части зерен и переходит в раствор, а амилопектин остается в основном в нерастворенном состоянии. При разрушении зерен происходит деструкция кристаллической части зерен, полисахариды переходят в раствор, и начинается процесс клейстеризации

Таблица 2.2 Реологические характеристики основных видов нативных крахмалов и содержание амилозы в них: концентрация всех суспензий - 5% СВ (картофельного крахмала - 4%); μ max - максимальная вязкость клейстера при нагревании суспензии до 95°C, μ min - минимальная вязкость крахмального клейстера при выдержке 30 мин. и 95°C

Источник крахмала (вид сырья)	Содержание амилозы, %	Темп-ра нач. клейстеризации, °С	Темп-ра максимальн. вязкости, °С	μ max ед. приб. Брабенд.	μ min ед. приб. Брабенд.	μ max/ μ min
Картофель	21	60	65	880	380	2,3
Кукуруза	28	70	77	150	112	1,3
Кукуруза восковидная	0,8	60	70	770	340	2,3
Горох	35	58	72	145	160	0,9

Рис	18	65	75	490	205	2,4
Пшеница	26	58	74	345	260	1,3
Рожь	27	57	80	230	200	1,15
Ячмень	25	55	85	280	220	1,27

В то же время пик вязкости клейстеров - наибольший у картофельного и амилопектинового кукурузного крахмала, а наименьший - у обычного кукурузного.

Основные виды крахмала: картофельный — получают из клубней картофеля, образует вязкий прозрачный клейстер; кукурузный — молочно-белый непрозрачный клейстер, имеет невысокую вязкость, с запахом и привкусом, характерными для зерна кукурузы; пшеничный — обладает невысокой вязкостью, клейстер более прозрачный по сравнению с кукурузным.

Амилопектиновый крахмал получают из восковидной кукурузы. Клейстер из такого крахмала обладает хорошей вязкостью и влаго-удерживающей способностью. С раствором йода амилопектиновый крахмал дает характерное красно-коричневое окрашивание.

Высокоамилозный крахмал получают из высокоамилозных сортов кукурузы. Такой крахмал применяется в виде прозрачных пленок и съедобной пищевой оболочки в пищевой промышленности.

Влияние соотношения амилозы и амилопектина на свойства крахмала

В нативных крахмалах, получаемых промышленным способом, соотношение амилозы и амилопектина составляет в среднем 1:3, т.е. содержание амилозы находится на уровне 24-28%. Если же оно превышает 30%, то крахмал считается высокоамилозным, так как на его реологические характеристики существенное влияние начинают оказывать свойства амилозы. Так, высокоамилозному кукурузному и гороховому крахмалу присущи следующие свойства:

- повышенная растворимость в воде;
- более ограниченное по сравнению с обычными крахмалами набухание зерен;
- низкая вязкость клейстеров, склонность полисахаридов к ретроградации и быстрому студнеобразованию.

Влияние содержания фосфатов и липидов в нативных крахмалах на их свойства

Как отмечалось, фосфаты и липиды включаются в структуру крахмала при зернообразовании; их массовая доля определяется видом крахмалоносов. Наибольшее содержание фосфатов (P₂O₅) - до 0,2% - у картофельного и пшеничного крахмалов [73, 100, 101], а липидов (эфир лауриновой, пальмитиновой и олеиновой жирных кислот) - у кукурузного и рисового.

Наличие связанных фосфатов в крахмале повышает вязкость клейстеров и их загущающую способность. В среднем массовая доля фосфата из расчета на 1кг картофельного крахмала составляет 0,79 г (0,43-1,17г/кг) - в виде фосфатных эфиров [73]. Функциональные свойства крахмала зависят от ионного обмена фосфатных эфиров амилопектиновой фракции с двухвалентными (Ca²⁺, Mg²⁺) и одновалентными (K⁺) катионами. Чтобы избежать негативного влияния двухвалентных катионов на свойства крахмала, применяют его противоточную промывку деминерализованной умягченной водой.

Влияние содержания белковых веществ и золы на свойства крахмала

Входящие в состав крахмала азотистые вещества включают протеины, пептиды, амиды, аминокислоты, ферменты и нуклеокислоты. Являясь примесями крахмала, они обуславливают повышение температуры его клейстеризации и уменьшение вязкости водных дисперсных систем, что объясняется взаимодействием этих веществ с полисахаридами крахмала, снижением гидратации глюкозных единиц и степени набухания зерен. В зерновых крахмалах содержится значительная массовая доля белковых веществ (0,25-0,5%), в то время как в картофельном - их только 0,06, а в тапиоковом - 0,1%. Следствием высокого содержания белков в зерновых крахмалах являются такие нежелательные эффекты, как пониженная белизна крахмала и повышенная цветность его гидролизатов, ценообразование, вкус сырого зерна.

В холодной воде крахмал практически нерастворим. При нагревании дисперсии крахмала в воде, молекулы воды проникают в гранулу до полной гидратации. При гидратации водородные связи между молекулами амилозы и амилопектина разрушаются, теряется целостность гранулы, и она начинает набухать от центра. **Желатинизируясь**, набухшие гранулы могут повышать вязкость дисперсии и/или ассоциироваться в гели и плёнки. Температура желатинизации различна для крахмалов разных видов.

Крахмалы из разных источников различаются по размерам и форме гранул, соотношению амилоза : амилопектин, структуре молекул амилозы и амилопектина.

Размеры гранул различных крахмалов лежат в диапазоне от 3 до 100 мкм. Крахмалы некоторых видов полимодальны, то есть, их гранулы могут быть разделены по размерам на несколько групп. Например, пшеничный крахмал бимодален, он состоит из маленьких гранул 5-15 мкм и гранул большего размера – 22-36 мкм. Размер гранул сам по себе не оказывает большого влияния на свойства крахмала. Хотя, в большинстве случаев, гранулы большего размера легче набухают.

Форма гранул может быть различной, они могут быть сферическими и овальными, чечевицеобразными, неправильной формы, иметь гладкую поверхность или вид многогранника и пр.

Молекулы амилозы, будучи линейными, легче выстраиваются в ряд, образуя больше водородных связей. Следовательно, требуется больше энергии для разрыва этих связей и желатинизации такого крахмала. Обычно, чем больше содержание амилозы, тем выше температура желатинизации.

Вообще говоря, амилоза вносит основной вклад в прочность гелей, тогда как от содержания амилопектина зависит вязкость. Таким образом, крахмал с высоким содержанием амилозы проявляет желирующие свойства, а крахмал, состоящий в основном из амилопектина, демонстрирует высокую вязкость.

Линейные молекулы амилозы в растворе располагаются одна вдоль другой, образуя множество водородных связей и давая прочные гели. Разветвлённые молекулы амилопектина неспособны выстраиваться подобным образом, водородные связи значительно слабее, поэтому гели с их участием гораздо менее прочны.

С другой стороны, вязкость – исключительно функция молекулярной массы. Амилопектин с разветвлённой структурой имеет гораздо большую молекулу, чем амилоза. Следовательно, амилопектин вносит больший вклад в увеличение вязкости, чем амилоза.

Кроме того, линейные молекулы амилозы склонны к образованию упорядоченных структур (рекристаллизация или ретроградация), при этом происходит уплотнение и расслоение первоначально однородного геля. Разветвлённые молекулы амилопектина образуют пространственные затруднения, препятствующие ретроградации.

Более длинные молекулы амилозы придают продуктам тягучую текстуру благодаря способу их взаимодействия. Молекулярный вес амилозы влияет также на эластичность

геля. Более длинные молекулы имеют тенденцию крепче связываться и образуют более прочные хрупкие гели.

Чем длиннее молекулы амилозы, тем сильнее склонность гелей к ретроградации. Этот эффект наблюдается и при удлинении боковых цепей в молекулах амилопектина.

Модифицированный крахмал

Модифицированный крахмал – продукт, который прошёл окисление и готов к применению в любом виде. Модифицированные крахмалы по строению и свойствам в результате разнообразных воздействий (физического, химического, биологического) отличаются от обычных крахмалов. Модификация позволяет существенно изменить их строение и свойства (гидрофильность, способность к клейстеризации, студнеобразование), а следовательно, и направление использования.

Модифицированный крахмал — с направленно измененными свойствами, бывает следующих разновидностей.

Набухающий крахмал получают высушиванием клейстера на специальных сушилках и измельчением пленки в порошок, частицы которого набухают при смачивании водой и увеличиваются в объеме.

Окисленный крахмал получают способом окисления различными окислителями; в зависимости от степени окисления можно получить крахмал с различной вязкостью и желирующей способностью.

Желирующий крахмал — один из видов окисленного крахмала; получают обработкой (KMnO₄) крахмальной суспензии в кислой среде. Применяют в качестве желирующего средства взамен агары и агароида; картофельный желирующий крахмал марок А и Б — в кондитерской промышленности, картофельный и кукурузный желирующий крахмал — в [холодильной](#) промышленности.

Окисленные крахмалы образуют клейстеры с пониженной вязкостью и повышенной прозрачностью, их используют для стабилизации мороженого, при производстве мармеладов и лукама. Набухающие крахмалы способны набухать и растворяться в холодной воде. Они позволяют быстро готовить желеобразные десерты, кремные смеси, пудинги, соусы, используются при производстве мясных полуфабрикатов. Крахмалофосфаты образуют клейстеры повышенной прозрачности и вязкости, они устойчивы к нагреванию, воздействию пищевых кислот, перемешиванию. Применяются при производстве майонезов, продуктов детского питания и группы здоровья, соусов, приправ. Клейстеры крахмалофосфатов устойчивы к действию низких температур (замораживание), с их использованием готовят продукты, сохраняемые в замороженном виде (паштеты, замороженные обеды, кремы и т.д.).

Особенно широкое применение модифицированные крахмалы нашли в хлебопечении и кондитерской промышленности, в том числе, для получения безбелковых продуктов питания.

E1404, E1412, E1414, E1420, E1422 и E1451 - это вариации модифицированного картофельного крахмала. Они встречаются в соусах и дрессингах, кетчупах, маргарине, фруктовых наполнителях, их добавляют в детское питание и мясные консервы. В майонез, сливочное масло и маргарин модифицированный крахмал вводят для того, чтобы снизить жирность. А кроме того, он улучшает консистенцию продукта и поглощает значительно больше воды, чем обычный. Модифицированные картофельные крахмалы - изготовлены на основе картофельного крахмала "Экстра". При производстве этих продуктов использовались такие вещества как ангидрид уксусной кислоты, ангидрид адипиновой кислоты, натриевая соль триметафосфорной кислоты, перманганат калия. Данные вещества изменяют и/или улучшают природные свойства крахмала. Модифицированные крахмалы находят широкое применение в различных отраслях промышленности.

Получение и применение модифицированных крахмалов

Для различных отраслей промышленности кроме обычного сухого крахмала выпускают крахмалы с измененными природными свойствами. Их называют модифицированными. Такие крахмалы получают за счет физических, химических и биологических воздействий на исходный крахмал. По характеру изменений все модифицированные крахмалы условно делят на две группы: расщепленные крахмалы и замещенные крахмалы, а также сополимеры крахмала.

Расщепленные крахмалы. Их называют еще жидкокипящими, так как клейстеры таких крахмалов имеют низкую вязкость. Крахмалы этой группы получают путем расщепления полисахаридных цепей кислотой, амилазами, некоторыми солями и т.д. В результате указанных воздействий происходит хаотическое или направленное расщепление глюкозных и других связей, уменьшается молекулярная масса, возникают внутримолекулярные и межмолекулярные связи, появляются новые карбонильные группы.

Может происходить частичное нарушение структуры зерен крахмала, но зернистая форма крахмала сохраняется. Расщепленный крахмал широко используется. Так, кислотной обработкой получают растворимый крахмал, используемый для химических анализов; в пищевой промышленности крахмал этого типа используется для приготовления жележных конфет, восточных сладостей.

При окислении картофельного или кукурузного крахмала KmO_4 в кислой среде получают крахмал, используемый в качестве желирующего компонента, как закрепитель агара или пектина. Такой крахмал применяют в производстве кондитерских изделий, мороженого, продуктов молочной и пищевых концентратной промышленности.

Замещенные крахмалы. К группе замещенных крахмалов и сополимеров крахмала относят крахмалы, свойства которых изменены в результате присоединения химических радикалов или совместной полимеризации с другими высокомолекулярными соединениями.

Крахмальную патоку вырабатывают из злакового и картофельного крахмала. Представляет собой сладкую, очень густую и вязкую жидкость, бесцветную с желтоватым оттенком. Вырабатывают патоку кислотного гидролиза (гидролиз крахмала под действием соляной кислоты при избыточном давлении и температуре около 140 °С) и патоку ферментативного гидролиза (гидролиз под действием [ферментов](#) проросших зерен злаковых культур, плесневых грибов и бактерий при температуре около 60 °С). Используют патоку в основном в кондитерском производстве.

Мальтодекстрины относятся к продуктам ферментативного гидролиза крахмала. Они представляют собой полимеры, молекула которых составлена из пяти—десяти глюкозных остатков. Мальтодекстрины не имеют вкуса и запаха, при концентрации свыше 30% образуют вязкие растворы, способные замедлять кристаллизацию. Их используют при производстве пищевых продуктов в качестве наполнителей, как добавку при выработке [мороженого](#), кремов.

В соединении с другой мукой крахмал повышает хрупкость и жесткость изделий. Крахмал обладает высокой способностью связывать воду. При выпечке хлеба крахмал связывает до 80% влаги, находящейся в тесте.

Виды крахмала

Пшеничный крахмал

В процессе приготовления хлеба крахмал выполняет следующие функции:

- является источником сбраживаемых углеводов в тесте, подвергаясь гидролизу под

действием амилолитических ферментов (α - и β -амилаз);

- поглощает воду при замесе, участвуя в формировании теста;
- клейстеризуется при выпечке, поглощая воду и участвуя в формировании мякиша хлеба;
- является ответственным за черствение хлеба при его хранении.

Процесс набухания крахмальных зерен в горячей воде называется клейстеризацией. При этом крахмальные зерна увеличиваются в объеме, становятся более рыхлыми и легко поддаются действию амилолитических ферментов. Пшеничный крахмал клейстеризуется при температуре 62 - 65 °С, ржаной - 50 - 55 °С.

Состояние крахмала муки влияет на свойства теста и качество хлеба. Крупность и целостность крахмальных зерен влияют на консистенцию теста, его водопоглощительную способность и содержание в нем Сахаров. Мелкие и поврежденные зерна крахмала способны больше связать влаги в тесте, легко поддаются действию ферментов в процессе приготовления теста, чем крупные и плотные зерна.

Структура зерен крахмала кристаллическая, тонкопористая. Крахмал обладает высокой способностью связывать воду. При выпечке хлеба крахмал связывает до 80% влаги, находящейся в тесте. При хранении хлеба крахмальный клейстер подвергается старению (синерезису), что является основной причиной черствения хлеба.

Студни пшеничного крахмала отличаются значительной мягкостью, эластичностью. Этот крахмал используют в хлебопекарной и кондитерской промышленности. Его применяют при производстве жележных изделий типа лукума и рахат-лукума. Пшеничный крахмал используют и в технических целях.

Рисовый крахмал

Рисовый крахмал составляет примерно 90% сухого вещества шлифованного зерна. Рисовый крахмал используется как наполнитель при производстве соусов, сиропов и некоторых десертов. Образует непрозрачные клейстеры низкой вязкости обладающие высокой стабильностью при хранении. Рисовый крахмал используют в качестве стабилизатора белых соусов, придающего им стойкость к замораживанию и оттаиванию, а также для приготовления пудингов. Равномерная зернистость, незначительный размер зерен делают рисовый крахмал удобным для приготовления продукции парфюмерной промышленности. Его применяют также в текстильной и бумажной промышленности.

Картофельный

крахмал.

В России больше всего популярен крахмал картофельный, или, как его еще называют, "**картофельная мука**". Без него не обходится производство киселей, вареных колбас, сосисок и сарделек, его используют для загущения супов и подливок, добавляют в крем - чтобы он не "расплылся". Кстати, крахмал вовсе не улучшает вкус продукта, его применение - вынужденная производственная необходимость. И если, например, вы увидите крахмал в составе готовых соусов, в частности майонеза, знайте: это не лучший показатель.

Картофельный крахмал образует достаточно прозрачную массу. Он лучше всего подходит для фруктовых киселей. А в Юго-Восточной Азии его используют в горячих блюдах из мяса, рыбы, овощей и птицы. Как известно, китайцы часто панируют мясо в крахмале, смешивая его с мукой и специями. Используют при выработке фруктово-ягодных киселей для загущения супов, соусов, подливок, в производстве некоторых видов колбасных изделий, сосисок и сарделек, для стабилизации некоторых видов кондитерских кремов, изготовления клеящих веществ, выработки искусственного саго. Картофельный крахмал используют в технических целях в текстильной, бумажной, полиграфической промышленности, а также в быту.

Илья Лазерсон, президент Санкт-Петербургской коллегии шеф-поваров, рассказал, что крахмальный кляр, собственно, готовить отдельно не нужно - достаточно приправить

куриные крылышки (с надрезанной кожей) специями, затем в емкость с ними всыпать крахмал, влить белок и все интенсивно перемешать. На 1 кг крылышек понадобится приблизительно 3 ст.л. крахмала и 2 белка (не меньше). Благодаря такому кляру получается особенная хрустящая корочка. А подходит он не только для птицы - его можно использовать для панировки рыбы, сыра, свинины и овощей. **К тому же крахмал удерживает внутри все соки и продукт остается нежным и сочным.** Вместе с другой зерновой мукой, прежде всего пшеничной, крахмал вводят в различные виды теста. В бисквите он убирает лишнюю влагу, и выпечка получается более легкой и воздушной. **Только учтите: если в тесто добавляется картофельный крахмал, его нужно замешивать на молоке или кисломолочных продуктах, например сметане. И не забывайте о вкусовых добавках, ведь крахмал придает изделию пресный невыразительный вкус.**

Крахмал высокоамилозной кукурузы.

Отличается высоким содержанием линейной фракции -амилозы. Клейстеры этого крахмала или его модификаций при высушивании образуют тонкие, эластичные, прозрачные, жиростойкие прочные пленки и покрытия, обладающие различной растворимостью в воде. Амилозный крахмал используют в пищевой промышленности для приготовления съедобной пленки и покрытий. Амилозный крахмал применяют в кондитерской промышленности в качестве основы для приготовления жележных изделий.

Амилопектиновый крахмал.

Используют для стабилизации салатных приправ, соусов, кремов. За рубежом амилопектиновый крахмал применяют для производства различных клеящих веществ.

Сорговый крахмал.

По физико-химическим свойствам близок к кукурузному. Его используют в тех же отраслях промышленности и для тех же целей, что и кукурузный крахмал.

Тапиоковый крахмал

Вырабатывается из клубней маниоки. По своим показателям очень близок к картофельному крахмалу.

Лекция №7

Лекция Липиды пищи

Липиды (от др.-греч. λίπος — жир) — обширная группа природных органических соединений, включающая жиры и жироподобные вещества. Молекулы простых липидов состоят из спирта и жирных кислот, сложных — из спирта, высокомолекулярных жирных кислот и других компонентов.

К липидам относят некоторые жирорастворимые вещества, в молекулы которых не входят жирные кислоты, например, терпены, стерины.

Липиды выполняют самые разнообразные функции: снабжают энергией клеточные процессы, формируют клеточные мембраны, участвуют в межклеточной и внутриклеточной сигнализации. Липиды служат предшественниками стероидных гормонов, жёлчных кислот, простагландинов и фосфоинозитидов. В крови содержатся отдельные компоненты липидов (насыщенные жирные кислоты, мононенасыщенные жирные кислоты и полиненасыщенные жирные кислоты), триглицериды, холестерин, эфиры холестерина и фосфолипиды. Также липиды образуют энергетический резерв организма, участвуют в создании водоотталкивающих и термоизоляционных покровов, защищают различные органы от механических воздействий и др.^[1].

Липиды выполняют следующие биологические функции:

1. Структурная. В сочетании фосфолипиды с белками образуют биологические мембраны. Фосфолипиды составляют основу билипидного слоя клеточных мембран, холестерин — регулятор текучести мембран.

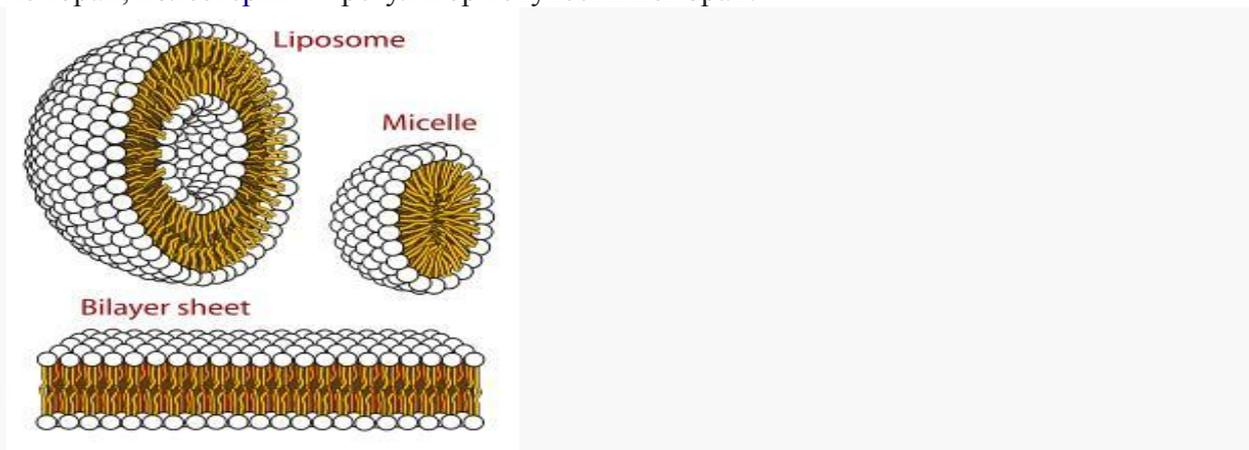


Рис. Самоорганизация фосфолипидов: сферические липосомы, мицеллы и липидный бислой

Все живые клетки окружены плазматическими мембранами, основным структурным элементом которых является двойной слой липидов (липидный бислой). В 1 мкм² биологической мембраны содержится около миллиона молекул липидов. Все липиды, входящие в состав мембран, имеют амфифильные свойства (они состоят из гидрофильной и гидрофобной частей). В водной среде такие молекулы спонтанно образуют мицеллы и бислои в результате гидрофобных взаимодействий, в таких структурах полярные головы молекул обращены наружу к водной фазе, а неполярные хвосты — внутрь, такое же размещение липидов характерно для естественных мембран. Наличие гидрофобного слоя очень важно для выполнения мембранами их функций, поскольку он непроницаем для ионов и полярных соединений.

2. Энергетическая (резервная). Многие жиры используются организмом как источник энергии, именно она и идёт на образование АТФ. При полном окислении **1 г жира выделяется 38,9 кДж или 9 ккал энергии**, примерно вдвое больше, чем при окислении 1 г углеводов (4,1 ккал). Жировые отложения используются в качестве запасных источников питательных веществ, прежде всего животными, которые

вынуждены носить свои запасы на себе. Жиры запасаются в форме капель в цитоплазме клетки. У позвоночных имеются специализированные клетки — [адипоциты](#), почти полностью заполненные большой каплей жира. Растения чаще запасают углеводы, однако в семенах многих растений высоко содержание жиров (растительные масла добывают из семян подсолнечника, кукурузы, рапса, льна и других масличных растений). Благодаря высокому содержанию липидов в семенах растений развивается зародыш и проросток до тех самых пор, пока не будет самостоятельно питаться. Семена таких растений, как кокосовая пальма, клещевина, подсолнечник, соя, рапс - являются сырьём, из которого делают растительное масло промышленным способом. Почти все живые организмы запасают энергию в форме жиров.

3. Теплоизоляционная и защитная. Жир — хороший теплоизолятор, поэтому у многих теплокровных животных он откладывается в подкожной жировой ткани, уменьшая потери тепла. Особенно толстый подкожный жировой слой характерен для водных млекопитающих (китов, моржей и др.). Китам например, этот жир способствует плавучести. Откладывается в подкожной клетчатке и вокруг таких органов, как кишечник и почки. Образующийся слой жира защищает организм животного и его органы от механических повреждений.

4. Смазывающая и водоотталкивающая. На коже, шерсти и перьях есть слой воска, который оставляет их эластичными и защищает от влаги. Такой слой воска есть и на листьях и плодах различных растений.

5. Регуляторная. Стероидные гормоны: гормоны надпочечников (кортикостероиды) и половые гормоны (тестостерон, прогестерон и другие) являются производными холестерина, имеют липидную природу. Жирорастворимые витамины, витамин D, производные холестерина, играют важную роль в обмене кальция и фосфора. Желчные кислоты участвуют в пищеварении (эмульгирование жиров), а так же и всасывания высших карбоновых кислот.

6. Источник эндогенной (метаболической) воды.

Так для получения 105 граммов воды, нужно окислить 100 граммов жира. Для жителей пустынь такая вода жизненно необходима, например для верблюдов, которым приходится обходиться без воды на протяжении 10-12 суток, у них такой жир откладывается в горбе и расходуется с целью получения воды. Процесс окисления жиров очень важен для животных, впадающих в зимнюю спячку, например для сурков, медведей и т.д.

7. Сигнальная. Она заключается в поддержании различных процессов. Например, гликолипиды в нервных клетках принимают участие в передаче нервного импульса от одной нервной клетки к другой. Кроме того, большое значение имеют сигналы внутри самой клетки. Ей необходимо «распознавать» поступающие с кровью вещества, чтобы транспортировать их внутрь.

8. Транспортная функция Транспортная функция липидов имеет второстепенное значение в организме. Ее выполняют лишь некоторые соединения. Например, липопротеины, состоящие из липидов и белков, переносят в крови некоторые вещества от одного органа к другому. Однако эту функцию редко выделяют, не считая ее основной для данных веществ.

Суточная потребность взрослого человека в липидах — 70—145 граммов.

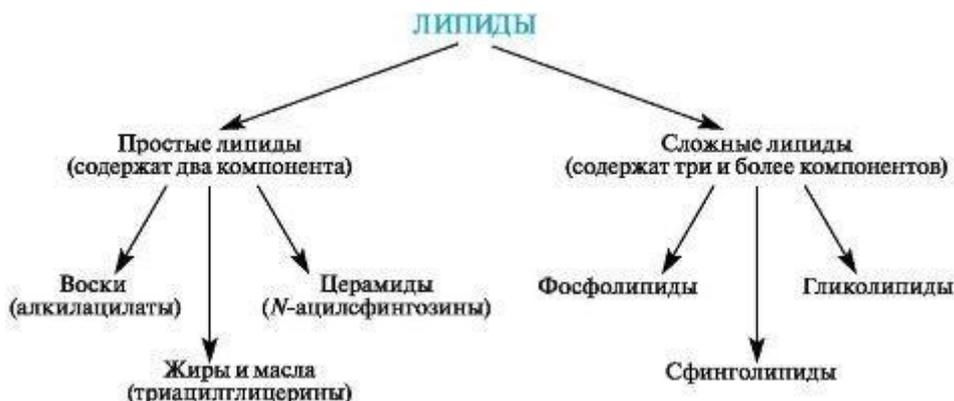
Классификация липидов

Общепринятой классификации липидов не существует.

Наиболее целесообразно классифицировать липиды в зависимости от их химической природы, биологических функций, а также по отношению к некоторым реагентам, например, к щелочам.

I. По химическому составу липиды обычно делят на две группы: **простые и сложные.**

Схема 1. Общая классификация липидов



Липиды делят на *простые*, если продуктами их гидролиза являются спирты и карбоновые кислоты, и *сложные* (многокомпонентные), когда в результате их гидролиза кроме этого образуются и другие вещества, например фосфорная кислота и углеводы. К простым липидам относятся воски, жиры и масла, а также церамиды, к сложным - фосфолипиды, сфинголипиды и гликолипиды (схема 10.1).

Простые липиды (двухкомпонентные) – липиды, включающие в свою структуру углерод (С), водород (Н) и кислород (О), представляют сложные эфиры жирных кислот и спиртов, при гидролизе распадаются на спирты (чаще глицерин) и жирные кислоты. К ним относятся *жиры, воски и стероиды*.

Жиры – эфиры глицерина и высших жирных кислот (**триацилглицериды, ТАГ**).

Воски – эфиры высших спиртов алифатического ряда (с длинной углеводной цепью 16-30 атомов С) и высших жирных кислот.

Стероиды – эфиры полициклических спиртов и высших жирных кислот.

Сложные липиды – помимо жирных кислот и спиртов содержат другие компоненты различной химической природы. К ним относятся **фосфолипиды и гликолипиды**.

Фосфолипиды – это сложные липиды, в которых одна из спиртовых групп связана не с ЖК, а с фосфорной кислотой (фосфорная кислота может быть соединена с дополнительным соединением). В зависимости от того, какой спирт входит в состав фосфолипидов, они подразделяются на глицерофосфолипиды (содержат спирт глицерин) и сфингофосфолипиды (содержат спирт сфингозин).

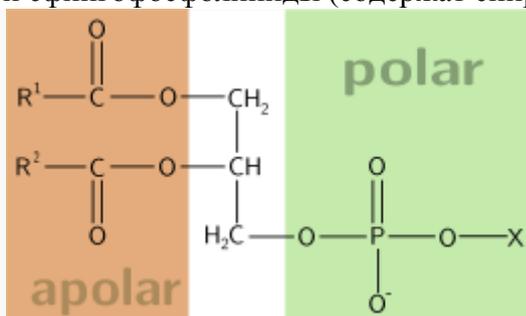


Рис. **Общее строение фосфолипидов**
 Заместители R¹ и R² — остатки жирных кислот, X зависит от типа фосфолипида.

Гликолипиды – это сложные липиды, в которых одна из спиртовых групп связана не с ЖК, а с углеводным компонентом. В зависимости от того, какой углеводный компонент входит в состав гликолипидов, они подразделяются на цереброзиды (в качестве углеводного компонента содержат какой-либо моносахарид, дисахарид или небольшой нейтральный гомоолигосахарид) и ганглиозиды (в качестве углеводного компонента содержат кислый гетероолигосахарид).

Иногда в самостоятельную группу липидов (**минорные липиды**) выделяют жирорастворимые пигменты, стерины, жирорастворимые витамины. Некоторые из этих соединений могут быть отнесены к группе простых (нейтральных) липидов, другие — сложных.

В биологии и медицине имеются свои дополнительные классификации, использующие другие критерии.

II. Классификация по происхождению - Экзогенные и эндогенные липиды.

Все липиды в организме человека можно разделить на две большие группы - экзогенные и эндогенные. В первую группу входят все вещества, попадающие в организм из внешней среды. Наибольшее количество **экзогенных** липидов попадает в организм с пищей, однако существуют и другие пути. Например, при применении различных косметических средств или лекарственных препаратов организм также может получать некоторое количество липидов. Их действие будет преимущественно локальным. После попадания в организм все экзогенные липиды расщепляются и усваиваются живыми клетками. Здесь из их структурных компонентов будут сформированы другие липидные соединения, в которых нуждается организм.

Эти липиды, синтезированные собственными клетками, называются **эндогенными**. Они могут иметь совершенно другую структуру и функции, но состоят из тех же «структурных компонентов», которые попали в организм с экзогенными липидами. Именно поэтому при недостатке в пище тех или иных видов жиров могут развиваться различные заболевания.

Часть компонентов сложных липидов не может быть синтезирована организмом самостоятельно, что отражается на течении определенных биологических процессов.

По другой классификации липиды в зависимости от их отношения к щелочам делят на две большие группы: омыляемые и неомыляемые. К группе омыляемых липидов относятся простые и сложные липиды, которые при взаимодействии со щелочами гидролизуются с образованием солей высокомолекулярных кислот, получивших название «мыла». К группе неомыляемых липидов относятся соединения, не подвергающиеся щелочному гидролизу (стерины, жирорастворимые витамины, простые эфиры и т. д.).

По своим функциям в живом организме липиды делятся на структурные, запасные и защитные.

Структурные липиды - главным образом фосфолипиды.

Запасные липиды - в основном жиры.

Защитные липиды растений — воски и их производные, покрывающие поверхность листьев, семян и плодов, животных – жиры.

Липиды по физической структуре классифицируются на **твёрдые жиры и масла**.

По нахождению в организме выделяют **резервные** (непостоянные, зависят от питания) и **структурные** (генетически обусловленные) жиры.

По происхождению жиры могут быть **растительными и животными**.

Структурные компоненты липидов

Все группы липидов имеют два обязательных структурных компонента - высшие карбоновые кислоты и спирты.

Высшие жирные кислоты (ВЖК). Многие высшие карбоновые кислоты были впервые выделены из жиров, поэтому они получили название *жирных*. Биологически важные жирные кислоты могут быть *насыщенными* (табл. 1) и *ненасыщенными* (табл. 2). Их общие структурные признаки:

- являются монокарбоновыми;
- содержат неразветвленную углеродную цепь;
- включают четное число атомов углерода в цепи;
- имеют цис-конфигурацию двойных связей (если они присутствуют).

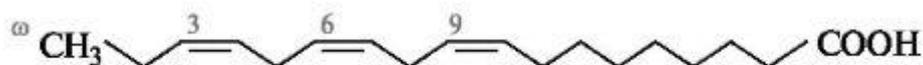
В природных кислотах число атомов углерода колеблется от 4 до 22, но чаще встречаются кислоты с 16 или 18 атомами углерода. Ненасыщенные кислоты содержат одну или несколько двойных связей, имеющих цис-конфигурацию. Ближайшая к карбоксильной группе двойная связь обычно расположена между атомами С-9 и С-10. Если двойных связей несколько, то они отделены друг от друга метиленовой группой CH_2 .

Правилами ИЮПАК для ВЖК допускается использование их тривиальных названий (см. табл.1 и 2).

Таблица 10.1. Основные насыщенные жирные кислоты липидов

Название кислоты		Число атомов углерода	Формула	Т. пл., °C
тривиальное	систематическое			
Масляная	Бутановая	4	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	-8
Капроновая	Гексановая	6	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	-2
Каприловая	Октановая	8	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16
Каприновая	Декановая	10	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	31,5
Лауриновая	Додекановая	12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	44
Миристиновая	Тетрадекановая	14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	54
Пальмитиновая	Гексадекановая	16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	64
Стеариновая	Октадекановая	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	70
Арахидиновая	Эйкозановая	20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	78,5

В настоящее время также применяется собственная номенклатура ненасыщенных ВЖК. В ней концевой атом углерода, независимо от длины цепи, обозначается последней буквой греческого алфавита ω (омега). Отсчет положения двойных связей производится не как обычно от карбоксильной группы, а от метильной группы. Так, линоленовая кислота обозначается как 18:3 ω -3 (омега-3).

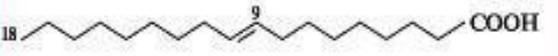
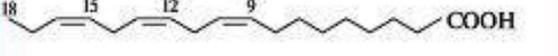


линоленовая кислота 18:3 ω -3

Сама линолевая кислота и ненасыщенные кислоты с иным числом атомов углерода, но с расположением двойных связей также у третьего атома углерода, считая от метильной группы, составляют семейство омега-3 ВЖК. Другие типы кислот образуют аналогичные семейства линолевой (омега-6) и олеиновой (омега-9) кислот. Для нормальной жизнедеятельности человека большое значение имеет правильный баланс

липидов трех типов кислот: омега-3 (льняное масло, рыбий жир), омега-6 (подсолнечное, кукурузное масла) и омега-9 (оливковое масло) в рационе питания.

Таблица 2. Основные ненасыщенные жирные кислоты липидов

Название кислоты		Число атомов углерода и двойных связей	Тип кислоты	Формула	Т. пл., °С
тривиальное	систематическое**				
Пальмит-олеиновая	Гексадецен-9-овая	C _{16:1}	омега-7		-0,5
Олеиновая	Октадецен-9-овая	C _{18:1}	омега-9		14
Элаидиновая*	транс-Октадецен-9-овая	C _{18:1}	омега-9		52
Линолевая	Октадекадиен-9,12-овая	C _{18:2}	омега-6		-5
Линоленовая	Октадекатриен-9,12,15-овая	C _{18:3}	омега-3		-11
Арахидоновая	Эйкозатетраен-5,8,11,14-овая	C _{20:4}	омега-6		-49,5

* Включена для сравнения. ** Для цис-изомеров.

Важнейшие кислоты, выделенные из природных жиров

Кислота	Число атомов углерода в цепи	Формула
<i>Предельные (жирные) кислоты</i>		
Капроновая	C ₆	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH
Каприловая	C ₈	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH
Каприновая	C ₁₀	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH
Лауриновая	C ₁₂	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH
Миристиновая	C ₁₄	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH
Пальмитиновая	C ₁₆	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH
Стеариновая	C ₁₈	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH
Арахидиновая	C ₂₀	CH ₃ (CH ₂) ₁₈ COOH
<i>Непредельные кислоты</i>		
Олеиновая	C ₁₈	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH ¹⁰ =CH ⁹ (CH ₂) ₇ COOH
Линолевая	C ₁₈	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ¹³ =CH ¹² CH ₂ CH ¹⁰ =CH ⁹ (CH ₂) ₇ COOH
Линоленовая	C ₁₈	CH ₃ CH ₂ CH ¹⁶ =CH ¹⁵ CH ₂ CH ¹³ =CH ¹² CH ₂ CH ¹⁰ =CH ⁹ (CH ₂) ₇ COOH
Элеостеариновая	C ₁₈	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ¹⁴ =CH ¹³ CH ¹² =CH ¹¹ CH ¹⁰ =CH ⁹ (CH ₂) ₇ COOH
Эруковая	C ₂₂	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH ¹⁴ =CH ¹³ (CH ₂) ₁₁ COOH

Из насыщенных кислот в липидах человеческого организма наиболее важны пальмитиновая C₁₆ и стеариновая C₁₈ (см. табл. 1), а из ненасыщенных - олеиновая C_{18:1}, линолевая C_{18:2}, линоленовая и арахидоновая C_{20:4} (см. табл. 2).

Следует подчеркнуть роль полиненасыщенных линолевой и линоленовой кислот как соединений, *незаменимых* для человека («витамин F»). В организме они не синтезируются и должны поступать с пищей в количестве около 5 г в день. В природе эти кислоты содержатся в основном в растительных маслах.

В природных липидах наиболее часто встречаются насыщенные и реже ненасыщенные длинноцепочечные спирты (C₁₆ и более) главным образом с четным числом атомов углерода. В качестве примера высших спиртов приведены цетиловый CH₃(CH₂)₁₅OH и меллисиловый CH₃(CH₂)₂₉OH спирты, входящие в состав восков.

Жиры и масла

Жиры и масла - самая распространенная группа липидов. Большинство из них принадлежит к триацилглицеринам - полным эфирам глицерина и ВЖК, хотя также встречаются и принимают участие в обмене веществ моно- и диацилглицерины.

Жиры и масла (триацилглицерины) - сложные эфиры глицерина и высших жирных кислот.

ОБЩАЯ СТРУКТУРА ТРИАЦИЛГЛИЦЕРИНОВ

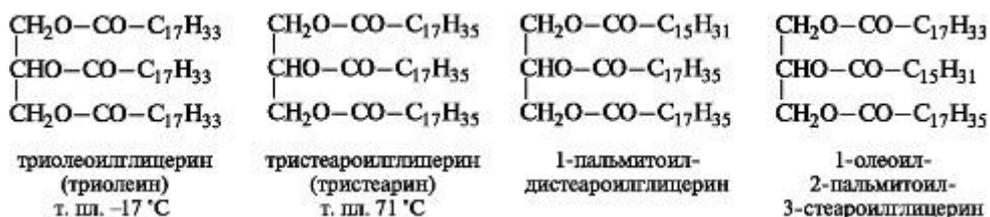


В организме человека триацилглицерины играют роль структурного компонента клеток или запасного вещества («жировое депо»). Их энергетическая ценность примерно вдвое больше, чем белков или углеводов. Однако повышенный уровень триацилглицеринов в крови является одним из дополнительных факторов риска развития ишемической болезни сердца.

Твердые триацилглицерины называют жирами, жидкие - маслами. Простые триацилглицерины содержат остатки одинаковых кислот, смешанные - различных.

В составе триацилглицеринов животного происхождения обычно преобладают остатки насыщенных кислот. Такие триацилглицерины, как правило, твердые вещества. Напротив, растительные масла содержат в основном остатки ненасыщенных кислот и имеют жидкую консистенцию.

Ниже приведены примеры нейтральных триацилглицеринов и указаны их систематические и (в скобках) обычно употребляемые тривиальные названия, основанные на названиях входящих в их состав жирных кислот.

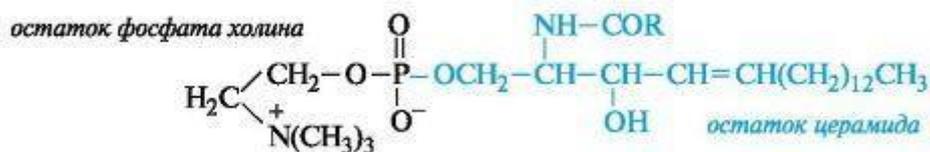


Сфинголипиды

Сфинголипиды представляют собой структурные аналоги глицерофосфолипидов, в которых вместо глицерина используется сфинго-зин. Другим примером сфинголипидов служат рассмотренные выше церамиды (см. 10.3.3).

Важную группу сфинголипидов составляют *сфингомиелины*, впервые обнаруженные в нервной ткани. В сфингомиелинах гидроксильная группа у С-1 церамида этерифицирована, как правило, фосфатом холина (реже фосфатом коламина), поэтому их можно отнести и к фосфолипидам.

ОБЩАЯ СТРУКТУРА СФИНГОМИЕЛИНОВ



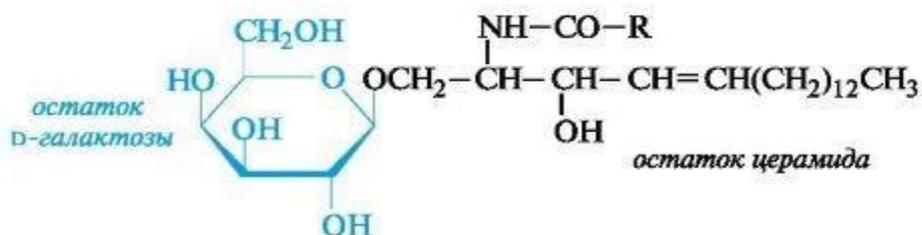
RCO – остаток высшей жирной кислоты

Гликолипиды

Как можно судить по названию, соединения этой группы включают углеводные остатки (чаще D-галактозы, реже D-глюкозы) и не содержат остатка фосфорной кислоты. Типичные представители гликолипидов - цереброзиды и ганглиозиды - представляют собой сфингозинсодержащие липиды (поэтому их можно считать и сфинголипидами).

В *цереброзидах* остаток церамида связан с D-галактозой или D-глюкозой β-гликозидной связью. Цереброзиды (галактоцереброзиды, глюкоцереброзиды) входят в состав оболочек нервных клеток.

ОБЩАЯ СТРУКТУРА ГАЛАКТОЦЕРЕБРОЗИДОВ



В жирах обнаружено свыше четырехсот карбоновых кислот различного строения. Однако большинство из них присутствует лишь в незначительном количестве.

Кислоты, содержащиеся в природных жирах, являются монокарбоновыми, построены из неразветвленных углеродных цепей, содержащих четное число углеродных атомов. Кислоты, содержащие нечетное число атомов углерода, имеющие разветвленную углеродную цепочку или содержащие циклические фрагменты, присутствуют в незначительных количествах. Исключение составляют изовалериановая кислота и ряд циклических кислот, содержащихся в некоторых весьма редко встречающихся жирах.

Наиболее распространенные в жирах кислоты содержат от 12 до 18 атомов углерода, они часто называются жирными кислотами. В состав многих жиров входят в небольшом количестве низкомолекулярные кислоты (C₂—C₁₀). Кислоты с числом атомов углерода выше 24 присутствуют в восках.

В состав глицеридов наиболее распространенных жиров в значительном количестве входят ненасыщенные кислоты, содержащие 1—3 двойные связи: олеиновая, линолевая и линоленовая. В жирах животных присутствует арахидоновая кислота,

содержащая четыре двойные связи, в жирах рыб и морских животных обнаружены кислоты с пятью, шестью и более двойными связями. Большинство ненасыщенных кислот липидов имеет цис-конфигурацию, двойные связи у них изолированы или разделены метиленовой ($-\text{CH}_2-$) группой.

Из всех непредельных кислот, содержащихся в природных жирах, наиболее распространена олеиновая кислота. В очень многих жирах олеиновая кислота составляет больше половины от общей массы кислот, и лишь в немногих жирах ее содержится меньше 10%. Две другие непредельные кислоты — линолевая и линоленовая — также очень широко распространены, хотя они присутствуют в значительно меньшем количестве, чем олеиновая кислота. В заметных количествах линолевая и линоленовая кислоты содержатся в растительных маслах; для животных организмов они являются незаменимыми кислотами.

Из предельных кислот пальмитиновая кислота почти так же широко распространена, как и олеиновая. Она присутствует во всех жирах, причем некоторые содержат ее 15—50% от общего содержания кислот. Широко распространены стеариновая и миристиновая кислоты. Стеариновая кислота содержится в большом количестве (25% и более) только в запасных жирах некоторых млекопитающих (например, в овечьем жире) и в жирах некоторых тропических растений, например в масле какао.

Целесообразно разделять кислоты, содержащиеся в жирах, на две категории: главные и второстепенные кислоты. Главными кислотами жира считаются кислоты, содержание которых в жире превышает 10%.

Незаменимые жирные кислоты

Печень играет ключевую роль в метаболизме жирных кислот, однако некоторые из них она синтезировать неспособна. Поэтому они называются незаменимыми, к таким в частности относятся ω -3- ([линоленовая](#)) и ω -6- ([линолевая](#)) полиненасыщенные жирные кислоты, они содержатся в основном в растительных жирах. Линоленовая кислота является предшественником для синтеза двух других ω -3-кислот: эйкозапентаэновой (EPA) и докозагексаэновой (DHA). Эти вещества необходимы для работы головного мозга, и положительно влияют на когнитивные и поведенческие функции.

Важно также соотношение ω -6/ ω -3-жирных кислот в рационе: рекомендуемые пропорции лежат в пределах от 1:1 до 4:1. Однако исследования показывают, что большинство жителей Северной Америки употребляют в 10-30 раз больше ω -6 жирных кислот, чем ω -3. Такое питание связано с риском возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. Зато «средиземноморская диета» считается значительно здоровее, она богата на линоленовую и другие ω -3-кислоты, источником которых являются зелёные растения (например листья салата), рыба, чеснок, целые злаки, свежие овощи и фрукты. Как пищевую добавку, содержащую жирные кислоты ω -3, рекомендуется принимать рыбий жир.

Транс-ненасыщенные жирные кислоты

Большинство природных жиров содержат ненасыщенные жирные кислоты с двойными связями в цис-конфигурации. Если пища, богатая такими жирами, долгое время находится в контакте с воздухом, она горчит. Этот процесс связан с окислительным расщеплением двойных связей, в результате которого образуются альдегиды и карбоновые кислоты с меньшей молекулярной массой, часть из которых является летучими веществами.

Для того чтобы увеличить срок хранения и устойчивость к высоким температурам триглицеридов с ненасыщенными жирными кислотами применяют процедуру частичной [гидрогенизации](#). Следствием этого процесса является превращение двойных связей в одинарные, однако побочным эффектом также может быть переход двойных связей [из цис- в транс-конфигурацию](#). Употребление так называемых «транс-жиров» влечёт повышение содержания липопротеинов низкой плотности («плохой» [холестерол](#)) и снижение содержания липопротеинов высокой плотности («хороший» холестерол) в

крови, что приводит к увеличению риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, в частности коронарной недостаточности. Более того «транс-жиры» способствуют воспалительным процессам.

Физические свойства жиров

Как правило, жиры не выдерживают перегонки и разлагаются, даже если их перегоняют при пониженном давлении.

Температура плавления, а соответственно и консистенция жиров зависят от строения кислот, входящих в их состав. Твердые жиры, т. е. жиры, плавящиеся при сравнительно высокой температуре, состоят преимущественно из глицеридов предельных кислот (стеариновая, пальмитиновая), а в маслах, плавящихся при более низкой температуре и представляющих собой густые жидкости, содержатся значительные количества глицеридов непредельных кислот (олеиновая, линолевая, линоленовая).

Так как природные жиры представляют собой сложные смеси смешанных глицеридов, они плавятся не при определенной температуре, а в определенном температурном интервале, причем предварительно они размягчаются. Для характеристики жиров применяется, как правило, **температура затвердевания**, которая не совпадает с температурой плавления — она несколько ниже. Некоторые природные жиры — твердые вещества; другие же — жидкости (масла). Температура затвердевания изменяется в широких пределах: $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ у льняного масла, $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ у подсолнечного, $19\text{—}24\text{ }^{\circ}\text{C}$ у коровьего и $30\text{—}38\text{ }^{\circ}\text{C}$ у говяжьего сала.

Температура затвердевания жира обусловлена характером составляющих его кислот: она тем выше, чем больше содержание предельных кислот.

Жиры растворяются в эфире, полигалогенопроизводных, в сероуглероде, в ароматических углеводородах (бензоле, толуоле) и в бензине. Твердые жиры трудно растворимы в петролейном эфире; нерастворимы в холодном спирте. Жиры нерастворимы в воде, однако они могут образовывать эмульсии, которые стабилизируются в присутствии таких поверхностно-активных веществ (эмульгаторов), как белки, мыла и некоторые сульфокислоты, главным образом в слабощелочной среде. Природной эмульсией жира, стабилизированной белками, является молоко.

Химические свойства жиров

Жиры вступают во все химические реакции, характерные для сложных эфиров, однако в их химическом поведении имеется ряд особенностей, связанных со строением жирных кислот и глицерина.

Среди химических реакций с участием жиров выделяют несколько типов превращений.

1. Химические реакции, связанные с наличием в молекуле жира сложноэфирных групп

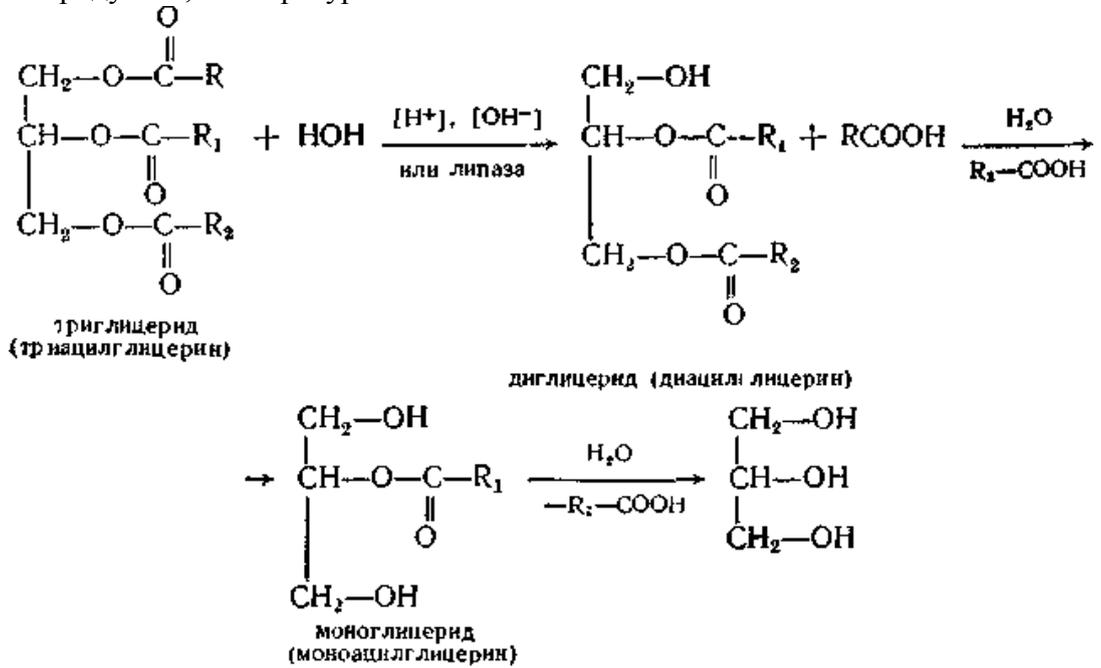
Гидролиз жиров

Под влиянием фермента липазы, кислот и щелочей триглицериды гидролизуются с образованием сначала ди-, затем моноглицеридов и в конечном итоге — жирных кислот и глицерина.

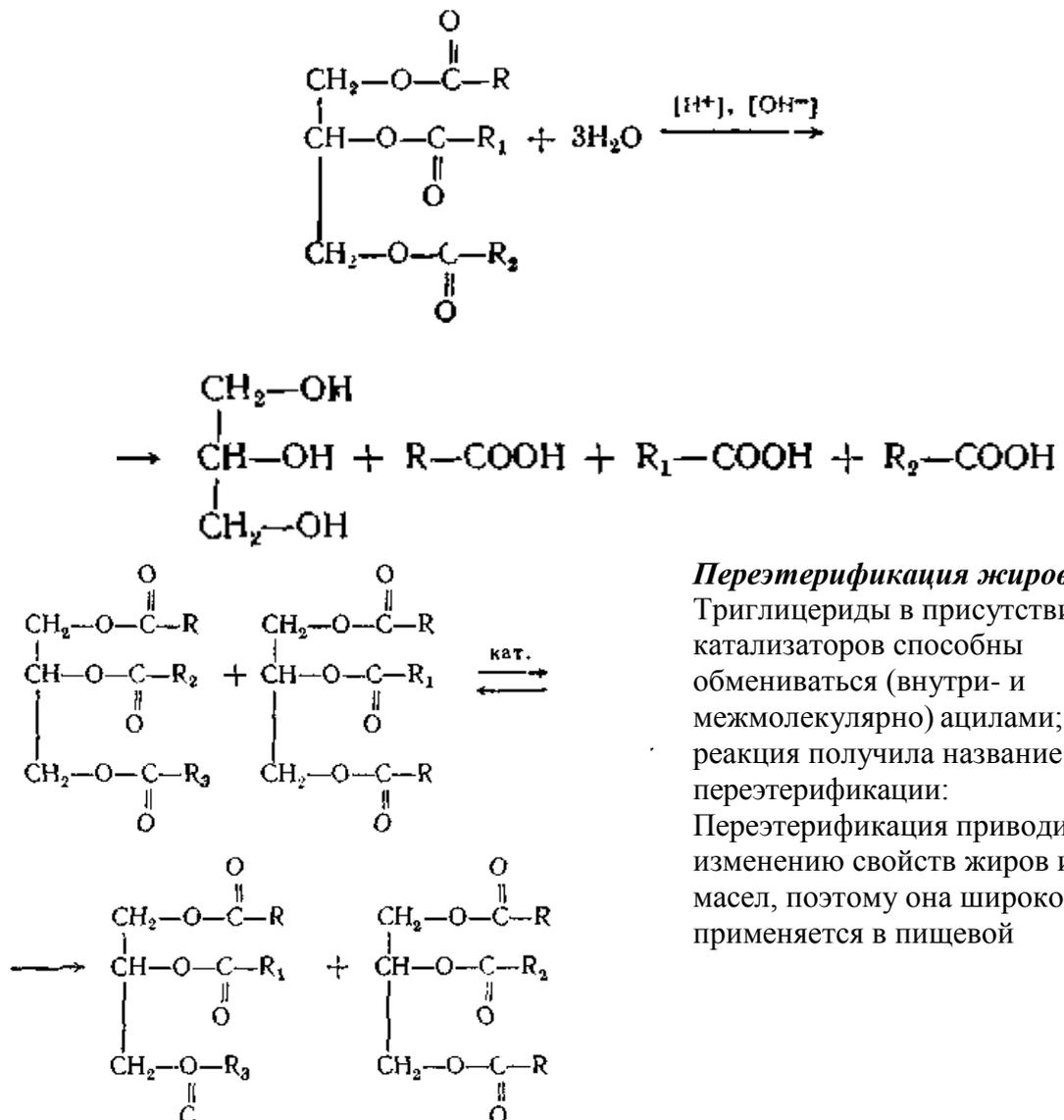
Гидролиз триглицеридов широко применяется для получения жирных кислот, глицерина, моно- и диглицеридов.

Многие жиры при хранении **прогоркают** — приобретают неприятный вкус и запах. Различают **два типа прогоркания** — **гидролитическое и окислительное**. Гидролитические изменения в жире происходят под действием ферментов или микроорганизмов, приводя к образованию свободных жирных кислот. Если эти кислоты

обладают короткой цепью (например, если образуется масляная кислота), то жиры приобретают прогорклый запах и вкус. Этот тип прогоркания характерен для коровьего масла. Гидролитический распад жиров, липидов зерна, муки, крупы и других жиросодержащих пищевых продуктов является одной из причин ухудшения их качества и в конечном итоге порчи. Особенно ускоряется этот процесс с повышением влажности хранящихся продуктов, температуры.



Результат полного гидролиза выражается схемой



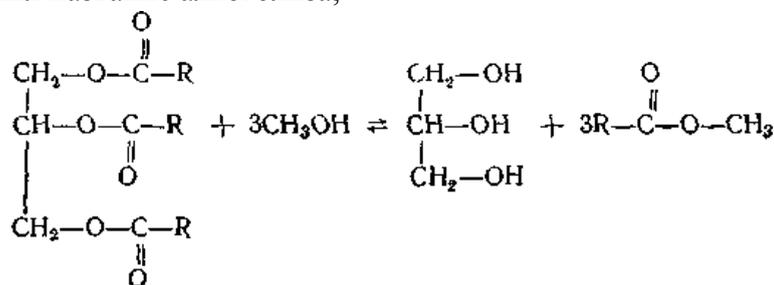
Переэтерификация жиров

Триглицериды в присутствии катализаторов способны обмениваться (внутри- и межмолекулярно) ацилами; эта реакция получила название переэтерификации. Переэтерификация приводит к изменению свойств жиров и масел, поэтому она широко применяется в пищевой

промышленности для получения продуктов с заданными свойствами.

Алкоголиз

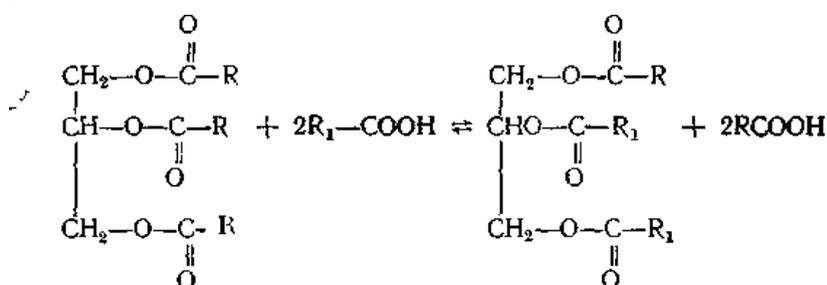
Глицериды при нагревании со спиртами образуют соответствующие эфиры жирных кислот с высвобождением глицерина. Такой обмен спиртов в сложных эфирах получил название алкоголиза;



Алкоголиз применяется для промышленного и лабораторного получения сложных эфиров жирных кислот, моно- и диглицеридов (глицеролиз).

Ацидолиз

При нагревании триглицеридов со свободными жирными кислотами до 250—300°C происходит обмен ацилов:



Реакция протекает в присутствии серной кислоты или воды. Процесс ускоряется с увеличением силы свободной жирной кислоты.

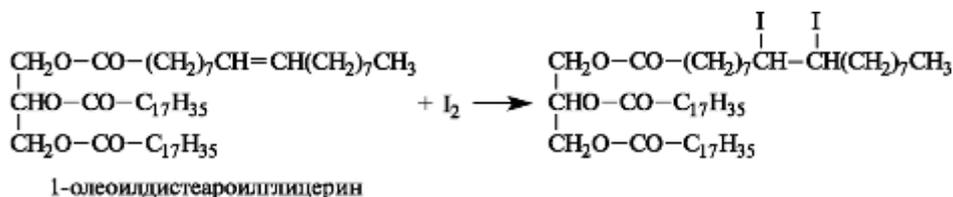
Алкоголиз и ацидолиз можно рассматривать как частные случаи переэтерификации.

2. Химические реакции, связанные с превращением углеводородных радикалов

Реакции присоединения

Липиды, содержащие в структуре остатки ненасыщенных кислот, присоединяют по двойным связям водород, галогены, галогеноводороды, воду в кислой среде.

Иодное число - это мера ненасыщенности триацилглицеринов. Оно соответствует числу граммов иода, которое может присоединиться к 100 г вещества. Состав природных жиров и масел и их иодные числа варьируют в достаточно широких пределах. В качестве примера приводим взаимодействие 1-олеоил-дистеароилглицерина с иодом (иодное число этого триацилглицерина равно 30).

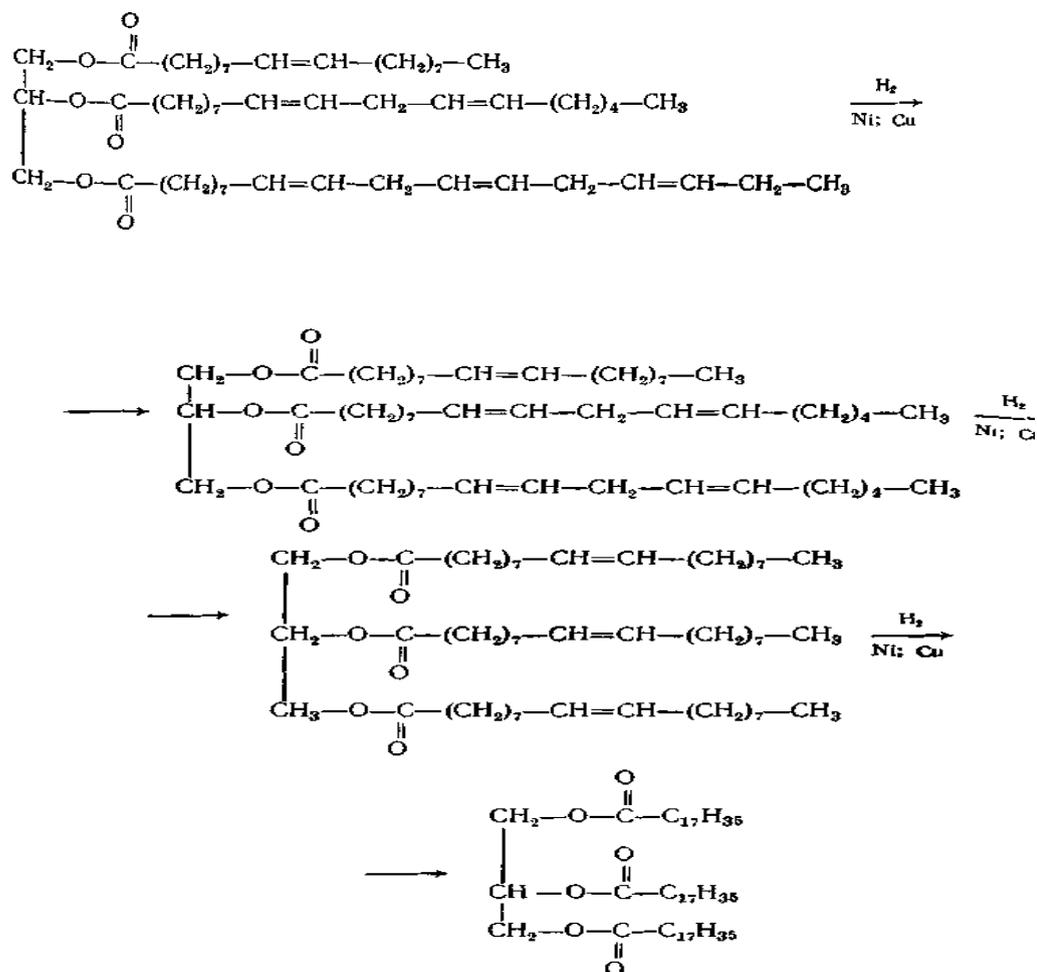


По двойным связям ненасыщенных кислот, входящих в состав жира, может присоединяться водород, а также бром и йод.

Реакции присоединения водорода по двойным связям ненасыщенных кислот, входящих в состав жира, называют реакциями **гидрогезации**.

В связи с тем, что твердых жиров не хватает для технического использования и пищевых целей, большое техническое значение приобрело превращение более дешевых жидких жиров в твердые. Это превращение осуществляется путем каталитического гидрирования двойных связей кислот жидких жиров. При этом жидкие ненасыщенные жиры переходят в твердые насыщенные. Поэтому процесс называют также отверждением жиров. В качестве сырья применяют жир морских млекопитающих и растительные масла — подсолнечное, хлопковое и др. Гидрирование жиров молекулярным водородом в промышленности проводят при температурах 180—240°C в присутствии никелевых и медно-никелевых катализаторов, как правило, при небольшом давлении. Подбирая соответствующие условия реакции, удается осуществить этот процесс избирательно, гидрируя сначала радикалы линоленовой кислоты до линолевой, затем линолевой до олеиновой, а уже потом радикалы олеиновой (если это необходимо) до стеариновой кислоты. Продукты гидрирования известны под различными названиями (салолин, саломас и др.).

Гидрогенизированные жиры сходны во всех отношениях с природными твердыми жирами. Гидрогенизацией некоторых распространенных растительных масел (масло земляного ореха, хлопковое, соевое) получают пищевые жиры. Так, искусственное масло, или маргарин, представляет собой эмульсию гидрогенизированного растительного жира в молоке; он имеет вид, консистенцию, запах и вкус сливочного масла. Запах и вкус придаются предварительным брожением молока с особыми видами молочных бактерий, вызывающих частичное окисление и синтезирующих диацетил — основное душистое вещество сливочного масла. Иногда прибавляют и синтетический диацетил. Для стабилизации эмульсии в маргарин вводят также природные эмульгаторы, такие, как яичный желток или лецитин, выделенный из желтка или сои.



Каталитическое гидрирование (гидрогенизация) ненасыщенных растительных масел - важный промышленный процесс. В этом случае водород насыщает двойные связи и жидкие масла превращаются в твердые жиры.

Окисление жиров

Жиры и масла, особенно содержащие радикалы ненасыщенных жирных кислот, окисляются кислородом воздуха. Начальными продуктами окисления являются разнообразные по строению перекиси и гидроперекиси. Они получили название первичных продуктов окисления.

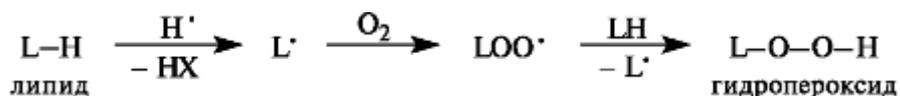
В результате сложных превращений перекисей образуются вторичные продукты окисления: спирты, альдегиды, кетоны, кислоты с углеродной цепочкой различной длины, а также их производные, в частности продукты полимеризации.

Скорость, направление и глубина окисления зависят в первую очередь от состава жиров и масел: с увеличением степени непредельности жирных кислот, входящих в состав глицеридов, скорость их окисления возрастает. Кроме этого, на окисление влияют присутствие влаги, следов металлов, температура, свет и интенсивность контакта с кислородом воздуха и наличие антиокислителей (ингибиторов) — веществ, добавление которых приводит к обрыву цепей окисления. Среди них наибольшее значение имеют окислители фенольной природы. Из природных антиокислителей наиболее активными являются токоферолы.

Накопление продуктов окисления в жирах и маслах приводит к изменению их свойств и снижению пищевой ценности, а некоторые из продуктов окисления оказывают вредное влияние на организм. Поэтому необходимо принимать меры по предотвращению или замедлению окисления жиров и масел, используемых для пищевых целей, в то же время процесс окисления может быть использован в технике для получения продуктов с новыми положительными свойствами, например, образование защитных пленок при глубоком окислении и полимеризации масел.

Окислительные процессы с участием липидов и их структурных компонентов достаточно разнообразны. В частности, окисление кислородом воздуха ненасыщенных триацилглицеринов при хранении (автоокисление), сопровождаемое гидролизом, является частью процесса, известного как **прогоркание масла**.

Первичными продуктами взаимодействия липидов с молекулярным кислородом являются гидропероксиды, образующиеся в результате цепного свободнорадикального процесса.



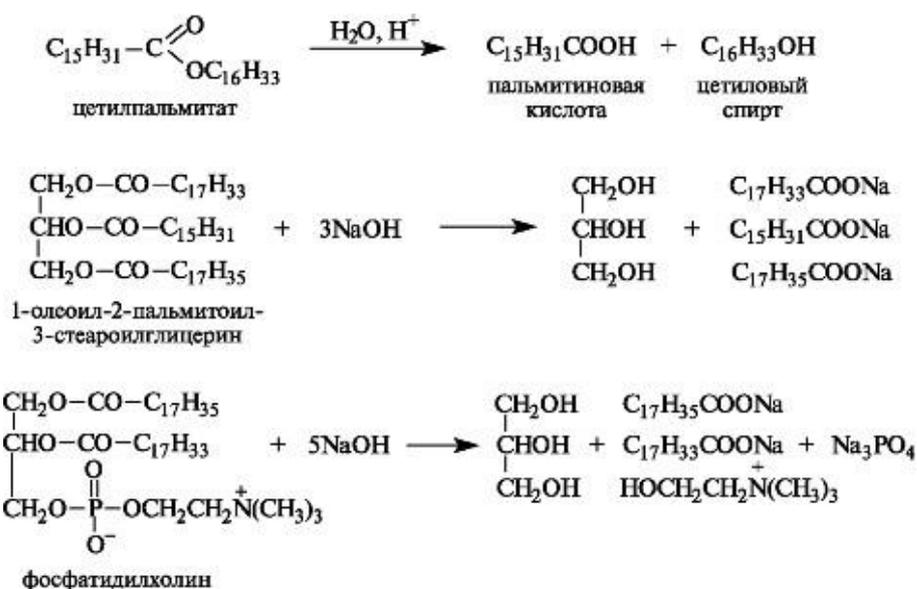
Пероксидное окисление липидов - один из наиболее важных окислительных процессов в организме. Он является основной причиной повреждения клеточных мембран (например, при лучевой болезни).

Ненасыщенные кислоты и липиды с остатками ненасыщенных кислот в мягких условиях окисляются водным раствором перманганата калия, образуя гликоли, а в более жестких (с разрывом углеродуглеродных связей) - соответствующие кислоты.

Гидролиз

С помощью реакции гидролиза устанавливают строение липидов, а также получают ценные продукты (**мыла**). Гидролиз - первая стадия утилизации и метаболизма пищевых жиров в организме.

Гидролиз триацилглицеринов осуществляют либо воздействием перегретого пара (в промышленности), либо нагреванием с водой в присутствии минеральных кислот или щелочей (омыление). В организме гидролиз липидов проходит под действием ферментов липаз. Некоторые примеры реакций гидролиза приведены ниже.



Основные характеристики липидов (константы или «числа» липидов)

В практике пищевой промышленности состав и качество жиров и масел характеризуют с помощью разнообразных «чисел», подразумевая под ними расход определенных реагентов на реакции с жиром. Наибольшее значение имеют числа: кислотное число, число омыления, йодное число, перекисное число.

Природные жиры нейтральны. Однако при переработке или хранении вследствие процессов гидролиза или окисления образуются свободные кислоты, количество которых непостоянно.

Кислотное число или коэффициент кислотности, показывает сколько свободных жирных кислот содержится в жире. Оно выражается числом мг КОН, которое требуется для нейтрализации свободных жирных кислот в 1 г жира. Кислотное число служит показателем свежести жира. В среднем оно колеблется для разных сортов жира от 0,4 до 6. Кислотное число – это показатель, характеризующий количество свободных жирных кислот, содержащихся в жире. Учитывая, что хранение пищевых продуктов, содержащих жиры и масла, всегда сопровождается гидролизом последних, по величине кислотного числа можно, до известной степени, судить об их качестве.

Число омыления, или коэффициент омыления, определяет общее количество кислот, как свободных, так и связанных в триацилглицеринах, находящихся в 1 г жира. Жиры, содержащие остатки высокомолекулярных жирных кислот, имеют меньшее число омыления, чем жиры, образуемые низкомолекулярными кислотами. **Число омыления** равно числу миллиграммов гидроксида калия, расходуемых при омылении 1 г жира кипячением последнего с избытком гидроксида калия в спиртовом растворе.

По числу омыления можно судить о средней молекулярной массе входящих в состав жира жирных кислот. Высокое число омыления указывает на присутствие кислот с «меньшими молекулами». Малые числа омыления указывают на присутствие более высокомолекулярных кислот или же неомыляемых веществ.

Йодное число выражается числом граммов йода, которое может присоединяться по двойным связям к 100 г жира. Чем выше йодное число, тем более ненасыщенным является жир. Йодное число является одним из наиболее важных показателей жиров. Оно позволяет судить о степени ненасыщенности жира, о его склонности к прогорканию и другим изменениям, происходящим при хранении и переработке пищевых продуктов.

Перекисное число выражается в процентах йода, выделенного из йодистого калия перекисями, образовавшимися в 1 г жира.

Перекисное число показывает число перекисей в жире, т.е. характеризует глубину окислительных процессов в жирах. В свежем жире перекиси отсутствуют, но при доступе воздуха появляются сравнительно быстро.

Лекция №9

Химический состав молока, энергетическое и биологическое значение. Качество молока и молочных продуктов.

Химический состав молока

Молоко представляет собой биологическую жидкость, которая образуется в молочной железе млекопитающих и предназначена для вскармливания новорожденного. Рекомендуемая норма потребления молока и молочных продуктов чуть более литра в сутки и чуть менее 400 кг в год. В день нужно употреблять: 330г молока; 25г творога; 18г сметаны; 16г масла; 17г сыра.

Молоко имеет сложный состав. В нем насчитывается более ста различных компонентов. Обычно в широкой практике химический состав молока характеризуют по важнейшим веществам, количество которых не является строго постоянным. Оно изменяется в зависимости от различных факторов.

В среднем же молоко имеет следующий состав (процент):

- вода - 87,5;
- сухое вещество – 12,5.

В том числе:

а) молочный жир – 3,8; Жир – синтезируется в молочной железе из предшественников, поступающих с кормом, 3,6-3,8%

б) белки 3,2-3,3% (казеин – 2,7, альбумин – 0,5, глобулин – 0,1); Белок подразделяется на:

1. Казеин – сложный белок, является основным белком молока, содержится 2,7%.
2. Альбумин – простой растворимый в воде белок, содержится 0,5%.
3. Глобулин – растворимый в воде белок, входящий в состав растительных и животных тканей, содержится 0,1%.

Казеин, альбумин и глобулин – это иммунные белки и они содержатся только в сыром молоке.

4. Сывороточные белки.

в) молочный сахар – 4,7; (лактоза) – 4,7-5%

г) минеральные вещества – 0,7. Минеральные вещества (зола) кальций, фосфор, витамины – 0,7-1%

Цельное коровье молоко	
Пищевая ценность на 100 г продукта	
<u>Энергетическая ценность</u>	60 ккал 250 кДж
<u>Вода</u>	88 г
<u>Белки</u>	3,2 г
<u>Жиры</u>	3,25 г
— насыщенные	1,9 г
— мононенасыщенные	0,8 г
— полиненасыщенные	0,2 г
<u>Углеводы</u>	5,2 г
— сахара	5,2 г

— <u>лактоза</u>	5,2 г
<u>Ретинол</u> (вит. А)	28 мкг
<u>Тиамин</u> (В ₁)	0,04 мг
<u>Рибофлавин</u> (В ₂)	0,18 мг
<u>Кобаламин</u> (В ₁₂)	0,44 мкг
<u>Витамин D</u>	2 <u>МЕ</u>
<u>Кальций</u>	113 мг
<u>Магний</u>	10 мг
<u>Калий</u>	143 мг
100 мл соответствуют 103 г	

Отклонение в составе молока объясняется влиянием многих факторов – порода скота, кормление его, стадии лактации, возраст, состояние животного, сезонов года и др. причинами.

Наиболее ценной частью молока является сухой остаток. При производстве молочной продукции стремятся к максимальному его сохранению. Сухим остатком называется все то, что остается после высушивания молока при температуре от 102 до 105 °С. В него входят все составные части молока, за исключением воды и веществ, улетучивающихся при высушивании. Наиболее изменчивой частью сухого остатка является жир, поэтому в практике чаще пользуются показателем **сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО)**. Сухие вещества находятся в молоке в тонкодисперсном и растворенном состоянии, т.е. в наиболее благоприятном для усвоения виде; жир – в виде тонкой эмульсии, белки – в виде коллоидных растворов, молочный сахар – в молекулярном состоянии, минеральные соли – в коллоидном молекулярном и ионном состоянии.

Молоко представляет собой сложную полидисперсную систему. Дисперсионной средой в ней есть вода (83-89%), дисперсной фазой - жир, белки и другие компоненты (11-17%) Молоко — многокомпонентная полидисперсная система, в которой все составные вещества находятся в тонкодисперсном состоянии, что обеспечивает молоку жидкую консистенцию. Чем более тонко и равномерно диспергирована та или иная составная часть молока, тем меньше варьирует ее содержание: так содержание жира подвержено большим изменениям чем содержание белковых веществ. Наиболее постоянные по количественному содержанию части молока – лактоза и соли.

Вода в составе молока

Вода выполняет разнообразные функции и играет важную роль в биохимических процессах. Она является растворителем органических и неорганических веществ. В водной среде проходят все многочисленные реакции живого организма. В некоторых реакциях вода принимает непосредственное участие (реакции гидролиза, окисления веществ и др.).

В молоке содержится в среднем 88 % воды (с колебаниями от 86 до 89 %). Вода, входящая в состав молока и молочных продуктов, неоднородна по физико-химическим свойствам, и роль ее неодинакова.

Большая часть воды молока (84,5 - 85%) находится в **свободном состоянии**, т. е. может принимать участие в биохимических реакциях. Свободная вода молока представляет собой раствор различных органических и неорганических веществ (сахара, солей и пр.). Ее легко можно превратить в состояние льда при замораживании молока или удалить при сгущении и высушивании.

Меньшая часть (3 - 3,5%) воды находится в **связанном состоянии**. Существует 2 формы связи воды в молоке:

1. **Адсорбционно связанная вода** удерживается молекулярными силами около поверхности коллоидных частиц (белков, фосфолипидов, полисахаридов) и составляет основную часть связанной воды. При адсорбировании диполи воды располагаются несколькими слоями вокруг гидрофильных центров белковой молекулы. Первый слой (ориентированные неподвижные молекулы воды, прочно связанные с белком) называют *гидратной* или *водной* оболочкой. От свойств гидратных оболочек зависит стабильность белковых частиц, а также жировых шариков молока. Последующие слои молекул воды связаны с белком менее прочными связями, и по свойствам она не отличается от свободной воды. Составляет адсорбционная вода, которая удерживается молекулярными силами около поверхности коллоидных частиц (белков, фосфолипидов, полисахаридов).

2. Особая форма связанной воды - **химически связанная вода**. Это вода кристаллогидратов, или **кристаллизационная вода**. В молоке кристаллизационная вода связана с кристаллами молочного сахара ($C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$).

Связанная вода по своим свойствам отличается от свободной. Она не замерзает при низких температурах (ниже $-40^{\circ}C$), не растворяет соли, сахар, имеет плотность, вдвое превышающую плотность свободной воды. Связанную воду нельзя удалить из молока при высушивании. По количеству связанной воды обычно судят о гидрофильности белков, т.е. способности связывать всю влагу (влагу первого и последующих слоев). Связанная вода в отличие от свободной недоступна микроорганизмам. Для подавления развития микрофлоры в пищевых продуктах свободную воду полностью удаляют или переводят в связанную, добавляя влагосвязывающие компоненты (сахар, соли, многоатомные спирты и пр.).

Белковый состав молока. Биологические функции белков молока

Белки молока относятся к биологически наиболее полноценным, т. к. содержат все жизненно необходимые [аминокислоты](#), в том числе полный комплекс незаменимых; особенно благоприятно в молоке соотношение лизина, метионина и триптофана; хорошо представлены серосодержащие аминокислоты — метионин и цистин, играющие важную роль в [профилактике атеросклероза](#). Молочные белки на 75 — 96 % усваиваются организмом. В небольших количествах (до 0,05 %) в молоке имеются азотистые соединения: [мочевина](#), [мочевая кислота](#), [креатинин](#), [рибофлавин](#) и др.

Общее содержание 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 организма, а также имеют особое значение в питании людей.

В молоке содержится целая **система белков**, среди которых выделяют три главные группы: 1) **казеин** (4 фракции и их фрагменты); 2) **сывороточные белки** (β -лактоглобулин, α -лактоглобулин, иммуноглобулины и альбумин сыворотки крови); 3) **белки оболочек жировых шариков**, составляющие всего около 1% всех белков молока.

Основная часть белков молока (78-85%) представлена **казеинами (казеином)**. **Казеин** является основным белком молока, его содержание колеблется от 2,1 до 2,9 %. Среднее количество его в молоке составляет 81% от общего содержания белков в молоке. Химически чистый казеин – белое аморфное вещество без запаха и вкуса – практически не растворяется в воде. Казеин, получаемый в промышленности, имеет желтоватый оттенок вследствие наличия в нем некоторых веществ, попадающих в него из молока (например, жира), и изменения белка при сушке. Высушенный казеин гигроскопичен и хранить его нужно в закрытой таре в сухом помещении. В молекулу казеина входит углерод, азот, водород, кислород, сера и фосфор. Фосфор находится в виде фосфорной кислоты, образующей эфирную связь с оксиаминокислотами (серином и треонином) казеиновой молекулы. На этом основании многие рассматривают казеин как сложный белок. Молекулярный вес казеина около 30000. Элементарный состав казеина, %: С - 53,1, Н - 7,1, азот - 15,6, О - 22,6, S - 0,8; Р - 0,8. Он относится к фосфопротеидам, т. е. содержит

остатки H_3PO_4 (органически присоединенные к аминокислоте серину моноэфирной связью (O - P). Коагулирует казеин при $\text{pH} = 4,6-4,7$.

Казеин в молоке находится в виде казеината кальция, связанного с коллоидным фосфатом кальция. Кальций, который образует кальциевые мостики в глобуле казеина, выполняет важную функцию при агрегации коллоидных частей казеина, при его сычужном или кальциевом осаждении. Казеин – комплекс 4 фракций: α_{s1} , α_{s2} , β , γ . Фракции имеют различный аминокислотный состав и отличаются друг от друга заменой одного или двух аминокислотных остатков в полипептидной цепи. α_s - и β – Казеины наиболее чувствительны к ионам кальция и в присутствии их они агрегируют и выпадают в осадок. γ - Казеин не осаждается ионами кальция и в казеиновых мицеллах, располагаясь на поверхности, выполняет защитную роль по отношению к чувствительным α_s - и β – казеину. Однако γ – казеин чувствителен к сычужному ферменту и под его воздействием распадается на 2 части: гидрофобный пара - γ -казеин и гидрофильный макропротеид.

Полярные группы, находящиеся на поверхности и внутри казеиновых мицелл (NH_2 , COOH , OH и др.), связывают значительное количество воды — около 3,7 г на 1 г белка. Способность казеина связывать воду характеризует его *гидрофильные свойства*. Гидрофильные свойства казеина зависят от структуры, величины заряда белковой молекулы, pH среды, концентрации солей и других факторов. Они имеют большое практическое значение. От гидрофильных свойств казеина зависит устойчивость казеиновых мицелл в молоке. Гидрофильные свойства казеина влияют на способность кислотного и кислотно-сычужного сгустка удерживать и выделять влагу.

Казеин в молоке содержится в виде сложного комплекса казеината кальция с коллоидным фосфатом кальция - так называемого **казеинат-кальций-фосфатный комплекс (ККФК)**, в состав которого входит небольшое количество лимонной кислоты, магния, калия и натрия. Казеин, как и все белки – сложное соединение аминокислот, в которых имеются свободные аминные (основные) и кислотные группы. Таким образом, казеин – амфотерный электролит, способный диссоциировать как кислота и как основание в зависимости от реакции среды. При щелочной реакции раствора казеин заряжается отрицательно, вследствие чего он способен реагировать с кислотами. Наоборот, в кислом растворе казеин приобретает способность реагировать со щелочами, т.е. катионами, при этом он заряжается отрицательно. Следовательно, казеин может образовывать соли и с основаниями, и с кислотами.

Вследствие того, что количество карбоксильных групп больше, чем аминных, реакция казеина кислая; для нейтрализации его в растворе нейтральных солей при индикаторе фенолфталеине требуется около 8,1 мл 0,1 н. раствора щелочи на 1 г казеина.

В кислотах как минеральных, так и органических (уксусная, муравьиная и т.д.) казеин растворяется. Растворы казеина – это вязкие коллоидные трудно фильтрующиеся жидкости.

Соли казеина со щелочными и щелочноземельными металлами называют казеинатами. Соли казеина со щелочными металлами, растворяясь в воде, образуют прозрачные или слегка опалесцирующие (рассеивающие свет) жидкости. В молоке казеин находится в форме кислых солей – кальциевых казеинатов. Свободные аминогруппы казеина взаимодействуют с **альдегидом (формальдегид)**. Эту реакцию используют при определении белка в молоке **методом формального титрования**.

Взаимодействие свободных аминогрупп казеина (в первую очередь S-аминогрупп лизина) с альдегидными группами лактозы и глюкозы объясняется первой стадией **реакции меланоидинообразования**.

Казеины являются пищевыми белками. Они максимально расщепляются пищеварительными протеиназами в нативном состоянии, в то время как обычно глобулярные белки приобретают эту способность только после денатурации. Казеины обладают свойством свертываться в желудке новорожденного с образованием сгустков высокой степени дисперсности. Кроме того, они являются источником кальция и фосфора,

а также целого ряда физиологических активных пептидов. Так, при частичном гидролизе χ -казеина под действием химозина в желудке освобождаются гликомакропептиды, регулирующие процесс пищеварения (уровень желудочной секреции).

Сывороточные белки – это простые белки, они построены практически только из аминокислот; по содержанию дефицитных незаменимых аминокислот (лизина, триптофана, метионина, треонина) и цистеина являются наиболее биологически ценной частью белков молока, поэтому их использование для пищевых целей имеет большое практическое значение. Сывороточные белки являются **термолабильными**, начинают свертываться в молоке при температуре 69° С, не коагулируют под действием сычужного фермента, не осаждаются из молочной сыворотки при полунасыщении ее сульфатом аммония.

К сывороточным белкам относятся следующие фракции глобулярных белков молока: **α -лактоальбумин, β -лактоглобулин, иммуноглобулин, альбумин сыворотки крови, протеозопептоны, лактоферрин**. Все фракции выполняют в организме человека важные биологические функции. Сывороточные белки стимулируют иммунную систему, повышают уровень инсулиноподобного фактора роста, понижают содержание холестерина сильнее, чем казеин и соевый белок.

Альбумин (α -лактоальбумин). В молоке альбумина не много – около 0,4%. Количество его повышается в молозиве, где оно достигает в первый день после отела иногда 2%, а затем в молозивный период равно 0,5 – 0,8%. Значительно больше, чем в коровьем молоке, содержится альбумина в молоке ослиц, кобылиц. *Альбумин* растворен в воде и выпадает в осадок при нагревании его до 70-80° С, при тепловой обработке молока в слабокислом растворе, а также при длительной пастеризации (температура 63—65°С, экспозиция 30 мин). При нагревании молока выше 80°С альбумин денатурируется и теряет свою способность растворяться в воде. Эта особенность его положена в основу лактоальбуминовой пробы при пастеризации молока при температуре выше 80 °С. В таком молоке альбумин должен отсутствовать. Когда пастеризуют или просто нагревают молоко, то на стенках аппарата, посуды, в которых проводят нагревание, образуется осадок – молочный камень, который состоит в основном из выпавшего альбумина. В кислых растворах при нагревании альбумин выделяется хлопьями. В нейтральных жидкостях (например, в неокислой молочной сыворотке) альбумин может быть высален насыщенным раствором сернокислого аммония, сернокислым натрием, танином и рядом других веществ. Молекулярный вес альбумина близок к молекулярному весу казеина. При действии сычужного фермента альбумин не свертывается. В молекуле альбумина фосфора нет, поэтому он относится к простым белкам. Выполняет особую роль в синтезе лактозы, является компонентом фермента лактозосинтетазы, который катализирует образование лактозы из уридин-дифосфатгалактозы и глюкозы.

Растворимость альбумина в молоке и то, что он не коагулирует в изоэлектрической точке, объясняется тем, что молекулы и частички альбумина сильно гидратированы. Частицы альбумина гидратированы в большей степени, чем казеина, поэтому в изоэлектрической точке они не коагулируют, хотя устойчивость их вследствие нейтрализации электрических зарядов уменьшается. Спирт, отнимая от белков, в частности от альбумина, воду, нарушает его устойчивость в растворе, и альбумин выпадает в осадок. Реакция альбумина кислая, по величине близкая к казеину. В химическом отношении он также аналогичен казеину, образует соединения как со щелочами, так и с кислотами.

Молочный глобулин (β -лактоглобулин) – это третий белок молока, количество его еще меньше, чем альбумина, - всего около 0,2%. Нерастворим в воде, растворяется только в разбавленных растворах солей. Содержит свободные сульфгидрильные группы в виде остатков цистеина, которые участвуют в образовании привкуса кипяченого молока при тепловой обработке последнего. Между глобулинами молока различают собственно молочные глобулины – 0,15% и иммунные глобулины – 0,05%. Выделить глобулины можно

при полном насыщении молочной сыворотки сернокислым магнием, осадок глобулина надо отфильтровать и диализом освободить от минеральных солей. *Глобулин* содержится в молоке в растворенном состоянии в количестве около 0,1%, при нагревании в слабокислом растворе (до 75°C) выпадает в осадок. При тепловой обработке (пастеризации) глобулин осаждается вместе с альбумином. Глобулин, выделяемый в чистом виде из молока, представляет собой порошок, растворимый в воде, содержащей соли. Обычно осаждение его при пастеризации происходит вместе с альбумином молока.

По пространственному расположению полипептидных цепей белки молока относятся к глобулярным белкам. Изучение их вторичной и третичной структуры показало, что казеин в отличие от обычных глобулярных белков почти не содержит α -спиралей; α -лактальбумин и β -лактоглобулин содержат большее количество спирализованных участков. Казеин, вероятно, промежуточное положение между компактной структурой глобулы и структурой беспорядочного клубка, которая обычно наблюдается при денатурации глобулярных белков. Такая структура обеспечивает хорошую расщепляемость казеина протеолитическими ферментами при переваривании в нативном (природном) состоянии без предварительной денатурации.

Альбумин сыворотки крови попадает в молоко из крови. Содержание этой фракции в молоке коров, больных маститом, значительно больше, чем в молоке здоровых коров.

Иммуноглобулины — это фракция термолabileльных сывороточных белков, осаждаемая из молочной сыворотки при полунасыщении ее сульфатом аммония или насыщении сульфатом магния. Они содержат углеводы, то есть являются гликопротеидами, объединяют группу высокомолекулярных белков, имеющих общие физико-химические свойства и содержащих антитела. В молозиве количество этих белков очень велико и составляет 50-75% от содержания всего белка молозива. Иммуноглобулины объединяют группу высокомолекулярных белков, обладающих свойствами антител. *Антитела* - вещества, образующиеся в организме животного при введении в него различных чужеродных белков (антигенов) и нейтрализующие их вредное действие.

Иммуноглобулины молока имеют большую молекулярную массу (150 000 и выше), в своем составе содержат углеводы, термолabileльны, т. е. коагулируют при нагревании молока выше 70°C. Иммуноглобулины очень чувствительны к нагреванию. Эта фракция является промежуточной между собственно белковыми веществами и полипептидами, характеризуется низким содержанием ароматических аминокислот и метионина и сравнительно высоким — глутаминовой и аспаргиновой аминокислот.

По характеру белков различают молоко казеиновое (коровье, козье, овечье) и **альбуминовое** (кобылье, оленье, ослиное). В белке казеинового молока содержится не менее 75 % казеина, альбуминового — 50 — 65 %. По биологическим свойствам альбуминовое молоко более ценно, чем казеиновое.

Лактоферрин. Представляет собой гликопротеид молекулярной массой около 76 000, содержит железо. В молоке содержится в малых количествах (менее 0,3 мг/мл), в молозиве его в 10 - 15 раз больше.

Белки оболочек жировых шариков

К ним относятся белки, являющиеся структурными элементами оболочек жировых шариков и способствующие их стабильности во время технологической обработки. Они могут быть прочно встроенными во внутренний липидный слой оболочки, пронизывать ее или располагаться на внешней поверхности оболочки. Некоторые из них обладают свойствами ферментов.

Значение белков молока в питании человека

Особую ценность представляют белки молока – наиболее важные в биологическом отношении органические вещества. Образующиеся в результате расщепления белков

аминокислоты идут на построение клеток организма, ферментов, защитных тел, гормонов и т.д. По содержанию незаменимых аминокислот (лизин, триптофан, метионин, фенилаланин, лейцин, изолейцин, треонин, валин) белки молока относятся к белкам высокой биологической ценности.

Особенно богаты незаменимыми аминокислотами сывороточные белки молока – они содержат больше по сравнению с казеином лизина, триптофана и некоторых других аминокислот. Содержание многих незаменимых аминокислот в них значительно выше не только по сравнению с белками растительных продуктов, но и по сравнению с некоторыми белками мяса и рыбы. Поэтому использование белков молока в хлебопекарной, кондитерской и мясной промышленности повышает биологическую ценность пищевых продуктов. Кроме того, казеин и сывороточные белки молока обладают рядом важных функциональных свойств (водосвязывающая, эмульгирующая, пенообразующая и др.), позволяющих использовать их концентраты в качестве белковых компонентов разнообразных продуктов.

Одним из важных качеств белков молока является то, что они содержатся в растворенном состоянии, легко атакуются и перевариваются протеолитическими ферментами пищеварительного тракта. Степень усвояемости молока составляет 96-98%.

Повышается энергетическая ценность продуктов и улучшается их усвояемость при добавлении к ним молока. Белки молока почти не оставляют вредных продуктов распада и оказывают благоприятное влияние на пищеварение.

Углеводный состав молока

Углеводы молока представлены на 90% дисахаридом лактоза (молочный сахар, из моносахаридов наибольшее количество глюкозы и галактозы). Сладость лактозы в 5-6 раз меньше, чем сахарозы. Лактоза выполняет главным образом энергетическую функцию – на неё приходится около 30% энергетической ценности молока. Кроме этого, один из компонентов лактозы – глюкоза – является источником синтеза резервного углевода организма – гликогена, а другой компонент – галактоза – необходим для образования ганглиозидов мозга. Лактоза еще обладает способностью улучшать всасывание кишечника кальция. При нагревании молока выше 90°C лактоза образует со свободными аминокислотами соединения - меланоидины, придающие продукту темный оттенок, специфический неприятный вкус, снижают его биологическую ценность, поскольку в этой реакции принимает участие в основном незаменимая аминокислота лизин. При нагревании свыше 160°C лактоза карамелизуется, давая раствору коричневую окраску. Лактоза является необходимым компонентом молочнокислого брожения. Под действием ферментного комплекса молочнокислых бактерий лактоза в результате длительного ряда промежуточных изменений сбраживается, образуя молочную кислоту, стерин, углекислоту, масляную кислоту и другие продукты в зависимости от вида применяемых бактерий. Кисломолочный продукт приобретает специфический кисломолочный вкус и вязкопластичную консистенцию, лечебные свойства благодаря сбраживанию лактозы.

Лактоза. Содержание лактозы в молоке довольно постоянно и составляет от 4,5 до 5,2 %. Оно зависит от индивидуальных особенностей и физиологического состояния животных. Так, резкое снижение концентрации лактозы в молоке наблюдается при заболевании коров маститом. В молоке лактоза находится в свободном состоянии в виде двух таутомерных (α и β) форм. Очень небольшая часть лактозы связана с другими углеводами и белками.

Лактоза, или молочный сахар, легко подвергается различным формам брожения, что используют в технологии производства молочнокислых продуктов, сыров и др. При дефиците фермента лактозы в тонком отделе [кишечника](#) человека нерасщепленный молочный сахар может стать [токсичным](#) для организма.

Липидный состав молока.

Содержание молочного жира в молоке колеблется от 2,8 до 4,5% (2,8-5%). По химическому строению молочный жир ничем не отличается от других жиров. Он представляет собой смесь многочисленных триглицеридов (содержание ди- и моноглицеридов составляет всего 1,2 - 2,6% всех глицеридов). Триглицериды молочного жира содержат, как правило, остатки разных кислот. **Молочный жир** представлен преимущественно смешанными триглицеридами. Молочный жир отличается от других жиров значительным содержанием (7,4-9,5%) низкомолекулярных летучих кислот - масляной, капроновой, каприловой, каприновой - и одновременно низким содержанием (5%) биологически ценных полиненасыщенных жирных кислот: линолевой, линоленовой, арахидоновой. Молочный жир образует в неохлажденном молоке эмульсию, в охлажденном - суспензию. Его температура плавления 27-34С, т.е. ниже температуры тела человека. Это способствует практически полному усвоению жира молока. Массовая доля жира в коровьем молоке составляет 2,8-4,5%. Диаметр жировых шариков от 0,1 до 20 мкм (средний - 3-5 мкм). Энергетическая ценность молочного жира 37,7 кДж / кг, усвояемость - до 98%

Биологическая ценность липидов определяется содержанием полиненасыщенных жирных кислот, а также фосфолипидов и витаминов. Среди насыщенных жирных кислот в молоке более всего преобладают пальмитиновая, миристиновая, стеариновая, а среди полиненасыщенных – олеиновая, линоленовая и арахидоновая. Причем эти кислоты не синтезируются в организме человека и должны поступать с пищей. Поэтому эти кислоты называют незаменимыми жирными кислотами.

В составе жира преобладают насыщенные жирные кислоты, среднее количество которых составляет 65% (колебания от 53 до 77%). Содержание ненасыщенных кислот в среднем равно 35% (при колебании летом 34 - 47%, зимой - 25-39%).

Из насыщенных жирных кислот в молочном жире преобладают пальмитиновая, миристиновая и стеариновая, среди ненасыщенных - олеиновая кислота. Олеиновой и стеариновой кислот в жире содержится больше летом, а миристиновой и пальмитиновой - зимой.

По сравнению с жирами животного и растительного происхождения молочный жир характеризуется большим количеством низкомолекулярных насыщенных жирных кислот - масляной, капроновой, каприловой и каприновой. Их содержание в течение года колеблется от 7,4 до 9,5%. Кроме того, только молочный жир содержит 2,5 - 7% трансизомеров олеиновой кислоты - элаидиновую и вакценовую кислоты.

Комплекс ненасыщенных жирных кислот линолевой, линоленовой и арахидоновой (известный как витамин F) участвует в регуляции обмена липидов. Особенно важно, что непредельные жирные кислоты способствуют выведению из организма холестерина, а это препятствует развитию атеросклероза. Также отмечено положительное действие этого комплекса на состояние кожного и волосяного покрова.

Молочный жир, выделенный из молока, содержит сопутствующие жироподобные вещества, или природные примеси. К ним относятся фосфолипиды, гликолипиды, стеринны, жирорастворимые пигменты (каротин и др.), витамины (А, D, E). Несмотря на незначительное количество примесей, некоторые из них существенным образом влияют на пищевую ценность молочного жира. Так, фосфолипиды способствуют обмену липидов, стеринны служат исходным материалом для синтеза витамина D, каротин - для образования витамина А, витамин E является естественным антиокислителем жира и т. д.

Молочный жир находится в молоке в виде шариков диаметром от 0,5 до 20 мкм (в количестве около 3 млрд. в 1 мл). Каждый шарик окружен оболочкой, содержащей редчайшие комплексы **фосфолипидов**, микроэлементов. В отстоявшемся М. жировые шарики, поднявшиеся на поверхность, образуют сливки. От других животных жиров молочный жир отличается более низкой температурой плавления (27 — 34°С) и

застывания (от — 17 до — 21 °С), особым вкусом и высокой усвояемостью; используется как пищевой продукт (сливочное и топленое масло). В М. имеются жироподобные вещества: фосфатиды (лецитин и кефалин, обладающие высокой биологической активностью, в том числе противосклеротическими свойствами) и стерины ([холестерин](#) и эргостерин). В состав молочного жира входит свыше 100 жирных кислот, из них 14 основных кислот содержатся в количестве более 1 %, остальные найдены в не больших количествах (менее 1 % и некоторые < 0,1 %). В составе триглицеридов жира преобладают насыщенные кислоты. Состав жирных кислот молочного жира непостоянен и содержание отдельных жирных кислот в нем может меняться. Он зависит от кормовых рационов, стадии лактации, сезона, географической зоны, породы животных и пр.

В теплом молоке жир находится в виде эмульсии, в холодном — суспензии. Его количество в молоке колеблется от 2 до 6%. Так, в молоке коров остфризской породы жира 2,8—3,2%, в молоке сибирского скота более 4,5%. Вместе с тем иногда встречаются отдельные коровы, в молоке которых менее 2% жира. На содержание жира в молоке влияют многие факторы: период лактации, породность, возраст, физическое состояние животного.

Фосфолипиды, стеарины и другие липиды

Наиболее распространенные фосфолипиды молока - лецитин (от греч. *lekitos* — яичный желток) и кефалин (от лат. *cephalus* -голова), на их долю приходится свыше 60% всех фосфолипидов. Основная часть фосфолипидов молока (60 - 70%) входит в состав оболочек жировых шариков. Их количество в молочном жире вместе с гликолипидами составляет около 1%. Небольшая часть фосфолипидов находится в плазме молока в виде комплексов с белками.

Фосфолипиды обладают способностью эмульгировать жиры и легко образуют комплексы с белками. Так, липопротеидный (лецитино-белковый) комплекс входит в состав оболочек жировых шариков и обеспечивает стойкость жировой эмульсии молока.

Вследствие большого содержания полиненасыщенных жирных кислот фосфолипиды легко окисляются кислородом воздуха (образующиеся в результате окисления альдегиды могут быть причиной появления в жире посторонних привкусов). Они обладают также свойствами слабых антиокислителей (антиоксидантов) и могут усиливать действие истинных антиоксидантов.

При гомогенизации и пастеризации молока часть фосфолипидов (5 - 15%) переходит из оболочек жировых шариков в водную фазу.

Стерины молока представлены в основном холестерином, но в небольших количествах могут встречаться другие стерины животного и растительного происхождения. Содержание стеринов в молоке составляет 0,012 - 0,014%. Они, как и фосфолипиды, находятся в оболочках жировых шариков.

Окраска молочного жира и молока обусловлена наличием в них жирорастворимого пигмента оранжевого цвета - каротина, входящего в группу *каротиноидов*. Содержание каротина в молоке зависит от состава корма, сезона года и породы животных. Летом в молоке содержится 0,3 - 0,9 мг/кг каротина, зимой - 0,05 - 0,2 мг/кг. Зимой и особенно весной, когда животные получают недостаточное количество каротина с кормами, его содержание в молоке снижается. Сезонные колебания цвета сливочного масла также связаны с изменением содержания каротина в корме животных.

Пастеризация и стерилизация молока незначительно разрушают каротин (на 10 - 13%). При хранении молока и масла на свету его содержание снижается.

Минеральные вещества

Поступают в организм животного и переходят в молоко главным образом из кормов и минеральных добавок. Поэтому их количество в молоке находится в прямой зависимости от рационов кормления, окружающей среды (состава почвы, воды и т. д.), времени года, а также породы животного и его физиологических особенностей. Ценность

минерального состава молока — сбалансированность элементов, обеспечивающая нормальное развитие костной и других систем, особенно детского организма.

Для характеристики общего содержания минеральных веществ в пищевых продуктах было введено понятие «зола». Это весь зольный остаток, получаемый после сжигания и сухого озолоения определенной навески продукта (молока). Количество золы в молоке составляет от 0,7 до 0,8 %. Зола - продукт искусственный и не может дать точного представления о минеральном составе молока. Входящие в состав золы элементы имеют как неорганическое, так и органическое происхождение

Исследование минерального состава золы молока, показало наличие в ней более 50 элементов. Из них около 30 определены количественно и разделяются на макро- и микроэлементы. Минеральные вещества находятся в М. в виде солей органических и неорганических кислот. В золу молока входят Ca, P, Na, K, Mg, S, Cl и др.; преобладают Ca (125 — 130 мг в 100 г) и P (95 — 105 мг в 100 г). Высокое содержание легкоусвояемого кальция делает М. особенно ценным продуктом питания, т. к. большинство других продуктов бедно кальцием. К микроэлементам М. относятся Zn, Co, Cu, Mn, I, Fe, Al, Cr, Pb, Ti, Ag и др.

Витамины

Молоко содержит практически все витамины, необходимые для нормального развития человека. Они попадают в него из поедаемого животными корма и синтезируются микрофлорой рубца. Содержание витаминов в молоке колеблется в зависимости от сезона года, стадии лактации, рационов кормления, породы и индивидуальных особенностей коров. Кроме того, содержание некоторых витаминов изменяется при хранении и тепловой обработке молока (пастеризации, сгущении, сушке). Средние показатели наличия витаминов в молоке следующие: так, в 100 г молока витамина А содержится 0,02—0,2 мг; 13 — 0,002; Е — 0,06; к— 0,032; В1 —0,05; В2— 0,2; В6—0,1 —0,15; В12—0,1—0,3; Р—0,05—0,4; В3 — 0,28—0,36; С — 0,5—2,8; Н (биотин) — 0,00001—0,00003 мг.

В молоке витамина А содержится 0,004- 0,1 мг%. Молозиво содержит в 10 - 12 раз больше витамина А, чем молоко. Наиболее богаты витамином А молоко и сливки летне-осеннего периода, когда животные поедают зеленый корм, содержащий много каротина. Масло, выработанное из летнего молока, содержит в 4 раза больше витамина А, чем масло из зимнего молока.

Витамин D образуется в организме животных и человека при их ультрафиолетовом облучении. Молоко содержит сравнительно мало витамина D, летом его в 5 - 8 раз больше, чем зимой.

Витамин Е (токоферолы). Недостаток витамина Е вызывает стерильность (бесплодие) животных. Витамин Е предохраняет жиры от окисления, т. е. обладает антиокислительными свойствами. Токоферолы синтезируются только в растениях (ими богаты растительные масла). В организм животных токоферолы попадают с растительными кормами. В молоке содержится в среднем 0,09 мг% витамина Е, причем его количество летом больше, чем зимой.

Витамин К (витамин коагуляции крови). Этот витамин влияет на процесс свертывания крови. Содержится в зеленых растениях, в организме животных и человека синтезируется микрофлорой кишечника. В коровьем молоке витамин К содержится в незначительных количествах.

Витамин В₁ (тиамин). В молоке содержится, в среднем, 0,04% витамина В₁. Его количество в молоке в течение года почти постоянно и практически не зависит от корма. Способностью синтезировать витамин В₁, а также витамин В₂ обладают некоторые микроорганизмы заквасок. Поэтому его содержание в кисломолочных продуктах можно повысить путем применения активных заквасок.

Витамин В₂ (рибофлавин). Рибофлавин представляет собой желто-зеленый пигмент, который был впервые выделен из молочной сыворотки. При его недостатке нарушаются процессы окисления органических веществ, прекращается рост животных и т. д. Витамин В₂ синтезируется микрофлорой кишечника человека и животных.

Содержание витамина В₂ в среднем 0,28 мг%. В молозиве его содержится в 3- 4 раза больше, чем в молоке. Витамин поступает в молоко из корма и синтезируется микрофлорой рубца. Потребность человека в витамине В₂ удовлетворяется, в основном, за счет молочных продуктов.

Витамин РР (ниацин, никотиновая кислот). При его недостатке возникают кожные заболевания (пеллагра), расстройство нервной системы и пищеварения. Витамин образуется микроорганизмами рубца животного.

В молоке содержится мало витамина РР. Оно, однако, богато триптофаном, из которого в организме человека синтезируется никотиновая кислота.

Витамин В₁₂ (кобаламин). Витамин обладает высокой биологической активностью. Недостаток витамина В₁₂ вызывает злокачественную анемию (злокачественное малокровие). Витамин В₁₂ в природе синтезируется, главным образом, микроорганизмами, которые и служат основным источником его промышленного получения. В организме человека и животных он не синтезируется. В молоке витамина В₁₂ содержится около 0,4 мкг на 100 г (суточная потребность составляет 3 мкг). Молоко и молочные продукты покрывают более 20% суточной потребности человека в витамине В₁₂.

Витамин С (аскорбиновая кислота). Она участвует в окислительно-восстановительных процессах, происходящих в организме. Недостаток витамина С в пище может вызывать цингу. В сыром молоке содержится 0,3 - 2,0 мг% витамина С. Витамин С синтезируется микрофлорой рубца, его содержание в молоке зависит от индивидуальных особенностей животного. Обычно оно повышается зимой и понижается летом.

При хранении молока количество аскорбиновой кислоты снижается. Свет действует разрушающе на аскорбиновую кислоту, поэтому при хранении молока в прозрачных бутылках потери витамина С составляют 50% и более. Лучше сохраняется витамин в бутылках из темного стекла и бумажных пакетах. Это важно учитывать при выпуске витаминизированного молока и кисломолочных напитков.

Ферменты молока.

В состав молока входит свыше **60 ферментов** (важнейшие из них, помимо лактазы, протеаза, [липаза](#), амилаза, каталаза), способствующих [пищеварению](#) и играющих важную роль в процессах переработки М. в молочные продукты.

В молоке ферменты находятся в свободном состоянии, а также связаны с казеиновыми мицеллами и оболочками жировых шариков.

Оксидоредуктазы - это большая группа ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные реакции в живых организмах. К ним относят дегидрогеназы, оксидазы, пероксидазу и каталазу.

Разнообразные дегидрогеназы (редуктазы) накапливаются в молоке при размножении в нем бактерий. С увеличением количества бактерий в молоке активность редуктаз, как правило, возрастает. С помощью редуктазной пробы на молочных заводах устанавливают бактериальную обсемененность принимаемого молока. Дегидрогеназы, вырабатываемые молочнокислыми бактериями и дрожжами, имеют большое значение при молочнокислом и спиртовом брожении.

Пероксидаза. Фермент окисляет различные соединения с помощью пероксида водорода. Пероксидаза содержится в молоке в больших количествах, попадает в него из клеток молочной железы. Фермент довольно термостабилен, разрушается при температуре около 80°C. Реакцией на пероксидазу в молочной промышленности определяют эффективность пастеризации молока (проба на пероксидазу).

Каталаза. Этот фермент окисляет пероксид водорода. Каталаза переходит в молоко из тканей молочной железы, а также вырабатывается бактериями. Содержание нативной и бактериальной каталазы колеблется. В свежем молоке с низким содержанием микрофлоры и полученном от здоровых животных, каталазы содержится мало. В молозиве и молоке, полученном от больных животных (мастит и другие заболевания), или бактериальнообсемененном ее содержание увеличено. Поэтому определение активности каталазы используют для контроля аномального молока.

Гидролитические и другие ферменты

К гидролитическим ферментам относят ферменты, ускоряющие расщепление жиров, углеводов, белков и других более сложных соединений на более простые (с присоединением воды). В молоке содержатся липазы, фосфатазы, протеазы, лактаза, амилаза, лизоцим и некоторые другие гидролитические ферменты.

Липазы. Ферменты катализируют гидролиз триглицеридов молочного жира. В молоке содержатся нативная и бактериальная липазы. Количество нативной липазы незначительно. Она связана, главным образом, с казеином (плазменная липаза), и лишь небольшая часть ее (около 1%) адсорбирована оболочками жировых шариков (мембранная липаза). Иногда происходит перераспределение плазменной липазы с белков на жировые шарики. При этом в результате гидролиза жира выделяются низкомолекулярные жирные кислоты (масляная, капроновая, каприловая) и молоко прогоркает.

Прогоркание молока в результате гидролиза жира под действием липаз (липолиз) может происходить в процессе хранения и после технологической обработки молока - перекачивания, гомогенизации и т. д.

Нативная липаза инактивируется при температуре пастеризации 80°C. Бактериальные липазы более термостабильны. Они разрушаются при 80 - 90°C.

Фосфатазы. Фермент фосфатаза гидролизует эфиры фосфорной кислоты. В свежесываемом молоке обнаружены щелочная фосфатаза (с оптимумом pH 9,6) и незначительное количество кислой фосфатазы (с оптимумом pH около 5). Фосфатазы попадают в молоко из клеток молочной железы. Щелочная фосфатаза концентрируется на оболочках жировых шариков, кислая связана с белками. Щелочная фосфатаза молока чувствительна к повышенной температуре, кислая фосфатаза термостабильна. Нагревание молока в течение 30 мин при 63°C, кратковременная и моментальная пастеризация при 74—85°C полностью разрушают щелочную фосфатазу. Высокая чувствительность фосфатазы к нагреванию была использована при разработке метода контроля эффективности пастеризации молока и сливок (фосфатазная проба).

Протеазы (протеолитические ферменты). Протеазы катализируют гидролиз пептидных связей белков и полипептидов. В молоке содержится небольшое количество нативной протеазы, переходящей из крови. Она вызывает гидролиз β -казеина. Фермент термостабилен, инактивируется при температуре выше 75°C. Микрофлора молока выделяет более активные протеазы, которые могут вызвать различные пороки молока и масла. Так, при размножении в молоке микрококков и гнилостных бактерий появляется горький вкус, при пониженной кислотности (35 - 40°Т) наблюдается его свертывание.

Молочнокислые бактерии вырабатывают малоактивные протеазы, которые, однако, имеют важное значение при созревании сыров. Активность протеолитических ферментов, выделяемых молочнокислыми палочками и стрептококками, различна. Палочки, по сравнению со стрептококками, выделяют более активные ферменты.

При производстве сыров для свертывания молока применяют протеолитический фермент животного происхождения - **сычужный фермент (химозин)**. Известны заменители сычужного фермента — пепсин и протеолитические ферменты микробного происхождения.

Лактаза. Лактаза катализирует реакцию гидролитического расщепления лактозы на глюкозу и галактозу. Молочная железа фермент почти не вырабатывает, его выделяют молочнокислые бактерии и некоторые дрожжи. Лактаза имеет оптимум действия при pH 5

и температуре 40°C). В молочной промышленности применяют при выработке сгущенного молока с сахаром в производстве низко-лактозных молочных продуктов.

Амилаза. Этот гидролитический фермент катализирует расщепление крахмала до декстринов и мальтозы. В нормальном молоке содержится небольшое количество амилазы, при заболевании коров маститом ее содержание повышается. Амилаза имеет оптимум действия при pH 7,4 и температуре 37°C. Фермент инактивируется при пастеризации молока - нагревание до 63°C в течение 30 мин разрушает амилазу полностью.

Лизоцим (мурамидаза). Это очень важный фермент молока: он гидролизует связи в полисахаридах клеточных стенок бактерий и вызывает их гибель. Вместе с другими антибактериальными факторами (иммуноглобулинами, лактоферрином, лактопероксидазой, лейкоцитами и др.) лизоцим обуславливает бактерицидные свойства свежесвыдоенного молока. Коровье молоко содержит небольшое количество лизоцима, в женском молоке его в 3000 раз больше. Он относится к основным белкам (имеет изоэлектрическую точку при pH 9,5), в кислой среде термостабилен.

В молоко из крови переходят эндогенные **гормоны** (гормоны, выделяемые эндокринными железами животного) и экзогенные гормоны (гормональные препараты, применяемые для стимулирования молочной продуктивности, усвоения кормов, развития животных и т. д.). О содержании гормонов в молоке известно пока очень мало. По химическому строению некоторые из них являются пептидами и белками, большая группа имеет стероидную структуру, другие представляют собой производные аминокислот и жирных кислот.

В молоке содержатся **гормоны** (окситоцин, пролактин, фолликулин, [адреналин](#), [инсулин](#) и др.) и иммунные тела (лизины, опсоины, агглютинины, атитоксины), которые способствуют созданию [иммунитета](#) к заболеваниям.

Газовая фракция молока состоит из углекислоты, кислорода и азота (CO₂, O₂, H₂, NH₃). Общее количество газов, растворенных в молоке, составляет около 80 - 120 мг в 1 кг молока. Из них на долю углекислого газа приходится 50 - 70%, кислорода - 5 - 10%, азота - 20 - 30%. После выдаивания молока количество газов в нем уменьшается и устанавливается на определенном уровне. Затем в процессе хранения вследствие развития микрофлоры в молоке понижается содержание кислорода, поэтому по степени его снижения можно судить о качестве заготавливаемого молока.

Посторонние химические вещества молока (Загрязняющие вещества)

- Токсичные элементы — свинец (не более 0,1 мг/кг), мышьяк (не более 0,05 мг/кг), кадмий (0,03 мг/кг), ртуть (0,005 мг/кг)
- **Микотоксины** — [афлатоксин](#) М1 Иногда в молоко могут выделяться различные растительные яды (токсины), вызывающие отравления не только молодых животных, но и человека. В организм животных они попадают при поедании ядовитых растений (безвременник осенний, лютик и др.) или при скармливании им зерновых кормов с примесью ядовитых семян (куколь и др.), неумеренных количеств хлопчатниковых жмыхов, проросшего картофеля и др.

Сильнодействующие токсины могут выделяться некоторыми видами плесневых грибов (*Aspergillus*, *Fusarium* и др.). При поражении кормов (сено, солома, зерно и продукты их переработки) плесневыми грибами в них образуются и накапливаются так называемые *микотоксины*. Поэтому скармливание заплесневелых кормов может вызвать отравление животных и выделение части микотоксинов в молоко.

Пастеризация молока незначительно снижает токсичность микотоксинов. Поэтому молоко и другие пищевые продукты, загрязненные микотоксинами, представляют опасность для здоровья людей.

Причиной сильных отравлений молочными продуктами могут быть токсины бактериального происхождения, например, *энтеротоксины*, вырабатываемые коагулазоположительными стафилококками. Источники загрязнения молока

стафилококками разнообразны - животные, больные маститом, люди с гнойничковыми поражениями рук, больные ангиной и т. д.

Энтеротоксины очень термостойки, они выдерживают пастеризацию и разрушаются только при кипячении молока в течение 2 ч. Энтеротоксины, оставшиеся в молоке после пастеризации, могут вызвать сильное пищевое отравление. Отравления иногда возникают при употреблении в пищу творога и сыра, выработанных из молока, обсемененного стафилококками.

Кроме перечисленных токсичных соединений молоко может содержать незначительное количество нитратов и нитритов, которые представляют опасность для здоровья человека.

- **Антибиотики** — [левомецетин](#), [тетрациклиновая](#) группа, [стрептомицин](#), [пенициллин](#), [низин](#)^[3] Введенные антибиотики переходят в молоко и сохраняются в нем. Их содержание в молоке зависит от дозы, свойств введенного препарата и индивидуальных особенностей животного. В связи с этим молоко в течение 2 - 5 дней после применения пенициллина и других антибиотиков нельзя сдавать на молочные заводы. Присутствие антибиотиков в молоке изменяет его свойства. Такое молоко при употреблении его в пищу может вызвать аллергические реакции у людей с повышенной чувствительностью к антибиотикам. Содержание в молоке антибиотиков, даже в небольших концентрациях, подавляет развитие молочнокислых бактерий, применяемых при производстве кисломолочных продуктов. Наиболее чувствительны к антибиотикам термофильный стрептококк и молочнокислые палочки. Антибиотики нарушают сычужное свертывание молока при производстве творога и сыра, что приводит к ухудшению качества этих продуктов. Поэтому на молочных заводах контролируют молоко на наличие антибиотиков.

- **Ингибирующие вещества (моющие и дезинфицирующие средства, антибиотики, сода).** При недостаточно тщательном ополаскивании оборудования и системы трубопроводов водой после мойки и дезинфекции возможны случаи попадания в молоко моющих и дезинфицирующих средств, отрицательно влияющих на его сыропригодность и способность к сквашиванию. Наибольшую опасность представляют препараты, содержащие активный хлор и четырехзамещенные соединения аммония.

- **Соли тяжелых металлов.** Ртуть, свинец, кадмий, попадая в организм животного из кормов, вдыхаемого воздуха и через кожный покров, откладываются в различных органах и тканях. В молоко выделяется лишь незначительная часть поступивших металлов, поэтому оно наименее загрязнено различными тяжелыми металлами. Так, среднее содержание ртути, свинца и кадмия в 1 л молока составляет 5 – 9 % допустимой суточной нормы поступления. Большие количества тяжелых металлов могут выделяться в молоко при отравлении животных различными химическими препаратами. Отравления коров, например ртутью, возможны при использовании для кормовых целей зерна, потравленного ртутьорганическими соединениями (гранозаном, меркураном). При отравлении животных соединениями свинца, мышьяковистыми препаратами, медным купоросом в молоке содержится увеличенное количество свинца, мышьяка, меди.

- **Пестициды.** Пестициды попадают в организм животного и затем в молоко при обработке им кожного покрова животного, а также с кормами, содержащими остатки этих веществ.

Фосфорорганические пестициды довольно быстро разрушаются в пищеварительном тракте животного и переходят в молоко в незначительных количествах. Выделение фосфорорганических соединений с молоком обычно заканчивается через 2 - 5 дней после обработки ими животных или скармливания кормов, обработанных этими препаратами.

Хлорорганические пестициды сильно токсичны и отличаются высокой стойкостью во внешней среде. Они могут сохраняться годами и, постепенно накапливаясь в почве, создают опасность для человека и животных. Поступившие в организм животного

хлорорганические пестициды откладываются в его жировой ткани и длительное время (в течение 2 - 3 мес.) выделяются с молоком.

Поскольку молоко, содержащее хлорорганические пестициды, может приобретать токсические свойства и представлять опасность для здоровья людей, сдача на переработку молока с остатками этих химических средств защиты растений и животных запрещена.

- **Радионуклиды** — цезий-137, стронций-90. Молоко загрязняется радиоактивными веществами, в основном, биологическим путем, т. е. по цепи почва - растения - животные - молоко. В России молоко, молочные и другие пищевые продукты животного и растительного происхождения контролируют на содержание в них опасных для здоровья человека радиоизотопов. Молоко, загрязненное радиоизотопами выше предельно допустимых норм, необходимо перед употреблением предварительно очищать с помощью синтетических ионообменных смол. Из радиоактивно загрязненного молока можно вырабатывать сливочное и топленое масло, в которые переходит менее 1% радиоактивных изотопов от общего их количества в молоке.

Период лактации

Период лактации — это процесс образования и выделения молока из молочной железы. В среднем у коров он длится 305 дней. В нём различают три стадии:

- Молозивный — около 7—10 дней после отела;
- Период получения нормального молока — 280 дней;
- Период получения стародойного молока — 7—14 дней перед окончанием лактации.

Молозиво и стародойное молоко считают аномальным молоком, так как резкое изменение физиологического состояния животного в начале и в конце стадии лактации сопровождается образованием секрета, состав, физико-химические, органолептические и технологические свойства которого значительно отличаются от этих же показателей нормального молока.

Показатель	Молоко	Молозиво	Стародойное молоко
Массовая доля сухих веществ	12,5 %	↑ 25—30 %	↑ 16—17 %
Массовая доля жира	3,5 %	↑ 5,4 %	↑ 6,7 %
Массовая доля белка	3,2 %	↑ 15,2 % (за счёт сывороточных белков)	↑ 5,3 %
Массовая доля лактозы	4,8 %	↓ 3,3 %	↓ 3,7 %
Мин. вещества (соли)	0,8 %	1,2 %	0,8 %
Витамины	Микроколичества	↑	
Ферменты	Микроколичества	↑ липаза	↑ липаза
Органолептические показатели	Цвет — бежевый, вкус — чистый, слегка сладковатый, свойственный молоку	Цвет — желто-бурый, вкус — горький, солоноватый, густая консистенция	Цвет — жёлтый, вкус — горький, густая консистенция
Вязкость	0,0018 Па·с	0,025 Па·с	
Титруемая кислотность	15,99—20,99 °Т	53 °Т	14—16 °Т

Молозивный период продолжается от 7 до 10 дней после отела коровы. Молозиво существенно отличается от нормального молока но имеет специфический вкус и запах, более вязкую консистенцию, цвет – светло желтый, повышенную плотность (в среднем от

40 до 50 °А). Для молозива характерна повышенная кислотность, особенно в первые сутки (от 30 до 50 °Т), затем резко снижающаяся и составляющая (от 22 до 25 °Т) к концу молозивного периода. В молозиве в 2 раза больше сухих веществ (25 % вместо 12,5 % в нормальном молоке).

Повышение сухих веществ происходит за счет увеличения белков, причем белков сывороточных, имеющих огромное значение для новорожденного теленка. Содержание альбумина в молозиве может достигать от 10 до 12 %, а глобулина от 8 до 15 %. При чем иммунные глобулины в первом удое составляют в среднем 70 % всех сывороточных белков. В молозиве в 1,5-2 раза больше минеральных веществ, значительно больше витаминов. Молозиво обладает прекрасными бактерицидными свойствами, защищающими организм новорожденного от болезней и различных пищевых рас-тroyств. В нем повышено количество соматических клеток. Молозиво обладает послабляющим действием, возбуждает перистальтику кишечника и об-легчает освобождение новорожденного от микония (первородного кала), ска-пливающегося за внутриутробный период жизни.

Технологического значения молозиво не имеет никакого так как в нем значительно изменено соотношение основных компонентов за счет снижения технологически важных. Молозиво совершенно не выдерживает пастеризации, оно свертывается уже при 60 °С и свертывает всю партию молока, если примесь его составляет 10 % и более. Молочные продукты выработанные из молока с примесью молозива – не приятны на вкус и быстро портятся. Особенно чувствителен к примеси молозива сыр. Технология сыров основана на сложнейших микробиологических и ферментативных процессах. И молозиво, обладающие бактерицидными свойствами, действует на сырную закваску подобно ингибиторам, затрудняя изготовление сыров.

В молозиве (колоструме) по сравнению с молоком содержится в 3...5 раз больше белков (60...80% которых составляют сывороточные белки, главным образом иммуноглобулины), почти в 1,5 раза больше жира и минеральных веществ, но меньше лактозы (табл. 1.2). Кроме того, в нем содержится больше, чем в обычном молоке, фосфолипидов (в 3...5 раз), каротина (в 3,5...4 раза), витаминов (А, Е, В, В7, С и др.), макро — и микроэлементов (Са3 Мв, Р, Ре, Си, Ёп> Со и др.), ферментов (каталазы, лактопероксидазы, ксантиноксидазы и др.),лизоцима, лактоферрина, лейкоцитов (пей грофилоз) и других защитных факторов, предохраняющих организм теленка от заболеваний и отравлений. В первый день лактации кислотность молозива достигает 40...50Т, плотность 1037...1040 кг/м³, вязкость 25- Па-с. Оно имеет интенсивно желтый или желтовато-бурый цвет, горький или солоноватый вкус, специфический запах, густую, вязкую консистенцию.

Стародойное молоко характеризуется повышенным количеством лейкоцитов (лимфоцитов), жира, белков, ферментов (липазы и др.), уменьшенным содержанием минеральных веществ и лактозы. Его плотность составляет около 1032 кг/м³, кислотность снижается до 14-16Т, а иногда до 9-12Т, вкус из-за повышенного количества свободных жирных кислот (образующихся при гидролизе жира) и хлоридов становится горьковато-солоноватым.

Химический состав молока животных (в %) и его калорийность

Животные	Сухие вещества	Жир	Белок		Молочный сахар	Минеральные вещества	Калорийность (ккал в 100 г)*
			казеин	глобулин и альбумин			
Корова	13,0	3,9	2,7	0,5	4,7	0,7	69
Буйволица	17,9	7,7	3,8	0,7	4,8	0,8	110
Самка зебу	15,9	7,0	3,7	0,5	3,5	0,8	98
Самка яка	17,8	6,8	3,6	0,7	5,0	0,9	104

Кобылица	10,7	1,8	1,2	0,9	6,4	0,3	52
Верблюдица	13,6	4,5	2,6	0,9	4,9	0,7	76
Ослица	9,9	1,4	0,9	1,0	6,2	0,5	46
Самка северного оленя	33,8	18,7	8,3	2,0	3,6	1,4	230
Овца	18,5	7,2	4,5	1,2	4,6	0,9	109
Коза	13,4	4,3	3,0	0,6	4,5	0,8	73
Свинья	16,0	4,6	6,0	1,2	3,1	1,1	85
Крольчиха	30,6	10,5	13,5	2,0	2,0	2,6	170
Собака	23,0	9,3	4,1	5,6	3,1	0,9	141
Кошка	17,8	3,3	3,1	6,0	4,9	0,5	91
Самка дельфина	51,2	43,7	—	—	—	0,5	—
Самка кита	37,6	22,2	8,2	3,8	1,8	1,7	264

*1 ккал = 4, 19 кДж.

Лекция №10

Лекция Химический состав мяса.

Изменения мяса в процессе кулинарной обработки.

Мясо — скелетная поперечно-полосатая мускулатура животного с прилегающими к ней жировой и соединительной тканями, а также прилегающей костной тканью (мясо на костях) или без неё (бескостное мясо). Мясом называется совокупность тканей мышечной (39-62%), жировой (3-45%), нервной, соединительной (6-12%), хрящевой и костной (10-35%) в их естественном соотношении и остаточного (0,8-1%) количества крови. Иногда мясом называют некоторые субпродукты: язык, печень, почки, мозги, сердце, диафрагма и др. Мясо используется преимущественно как пищевой продукт.

Преобладающая составная часть мяса — мышечная ткань, в состав которой входят: влага (73—77 %), белки (18—21 %), липиды (1—3 %), экстрактивные вещества (1,7—2 % азотистых, 0,9—1,2 % безазотистых), минеральные вещества (0,8—1,0 %).

Кроме мышечной ткани в состав мяса входят соединительная, жировая и небольшое количество нервной ткани.

Питательная ценность мяса обусловлена входящими в его состав полноценными белками, содержащими незаменимые аминокислоты (валин, лейцин, изолейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин), и липидами, в состав которых входят незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты. С мясом поступают в организм человека микроэлементы и витамины. Экстрактивные вещества мяса улучшают вкус пищи, возбуждают аппетит, усиливают секрецию пищеварительных

В зависимости от видовых особенностей, химический состав и свойства мяса продуктивных животных различаются. Свинина имеет более нежную консистенцию, повышенное содержание жировой ткани, специфический приятный аромат и вкус. Благодаря этому промышленное значение свинины определяется содержанием как мышечной, так и жировой ткани. Говядина представлена более грубыми мышечными волокнами, имеет яркий цвет, содержит меньше экстрактивных веществ, тугоплавкий жир; технологическое значение говядины заключается в наличии водо- и солерастворимых белков.

Животные различных пород имеют значительные отличия как по живой массе, так и по качеству мяса.

Таблица 1. Содержание веществ в мясе различных видов животных

Продукт	Вода, %	Белки, %	Жиры, %	Минеральные вещества, %
Баранина 1-й категории	67,6	16,3	15,3	0,8
Буйволятина --/--	66,8	19,0	13,2	1,0
Говядина --/--	67,7	18,9	12,4	1,0
Конина --/--	69,6	19,5	9,9	1,0
Оленина --/--	71,0	19,5	8,5	1,0
Свинина (беконная) 1-й категории	54,8	16,4	27,8	1,0
Свинина (мясная) 2-й категории	51,6	14,6	33,0	0,8
Телятина 1-й категории	78,0	19,7	1,2	1,1
Верблюжatina	70,7	18,9	9,4	1,0

Пищевая ценность мяса

Мясо служит важнейшим источником белков и жира. Белков в мясе в среднем 16-20%, а содержание жира резко колеблется — от 0,5 в тощем мясе до 35% и выше в особо жирном (в мякотной части туши без костей). Кроме белков и жиров, в мясе содержатся минеральные вещества, немного углеводов (гликоген) и воды, а также азотистые и безазотистые экстрактивные вещества, ферменты и др.

Пищевая ценность мяса определяется питательной и биологической ценностью прежде всего содержащихся в нем белков, хорошо сбалансированным составом аминокислот. Высокой биологической ценностью обладают и лучше усваиваются организмом белки, наиболее близкие по свойствам и аминокислотному составу к составу белков организма человека.

Массовая доля белков в говядине и баранине больше, чем в свинине. В говядине мясных пород белков на 2-3% больше, чем в мясе молочных и комбинированных пород. В мясе задней части туши белка больше, чем в передней, в мясе тощих и слабо упитанных животных белков на 1-5% больше, чем в мясе упитанных, в мясе молодняка больше, чем у взрослого скота.

Углеводы мяса представлены в основном гликогеном, которого в мясе содержится 0,6-0,8%, в печени — 18%; он служит запасным веществом для пополнения крови глюкозой, образующейся при ферментативном распаде гликогена. Массовая доля его в мясе с большим содержанием мышечной ткани выше, чем в жирном мясе.

Экстрактивные вещества мяса растворяются в горячей воде, переходят в бульон. Среди экстрактивных веществ находятся вкусовые, ароматические и биологически активные вещества (витамины, вещества с гормональными свойствами).

Минеральные вещества мяса усваиваются наилучшим образом, так как поступают в организм человека в форме, наиболее близкой к той, в которой они связаны в организме. Они оказывают влияние на синтез белка, обмен веществ, растворимость и набухаемость белков мышечной ткани мяса, являются активаторами ферментов. В мясе преобладают калий, фосфор, натрий, хлор, цинк, железо и мало кальция.

Химический состав мяса

Мясо животных имеет сложный химический состав. По своей биохимической природе оно представляет собой сложный многофазный коллоид, основной средой которого является вода. Кроме воды, в него входят белок, жир, экстрактивные и минеральные вещества, ферменты, витамины.

В мясе наиболее подвержено изменениям содержание жира и воды. Количество белка и минеральных веществ изменяется в значительно меньшей степени.



Основную часть органических веществ мяса *составляют белки*. Они являются его наиболее ценным компонентом. На их долю приходится в среднем около 20 %.

Белки состоят из аминокислот, девять из которых являются незаменимыми для человека.

Содержание незаменимых аминокислот в мясе

Аминокислота	% к общему белку				
	Говядина	Свинина	Баранина	Мясо кур	Мясо индейки
Лизин	9,4	7,8	7,6	7,5	9,0
Триптофан	1,1	1,4	1,3	0,8	0,9
Метионин	2,3	2,5	2,3	2,6	1,8
Валин	5,7	5,0	5,0	5,1	6,7
Изолейцин	5,1	4,9	4,8	5,0	4,1
Лейцин	8,4	7,5	7,4	7,6	6,6
Фенилаланин	4,0	4,1	3,9	3,7	4,0
Треонин	4,0	5,1	4,9	4,0	4,0
Аргинин	6,6	6,4	6,9	6,7	6,5

Белки. В мясе содержится от 11,4—20% белков. Основная часть являются полноценными. Полноценные белки находятся большей частью в мышечной ткани. Это миозин, актин, актомизин, миоглобин, глобулин. Миоглобин имеет пурпурно-красную окраску, это обуславливает окраску мышечной ткани.

Однако фактически белок животных продуктов представляет собой смесь фракций, которые структурно расположены в разных местах живой ткани, выполняют разнообразные функции и имеют неодинаковый химический состав: 1) **белки саркоплазмы**; 2) **белки миофибрилл**; 3) **белки сарколеммы**.

Основной фракцией мышечной ткани является волокно, состоящее из миофибрилл (10% ткани или 56% от общего белка), между которыми находится жидкость - саркоплазма (6% ткани или 33% общего белка). Волокна связаны между собой трубочками и мембранами, образующими соединительную ткань (2% от мышечной ткани или 11% общего белка). Кроме того, в мышечной ткани содержится до 3,5% различных небелковых азотистых веществ (креатинин - 0,55%, инозинмонофосфат - 0,3, ди- и трифосфопиридиннуклеотиды - 0,07, свободные аминокислоты - 0,35, карнозин и ансерин - 0,3% и др.).

Саркоплазма содержит более сложный комплекс белков. В ней обнаружены **миоген, миоглобин, глобулин и миоальбумин**. Все белки саркоплазмы биологически ценные.

Миоген составляет 20—30% всех белков мышечной ткани; он легко экстрагируется водой и на поверхности бульона после свертывания образует пену.

Миоглобин и его соединения обуславливают окраску мышечной ткани. Интенсивно работавшие мышцы содержат больше миоглобина и имеют более темную окраску по сравнению с мало работавшими мышцами. В мышцах молодых животных значительно меньше миоглобина, чем у взрослых, и в связи с этим они имеют бледно-розовую окраску. Малым содержанием миоглобина объясняется и бледная окраска свинины. При скоплении миоглобина мышечная ткань приобретает буро-коричневую окраску.

Количество **миоальбумина** колеблется в пределах 1%. Изменение в составе миоглобина вызывает изменения цвета мышечной ткани (побурение, позеленение).

Указанные белки миофибрилла и саркоплазмы имеют полноценный аминокислотный состав. При температуре 42–65°C в них начинается *процесс денатурации*. Белок саркоплазмы **миоген** свертывается и образует на поверхности бульона пену. Это объясняется его способностью легко экстрагировать с водой.

В состав **миофибриллярных белков** входят **миозин, актин, актомиозин, тропомиозин, десмолин, тропонины** и ряд других белков.

Миозин — наиболее важный белок, в общем количестве **белков мышечной ткани** составляет 35%. При определенных условиях он соединяется с белком актином. Актомиозиновый комплекс содержит все незаменимые аминокислоты.

Миозин составляет около 40%, **миоген** — 20%, **миоальбумин** — 2% и т. д. Миозин и миоген выполняют в мышцах также роль ферментов, ускоряющих важные реакции, происходящие в процессе мышечной работы. **Миоглобин** (мышечный гемоглобин по составу очень близок к гемоглобину крови) в соединении с кислородом образует оксимиоглобин, окрашивающий мускулы в ярко-красный цвет.

Белки **сарколеммы** являются неполноценными по своему аминокислотному составу. На их долю приходится более 2,4% общего количества белков мышечной ткани. К основным белкам сарколеммы принадлежат коллаген, эластин и ретикулин.

Неполноценные белки (**эластин, коллаген**) содержатся в соединительной ткани, в небольших количествах они имеются в мышечной ткани. **Белок коллаген** входит в состав коллагеновых волокон — основной части соединительной ткани. **Эластин** содержится в виде волокон в стенках кровеносных сосудов, хрящах и в рыхлой соединительной ткани.

Мясной белок обладает хорошо сбалансированным аминокислотным составом, в нем нет недостатка незаменимых аминокислот.

Качество мяса зависит от содержания в нем соединительных тканей (до 15%). Чем их больше, тем биологическая и пищевая ценность ниже. Отличительной особенностью соединительных тканей является высокое содержание оксипролина - 12,8%, низкое - цистина и почти полное отсутствие такой важной незаменимой аминокислоты, триптофан. Поэтому содержание оксипролина часто используют как показатель содержания соединительных тканей, а отношение «триптофан:оксипролин» - как показатель качества мяса: чем он выше, тем качество лучше.

Второй важнейшей составной частью мяса является жир. Количество жира в мясе колеблется в довольно широких пределах и зависит от вида, породы, возраста, упитанности животных и других факторов.

С увеличением возраста животного содержание жира в мясе увеличивается. Количество белка при этом изменяется незначительно. Интенсивность желтой окраски говяжьего жира зависит от содержания в нем каратиноидов.

Жиры. В мясе содержится от 1,2 до 49,3% жира. Лучшим по вкусу считается мясо с одинаковым содержанием жира и белка (по 20%).

Усвояемость жиров зависит от температуры плавления. Наиболее тугоплавким является жир бараний, он усваивается на 90%; говяжий жир усваивается на 94, а свиной жир — на 97%.

Жировая ткань повышает пищевую ценность, калорийность мяса, а во многих случаях улучшает его вкус. Видимые жировые отложения в мясе представляют собой видоизмененную рыхлую соединительную ткань, в клетках которой накапливается жир. Кроме видимых жировых отложений, он входит в состав мышечных клеток, мозгового вещества, крови, печени, почек, селезенки и др.

Различают жир подкожный, внутренний и мышечный. Жир одного и того же животного, взятый из разных мест туши, имеет неодинаковый химический состав. Например, подкожный жир говядины содержит (в %): жира — 65, соединительной ткани — 5, воды — 30; почечное сало: жира — 94, соединительной ткани — 1 и воды — 5.

Химический состав жира и температура его плавления различны не только в разных местах отложения жира, но и на разной глубине залегания в жировом слое. В тканях упитанных животных содержится меньше воды, чем у тощих. С понижением упитанности снижается также пищевая ценность жира за счет изменения его химического состава (увеличения содержания воды и соединительной ткани).

Температура плавления, усвояемость, консистенция зависят от вида жирных кислот, входящих в состав жира. Животные жиры почти на 30% состоят из высокомолекулярных насыщенных жирных кислот. Наибольшее их количество содержится в бараньем жире, наименьшее — в свином, поэтому бараний жир имеет низкую усвояемость, более твердую консистенцию, более высокую температуру плавления (44—55°C).

Содержание жира (в %): в мышечной ткани около 3; в жировой --60-94; в соединительной - 1,3-3; в костной - 3,8--24. Жиры разных видов животных отличаются по своим свойствам, что объясняется различным составом жирных кислот, преобладающих в них. Животные жиры представляют собой смесь триглицеридов, в их состав входят также в небольших количествах ди- и моноглицериды, свободные жирные кислоты. Жирные кислоты глицеридов определяют физико-химические свойства жиров. Так, в говяжьем и бараньем жире в два раза больше насыщенной стеариновой кислоты, чем в свином; в курином - мало насыщенных кислот, поэтому свиной и куриный жир более мягкие. В курином жире содержится 18-23% ненасыщенной линолевой кислоты, в говяжьем - 2-5%.

В составе животных жиров присутствуют незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты, играющие важную роль в обменных процессах: линолевая, линоленовая и арахидоновая. Подобно незаменимым аминокислотам, они в организме не синтезируются или синтезируются ограниченно. Окраску жирам придают пигменты каротин и ксантофил.

Холестерин — жироподобное вещество в мясе, довольно устойчив при тепловой обработке. В мясе содержится от 0,06 до 0,1 % холестерина.

Углеводы. Общее количество углеводов в мясе находится в пределах 0,4 – 1,0 %. Из углеводов следует отметить гликоген (животный крахмал), являющийся запасным питательным веществом, отлагающимся в печени. Содержание гликогена в мясе разных видов животных обычно не более 1,0%. Углеводов в мясе немного: гликогена от 0,1 до 1%, молочной кислоты 0,5-0,9%, глюкозо-6-фосфата 0,17%, глюкозы до 0,01%.

В мышечной ткани гликоген присутствует как в свободном, так и в связанном с белками состоянии. В мышцах откормленных и упитанных животных гликогена несколько больше, чем у истощенных, утомленных и больных. После убоя животного гликоген распадается с образованием, в основном, молочной кислоты, от содержания которой зависят многие процессы, косвенно оказывающие влияние на консистенцию и вкус мяса. Кроме того, кислая среда, обусловленная накоплением молочной и фосфорной кислот, препятствует развитию гнилостной микрофлоры.

В мышечной ткани животных с высокой упитанностью сразу после убоя содержание гликогена максимальное (до 550 мг%), а у истощенных животных — минимальное (менее 200 мг%). При одинаковой упитанности в мясе молодых животных гликогена несколько больше, чем в мясе взрослых животных. *Углеводы мышечной ткани* в основном представлены гликогеном и продуктами его гидролиза (в небольшом количестве) — декстринами, мальтозой, глюкозой. Превращение гликогена оказывает большое влияние на послеубойные изменения, проходящие в мясе, и на его созревание. Запасы гликогена используются организмом животного при жизни в качестве энергетического сырья для работы мышц. Запасы гликогена откладываются в основном в печени (до 18%) и мышечной ткани (до 0,9%) животного.

Минеральные вещества мышечной ткани мяса представлены макро- (калий, фосфор, натрий, хлор, магний, кальций, железо) и микроэлементами (кобальт, фтор, медь,

марганец, йод, алюминий). Они находятся в мышечной ткани в легкоусвояемой форме и влияют на растворимость и набухаемость белков.

Минеральные вещества мяса представлены в основном солями калия, натрия, магния, кальция, железа и кислот (фосфорная, соляная и др.). В мясе содержится от 0,8 до 1,3% минеральных веществ. Они необходимы для построения клеток тканей и обмена веществ в организме. Большое значение имеют соединения железа, которые входят в состав гемоглобина крови и способствуют кровообращению. Соединения кальция и фосфора идут на построение костей. Из макроэлементов присутствуют натрий, калий, хлор, магний, кальций, железо. Наиболее удельный вес имеют калий и фосфор. В нем содержится много фосфора, железа, цинка - важнейших биоэлементов. При этом важно подчеркнуть, что эти элементы в отличие от растительных продуктов находятся в легкоусвояемой форме, например, железо усваивается из мясных продуктов в три раза лучше, чем из растительных.

Вода содержится в мясе разных видов животных от 50 до 75% и зависит от упитанности и возраста животного. Чем жирнее мясо, тем меньше в нем воды. В мясе молодых животных воды больше, чем в мясе взрослых. Высокое содержание воды снижает пищевую ценность и способствует быстрой порче мяса.

Вода в мясе животных находится в связанном и свободном состояниях. Связанная вода (6 – 15 %) прочно удерживается химическими компонентами клетки. Путем высушивания от клетки ее отделить невозможно.

Свободная вода удерживается благодаря осмотическому давлению и адсорбции клеточными элементами. При высушивании она отделяется от клетки.

С повышением упитанности животных содержание воды в мясе уменьшается. Это связано с тем, что в жировой ткани воды значительно меньше. В мясе молодняка воды содержится больше, чем в мясе старых животных.

Содержание воды в мясе не постоянно. После поения животного вода быстро поступает в кровь, а затем – в ткани. Поэтому содержание влаги в мясе, полученном от такого животного, будет выше, чем от животного, долго не принимавшего воду.

Витамины представлены водорастворимыми витаминами группы В, Н и РР и жирорастворимыми — А, D, Е. Наиболее богаты витаминами печень, почки. Мясо животных содержит многие *витамины*: В₁, В₂, В₃, В₆, В₁₂, Н, РР. Другие витамины (А, С) содержатся в сравнительно небольших количествах. С повышением упитанности животных в мясе увеличивается количество жирорастворимых витаминов.

Высокотемпературная обработка мяса разрушает часть витаминов. Так, при варке содержание их уменьшается на 45 – 60 %, жареньи – на 10 – 15, стерилизации (изготовление консервов) – на 10 – 55 %.

Массовая доля рибофлавина В₂ (0,13-0,17 мг %), РР (3,9-6,7 мг %), фолиевой кислоты (0,013-0,026 мг %) и биотина (3,4-4,6 мг %) в говядине, свинине и баранине примерно одинаковая. В говядине и баранине витамина В₁₂ в 2-3 раза больше, чем в свинине, которая богаче тиаминном В₁ (0,74-0,94 мг %), витамином В₆ (0,42-0,5 мг %) и пантотеновой кислотой В₃ (0,7-2 мг %) по сравнению с говядиной и бараниной.

Массовая доля жирорастворимого витамина А и витамина С в мясе незначительна. Витамин В₁ частично разрушается при посоле, копчении, варке (в вареном мясе его остается 75%), консервировании и тепловой сушке; витамины В₂ и РР более устойчивы при варке (остаток 85%); В₆ неустойчив (остаток 45-60%), а пантотеновая и фолиевая кислоты, биотин и витамин В₁₂ - весьма устойчивы. В мясные бульоны переходит 10-15% водорастворимых витаминов.

Экстрактивные вещества содержатся в мясе в небольшом количестве (до 1%), при варке переходят в бульон, обуславливая специфический вкус и аромат. *Экстрактивные вещества* играют основополагающую роль в формировании аромата и вкуса мяса. Они образуются в процессе созревания в результате автолитических превращений белков, липидов, углеводов и других составных частей мяса.

Экстрактивные вещества мяса подразделяются на азотистые (креатин, креатинин, креатинфосфат, карнитин, карнозин, свободные аминокислоты, пуриновые основания, мочевины и другие) и безазотистые (гликоген, глюкоза, пировиноградная и молочная кислоты и другие). Общее содержание их в мышечной ткани составляет около 2 %. Больше их содержится в мясе старых животных.

Химический состав *экстрактивных веществ* мышечной ткани непостоянен и зависит от глубины послеубойных изменений в мясе. Отдельные экстрактивные вещества или продукты их превращений существенно влияют на многие свойства мяса. Они оказывают влияние на его консистенцию, влагоудерживающую способность белков и отчасти определяют вкус и аромат мяса. Различают азотистые и безазотистые экстрактивные вещества.

К *азотсодержащим экстрактивным веществам* относят креатин, креатинин, креатин фосфат, карнозин, метилгуанидин, аденозинтрифосфорную кислоту и продукты ее распада, свободные аминокислоты, глутатион, пуриновые и пиримидиновые основания. Они являются энергетическим материалом, гормональными веществами и продуктами обратного метаморфоза мышечных белков, служат для восстановления и возобновления изношенных частей. Многие из перечисленных низкомолекулярных соединений участвуют в образовании вкуса и аромата мясных продуктов.

Карнозин и ансерин влияют на фосфорный обмен веществ, являются специфическими возбудителями секреции кишечного сока и оказывают влияние на секрецию желудочного сока. Карнитин и метилгуанидин обладают теми же свойствами, но уступают в эффекте карнозину. Метилгуанидин также действует на дыхательный аппарат. По содержанию креатина судят о крепости бульона. Глутатион активизирует мышечные ферменты, улучшающие консистенцию мяса.

К *экстрактивным веществам, не содержащим азота (безазотистые)*, относят углеводы и продукты их обмена (гликоген, декстрины, глюкоза, мальтоза, молочная, пировиноградная, янтарная и другие органические кислоты), а также витамины и органические фосфаты (АТФ, АДФ и др.), играющие важную роль в энергетическом обмене.

Количество и соотношение этих веществ зависят от состояния животного и продолжительности хранения мяса. Они обуславливают послеубойные изменения в мясе; глутаминовая и инозиновая кислоты формируют вкус и аромат мясного бульона; карнозин обладает высокой биологической ценностью, так как пробуждает аппетит и секрецию пищеварительных желез.

При употреблении мясных блюд экстрактивные вещества вызывают аппетит, способствуют лучшему усвоению пищи. В сыром мясе содержится около 3,5% экстрактивных веществ.

К азотсодержащим относятся продукты белкового обмена: промежуточные - пуриновые основания, аминокислоты и др., конечные - мочевины, мочевая кислота, аммонийные соли и др. Так, вкусовые свойства вареного мяса приписывают глутаминовой кислоте, тирозин ухудшает аромат мяса, на аромат свинины положительно влияют серин и глицин. Карнозин и ансерин стимулируют секрецию пищеварительных желез. Холин вызывает перистальтику кишечника, по массовой доле креатина судят о крепости бульона, глутатион активизирует ферменты мышц, улучшающие консистенцию мяса. Экстрактивные вещества возбуждают аппетит, т. е. усиливают деятельность пищеварительной системы и повышают усвояемость мяса.

Массовая доля азотистых экстрактивных веществ в баранине (0,52%) больше, чем в говядине (0,39%), в мясе задней части туш больше, чем в передней четвертине. В мясе молодняка массовая доля экстрактивных веществ увеличивается с повышением упитанности, в мясе взрослых упитанных животных их доля при откорме не изменяется.

Ферменты — это белковые соединения, вырабатываемые клетками организма. Они способны вызывать глубокие изменения других веществ. Ферменты в живом

организме регулируют обмен веществ. В мясе находятся более 50 ферментов, при участии которых происходит расщепление различных веществ. К ним относят протеазы, липазы и др. Так, под влиянием тканевых липаз происходит гидролиз жира. Катепсины вызывают деструкцию высокомолекулярных белков.

Ферменты катализируют процессы автолиза (самораспада тканей), в результате которых происходит созревание мяса, а при глубоком автолизе - его порча.

В мясе содержатся различные *ферменты*. Одни из них (липаза, амилаза, пепсин) участвуют в биохимических превращениях вещества в клетках и тканях. Другие (например, пероксидаза) имеют большое практическое значение при определении свежести мяса и распознавании мяса павших животных.

Кроме того, некоторые белки обладают ферментативными свойствами (например, белок миозин). Он расщепляет АТФ с освобождением энергии, которая используется при мышечном сокращении в процессе созревания мяса.

Энергетическая ценность 100 г мяса составляет 105—489 ккал, зависит от вида, упитанности и возраста животных.

С повышением упитанности животного количество белка в мясе уменьшается за счет увеличения массовой доли жира в нем. В связи с этим повышается энергетическая ценность мяса.

На химический состав мяса оказывают влияние условия кормления и содержания животных. Так, в мясе крупного рогатого скота, откормленного на жоме и барде, воды содержится больше, чем у откормленного на силосе и траве. Увеличение количества концентрированных кормов в рационе откармливаемых животных способствует снижению содержания воды в мясе.

Мясо скота, откормленного на пастбище, по качеству лучше мяса животных, откормленных в условиях стойлового содержания. В жире таких животных содержится больше витаминов А и Д.

В соединительной ткани преобладают неполноценные по аминокислотному составу белки: *коллаген, эластин, ретикулин* – они служат материалом для построения волокнистой структуры межклеточного вещества. При длительном нагревании в воде коллаген переходит в водорастворимую форму – глютин (желатин), который в горячей воде образует вязкие растворы, а при охлаждении переходит в студень – гель. Белок эластин не усваивается организмом человека. Он устойчив к воздействию кислот, щелочей и горячей воды; *муцины и мукоиды* – белки основного вещества.

Белки жировой ткани также являются в основном неполноценными. Жироподобные вещества представлены лецитином и холестерином. В этом виде ткани в основном содержатся жирорастворимые витамины. В зависимости от расположения жировой ткани у нее может быть различное содержание. Например, внутренняя жировая ткань всегда содержит больше жира и меньше воды, чем подкожная и мышечная. Внутренний жир содержит больше насыщенных жирных кислот, поэтому он характеризуется более высокой температурой плавления и усваивается хуже, чем подкожный.

В хрящевой ткани преобладают вода (до 70%), белки (до 20%) и минеральные вещества (до 10%).

Белковые вещества мышечной ткани влияют на физико-химические показатели сырья - липкость, вязкость, водосвязывающую способность, рН. Эти показатели определяют сочность, нежность и выход продукции.

Химический состав и энергетическая ценность мяса и субпродуктов

- Читайте также

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Калорийность, ккал
Баранина	16.3	15.3	0.0	202
Вымя говяжье	12.3	13.7	0.0	172
Говядина	18.9	12.4	0.0	187
Гусятина	16.1	33.3	0.0	364
Индейка	21.6	12.0	0.8	197
Конина	20.2	7.0	0.0	143
Кролик	20.7	12.9	0.0	198
Куры	20.8	8.8	0.6	164
Мозги говяжьи	9.5	9.5	0.0	123
Печень баранья	18.7	2.9	0.0	100
Печень говяжья	17.4	3.1	0.0	97
Печень свиная	18.8	3.6	0.0	107
Почки бараньи	13.6	2.5	0.0	76
Почки говяжьи	12.5	1.8	0.0	66
Почки свиные	13.0	3.1	0.0	79
Свинина жирная	11.4	49.3	0.0	489
Свинина нежирная	16.4	27.8	0.0	315
Свинина тощая	16.5	21.5	0.0	259
Сердце баранье	13.5	2.5	0.0	76
Сердце говяжье	15.0	3.0	0.0	87
Сердце свиное	15.1	3.2	0.0	89
Телятина жирная	19.0	8.0	0.0	148
Телятина тощая	20.0	1.0	0.0	89
Утятина	16.5	31.0	0.0	345
Цыплята	18.7	7.8	0.4	146
Язык говяжий	13.6	12.1	0.0	163
Язык свиной	14.2	16.8	0.0	208

Основная часть легкоусвояемых белков содержится в мышечной ткани. К ним относятся растворимые в воде белки саркоплазмы - миоген, миоальбумин, глобулин и миоглобин. **Миоген** легко экстрагируется водой и на поверхности бульона после свертывания образует пену. **Хромопротеид миоглобин** имеет красную окраску, так как содержит железо: он окрашивает мясо в красный цвет. После убоя животного миоглобин в поверхностном слое мяса на разрезе присоединяет кислород воздуха и образует **оксимиоглобин** ярко-красного цвета. При длительном воздействии кислорода, окиси азота или некоторых других веществ образуется **метмиоглобин** коричневого цвета (при этом двухвалентное железо переходит в трехвалентное). Поэтому при длительном хранении на воздухе цвет мяса становится коричневым (оксимиоглобин переходит в

метмиоглобин). Массовая доля миоглобина в говядине в 2,5 раза больше, чем в свинине, в мясе старых животных - в 2-8 раз больше, чем в мясе молодняка. Мышцы конечностей и шеи окрашены интенсивнее, чем мало работающие, так как в них миоглобина больше. Миоглобин свертывается при 60°C, утрачивает красный цвет, что позволяет судить о готовности мяса при варке. Миоглобин обладает также пероксидазной активностью, в результате которой образуется перекись водорода (ее можно обнаружить по взаимодействию с бензидином и другими веществами). В процессе тепловой денатурации утрачивается ферментативная активность белков. Содержание миогена и глобулина - 20-30% всей мышечной ткани, а миоальбумина и миоглобина - 1-2%.

Саркоплазма и миофибриллы содержат полноценные белки со всеми необходимыми для организма человека незаменимыми аминокислотами.

Миозин - важнейший белок мышечной ткани, составляющий около 40% всех мышечных белков. Он обладает высокой водопоглотительной и водоудерживающей способностью. **Актин** составляет 15% мышечных белков; при взаимодействии с миозином образует актомиозин, обладающий высокой вязкостью.

Белками сарколеммы являются в основном соединительнотканые неполноценные белки - коллаген, эластин, ретикулин. В неполноценных белках мяса нет незаменимой аминокислоты триптофана. Коллаген и эластин находятся преимущественно в соединительной ткани и составляют 3-4% от общего количества белков. Коллаген хотя и относится к неполноценным белкам, после тепловой обработки может почти полностью усваиваться, улучшая общий аминокислотный состав продукта.

Для определения питательной ценности мяса используется белковый качественный показатель, т. е. отношение содержания полноценных белков к содержанию неполноценных. В состав только неполноценных белков входит аминокислота оксипролин. Находится отношение содержания триптофана и оксипролина: чем выше белковый качественный показатель, тем выше питательность мяса.

Минеральные вещества. Сосредоточены минеральные вещества в мышечной и костной тканях, в растворенном в саркоплазме состоянии и в связанной с белками форме. Минеральные вещества мяса усваиваются наилучшим образом, так как поступают в организм человека в форме, наиболее близкой к той, в которой они связаны в организме. Они оказывают влияние на синтез белка, обмен веществ, растворимость и набухаемость белков мышечной ткани мяса, являются активаторами ферментов.

Биохимический статус, определяющий качество мяса, органолептическая оценка мяса и мясных продуктов

Вкус и аромат мяса определяется комплексом более 250 компонентов, которые содержатся в крайне небольших количествах.

В летучей фракции мяса присутствуют органические кислоты, спирты, сложные и простые эфиры, амины и другие азотистые основания, альдегиды, кетоны, фенолы, серосодержащие алифатические и гетероциклические соединения и др.

Однако основополагающую роль в формировании вкусоароматического «букета» мяса играет небольшая группа веществ, называемых ключевыми.

Ароматические вещества высокоспецифичны, даже незначительные изменения в их соотношении или строении приводят к существенным количественным и качественным изменениям аромата. Вещества, обуславливающие вкус и аромат мяса, имеют низкомолекулярную природу и являются экстрактивными. Они неустойчивы и резко меняют свои свойства при тепловой обработке.

При оценке вкуса мяса, как и других пищевых продуктов, различают четыре основных вкуса: соленого, сладкого, кислого и горького. Они создаются в мясе определенными веществами:

- кислый** — в основном молочной, фосфорной и пировиноградной кислотами;
- солёный** — солями этих же кислот и хлоридами;

горький — креатином, некоторыми свободными аминокислотами и азотистыми экстрактивными веществами;

сладкий — глюкозой, рибозой и триозами.

Существует еще и пятый вкус, так называемый **Umami (умами)**, который означает мясной, пряный и восхитительный вкус. Рецепторы вкуса Umami были распознаны лишь недавно. Это привкус белка, который имеют соли аминокислот (глутаматы) и другие. Вкусовые соединения Umami преобладают в мясных продуктах.

Свежее мясо имеет незначительный специфический аромат и слегка сладковатый, слабосоленый вкус. Мясо разных видов животных и птиц, кроме вкуса, специфического для данного вида, обладает определенным привкусом, зависящим от корма. Аромат мяса взрослых животных более сильный, чем молодняка той же породы. Некоторые отличия имеются в аромате мяса зрелых животных разного пола.

В формировании специфического аромата и вкуса вареного мяса решающую роль играют экстрактивные вещества. Они образуются в процессе созревания в результате автолитических превращений белков, липидов, углеводов и других составных частей мяса.

Поскольку экстрактивные вещества формируют основной вкус мяса лишь при тепловой обработке, они являются не носителями, а потенциальными «предшественниками» аромата и вкуса мяса.

Парное мясо и мясо в стадии посмертного окоченения имеют слабовыраженный вкус и аромат. Объясняется это тем, что на этих этапах автолиза еще не накопилось достаточного количества веществ, участвующих в образовании вкуса и аромата мяса при его кулинарной обработке. Аромат и вкус становятся ощутимыми через 2-4 суток после убоя при низких положительных температурах, хорошо выраженными — через 5 суток, а наибольшей интенсивности достигают через 10-14 суток.

Предшественниками вкуса и аромата являются аминокислоты и их амиды (серин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты, глутамин, глицин и др.), которые накапливаются в процессе автолиза при распаде белков и природных пептидов, таких как глутатион, карнозин, ансерин. Глутаминовая кислота и ее натриевая соль даже в незначительном количестве (порядка 0,03 %) придают продукту мясной вкус.

Потенциальным предшественником летучих веществ мяса является тиамин, которому согласно данным последних исследований отводится роль ключевого компонента запаха термообработанного мяса. При термическом разложении тиамина образуется ряд соединений, которые затем превращаются в производные фурана, тиофена, тиазола и сероводород.

Поскольку автолитические изменения мышечной ткани тесно связаны с распадом углеводной, жировой и нуклеотидной систем мяса, то параллельно накоплению продуктов гидролиза белков увеличивается содержание свободных моносахаридов, которые, как известно, обладают вкусом. В результате распада гликогена образуется глюкоза. Галактоза появляется в результате распада липидной системы из цереброзидов. Пентозы являются одним из конечных продуктов распада клеточных нуклеиновых кислот. Нуклеотиды и продукты их распада активно участвуют в образовании вкуса и аромата мяса. Известными компонентами фракций нелетучих водорастворимых соединений, обладающих мясным вкусом, являются инозиновая и гуанозиновая кислоты, инозин и гипоксантин.

Важное значение в формировании аромата и вкуса имеют свободные жирные кислоты (уксусная, пропионовая, масляная, капроновая). Они не только сами непосредственно участвуют в формировании аромата, но, видимо, повышают порог чувствительности других веществ. Преимущественное влияние на аромат оказывают низкомолекулярные продукты превращения липидов — альдегиды, кетоны.

Альдегиды образуются также из аминокислот при их окислительном декарбоксилировании и дезаминировании при нагревании. Например, из метионина

образуется альдегид метиональ, обладающий мясным запахом, из треонина — а-кетомасляная кислота, обладающая сильным запахом бульона.

Существенный вклад оказывают также летучие карбонильные соединения, которые образуются в ходе ферментативных, бактериальных, окислительных процессов и термического воздействия на мясо.

К веществам, участвующим в формировании вкусоароматических свойств мяса, относят летучие основания, в частности метил и диметиламины, а также серусодержащие соединения. Среди них необходимо отметить сероводород, меркаптаны. Возможным источником образования сульфидов являются серосодержащие аминокислоты, в частности цистин, цистеин, метионин, а также пептид глутатион.

Группа важных ароматических веществ образуется в результате реакций меланоидинообразования, начальным этапом которых является взаимодействие аминокислот с редуцирующими сахарами: фурфурол, диацетил, формальдегид.

В процессе **автолиза** накапливаются органические кислоты (молочная, пировиноградная, уксусная) и кетокислоты (кетоглутаровая, щавелевоуксусная) и др.

Аромат и вкус мяса изменяются при посоле. В результате биохимических процессов, протекающих при автолизе соленого мяса, а также вследствие бактериальной деятельности, органолептические свойства мяса изменяются, что сопровождается появлением специфического вкуса и аромата, получившего название «ветчинность».

Копчение также придает мясoproдуктам специфический аромат и вкус, обусловленный воздействием коптильных веществ дыма.

Органолептические свойства мяса.

Огромное значение в пищеварении имеют вкусовые и ароматические свойства пищи, ее внешний вид, цвет, нежность и сочность. Эти свойства пищи способны воздействовать на нервную систему и возбуждать ее за счет обоняния, вкуса и зрения.

Мясная пища – один из лучших возбудителей секреции пищеварительных желез. Эту роль выполняют вещества, содержащиеся в мясном отваре. Из них важную роль играют азотистые и безазотистые экстрактивные вещества. Чем концентрированнее отвар, тем значительнее влияние на пищеварительные железы.

Цвет придает особую внешнюю привлекательность мясу. По цвету судят о товарном виде продукта. Окраска мышц на 90,0 % зависит от содержания миоглобина и на 10,0 % – от гемоглобина. При содержании большого количества оксимиоглобина мясо отличается интенсивно ярко-красным цветом, а при повышенном уровне метмиоглобина оно приобретает темно-красный цвет. Мясо молодых животных обычно бывает светло-красного, старых животных – темно-красного цвета.

Потребителю больше нравится мясо со светло-красной окраской. Цвет свежего мяса зависит от соприкосновении его с воздухом. После убоя животных в поверхностном слое мяса миоглобин соединяется с кислородом, образуется оксимиоглобин и мясо получает светло-красный цвет. В более глубоких слоях при недостатке кислорода окраска мяса становится темно-красной. При длительном хранении мяса цвет его из красного превращается в коричневый в результате образования метмиоглобина. На цвет мяса влияет скорость охлаждения туш. При медленном охлаждении мясо более светлое.

Окраска сырого соленого мяса связана с пигментом нитрозомиоглобином, который появляется в результате соединения миоглобина с нитритом натрия, входящим в состав посолочной смеси, а вареного – с нитрозогемохромоном.

Свежее мясо имеет слабый специфический **запах** и слегка сладковатый, слабосоленый **вкус**. Мясо разных видов имеет определенный привкус и зависит от содержания и кормления. У взрослых животных запах сильнее, чем у молодых. Различие есть и в зависимости от пола.

Аромат и вкус вареного мяса сильнее, так как в результате нагревания ряд веществ изменяется и освобождается из связанного состояния. Эти вещества и создают вкус и «букет» аромата.

Предшественниками аромата и вкуса мяса являются низкомолекулярные пептиды (глутатион, карнозин, ансерин), углеводы, аминокислоты (треонин, цистин, валин, гистидин, аланин), нуклеотиды (гуаниловая кислота), азотистые экстрактивные вещества (таурин, креатин, креатинин), органические кислоты (молочная, пировиноградная и др.). При термической обработке из них образуются новые вещества, которые создают вкус и аромат продуктов.

Основные категории вкуса мяса обусловлены: кислый – содержанием молочной, фосфорной и пировиноградной кислот; соленый – солями этих же кислот и хлоридами; горький – некоторыми свободными аминокислотами и азотистыми экстрактивными веществами; сладкий – глюкозой, рибозой и др. Композиция природного вкуса вареного и жареного мяса еще полностью не раскрыта.

Важнейшее место в создании аромата отводится карбонильным соединениям и монокарбоновым летучим жирным кислотам (муравьиная, уксусная). Играют определенную роль в ароматобразовании альдегиды, кетоны и др. Карбонильные соединения образуются одинаковые при варке и жареньи мяса, но в разных количествах, что и обеспечивает специфичность аромата.

Мясо взрослых животных обычно имеет острый запах и менее приятный вкус по сравнению с мясом молодых животных.

Важными свойствами, определяющими пищевое достоинство мяса, являются **нежность и сочность**. Они взаимосвязаны и во многом зависят от пола, породы, возраста животных, той или иной части туши, условий созревания мяса, продолжительности хранения и методов технологической обработки.

В отрубях свинины и баранины различие в нежности не велико, а у крупного рогатого скота оно более значительно. Если много соединительной ткани, то мясо более жесткое. На степень нежности оказывают влияние температура хранения мяса и технология обработки. Нежность мяса зависит также от способности белков к гидратации. Более нежным и сочным оно становится после созревания.

Снижение температуры замораживания и сокращение этого процесса положительно сказываются на нежности мяса. Увеличивают сочность мяса также отбивание его, нарезание на небольшие порции, чтобы разъединить пучки соединительной ткани, маринование в уксусе, вине или соли, смягчение ферментами.

В мясе происходят **послеубойные изменения**, которые подразделяют на три стадии: **посмертное окоченение, созревание и порча**.

Все послеубойные изменения в мясе можно условно подразделить на процессы созревания (происходят под воздействием тканевых ферментов) и процессы гниения и плесневения (происходят под воздействием ферментов микроорганизмов).

Созревание мяса представляет собой комплекс биохимических процессов, оказывающих положительное влияние на формирование свойств и качества мяса. Созревание мяса наступает через 18—24 ч после убоя животного. Мясо крупного рогатого скота созревает при температуре 0°С в течение 12—14 суток. Мясо мелкого рогатого скота созревает более короткие сроки: баранина при 0°С — 8 суток. Созревание мяса проходит в несколько этапов, или стадий:

• **первая стадия** наступает непосредственно после убоя животного и называется **посмертным окоченением**. Процессы окоченения в мясе начинаются через 4—6 часов после убоя животного, достигая апогея через 18—24 часа, и заканчиваются через 1—2 суток. На этой стадии происходит распад АТФ с выделением химической энергии, которая расходуется на сокращение мышц. Мясо становится жестким, трудно режется ножом. В миофибриллах белок миозин, соединяясь

с актином, образует актомиозиновый комплекс, который и способствует сокращению миофибрилл и мышечных волокон. Как следствие, уменьшаются водосвязывающая способность мышечной ткани и ее развариваемость. При термической обработке такого мяса получают низкий уровень выхода исходного продукта. Оно дает мутный бульон без аромата и ярко выраженного вкуса. Если мясо на этой стадии подвергнуть замораживанию, а потом разморозить, оно потеряет много клеточного сока и будет сухим;

дальше наступает **стадия созревания** – происходят распад актомиозинового комплекса, гидролиз белка и жира. При этом мясо становится мягким и сочным. При температурной обработке такое мясо дает большой выход исходного продукта, обладает приятным специфическим вкусом и ароматом. Дает прозрачный бульон.

Срок созревания мяса варьирует в зависимости от вида животных: для говядины – 12–14 сут; для свинины – 10 сут; для баранины – 8 сут.

Парное мясо обладает высокой водосвязывающей способностью. Число рН парного мяса близко к 7 (6,8) ед., мышечная ткань расслаблена. Парное мясо после термообработки нежное, сочное. Из него получается мутный неароматный бульон. Лучшим применением для парного мяса является производство вареных колбасных изделий. Парное мясо не подходит для изготовления кулинарных изделий, так как не имеет ярко выраженного запаха;

при длительном хранении мяса без заморозки стадия созревания переходит в **стадию автолиза**. При этом происходит глубокий распад белков и жиров, мясо приобретает характерный тухлый и гнилостный привкус и запах и становится не пригодным для употребления. Микробиальная порча мяса наступает раньше, чем автолитические процессы.

Одним из видов порчи мяса является так называемый «загар». Он возникает в результате неправильной холодильной обработки мяса. При этом окраска мяса темнеет, появляется специфический запах. «Загар» мяса можно исправить. Для этого мясо разрезают на куски и подвергают вентилированию.

Мясо, по качеству не соответствующее требованиям стандартов, но все же годное для использования в качестве промышленной переработки, называется нестандартным. К нестандартному мясу относят: свежее мясо, но с небольшим изменением цвета; мясо тощей категории упитанности; повторно замороженное или подмороженное мясо; неправильно распиленное или деформированное мясо; мясо с зачистками и срывами подкожного жира размером более 10–15%; туши бугаев, хряков и свинины четвертой категории. Это мясо не может использоваться непосредственно в пищу и предназначается для промышленной переработки.

В качестве порчи мяса также рассматриваются *гниение* и *плесневение*. Эти процессы в мясе происходят под действием ферментов микроорганизмов.

Мясные продукты являются также важным источником животного жира. В зависимости от категории упитанности соотношение мышечной и жировой ткани меняется и изменяется в целом липидный состав по туше и отрубам.

Общее содержание жира в мясе, в отличие от белка, может колебаться в довольно широких пределах: от 1 до 50%. (С увеличением содержания липидов несколько уменьшается содержание белков и более значительно - воды.) Жиры мяса убойных животных различаются по жирнокислотному составу, а, следовательно, по физическим свойствам, усвояемости, стойкости при хранении и другим свойствам.

В мясе говядины и баранины преобладают пальмитиновая и стеариновая кислоты, - высокомолекулярные насыщенные жирные кислоты, а также мононенасыщенная олеиновая кислота. Содержание полиненасыщенных жирных кислот - линолевой и особенно линоленовой - относительно немного. В этом отношении говядина и баранина резко отличаются от свинины, для которой характерно относительно высокое содержание

полиненасыщенных жирных кислот - до 10,5% в жировой ткани, в том числе до 9,5% линолевой, до 0,6% линоленовой и до 0,35% арахидоновой.

Содержание холестерина в мышечной ткани примерно в 1,5 раза меньше, чем в жировой, поэтому для уменьшения пищевого холестерина рекомендуется потреблять менее жирное мясо.

Мясо является важным источником витаминов группы В: В₁, В₂, РР и особенно В₁₂. Вместе с тем в мясе довольно мало содержится витаминов С и А.

Мясо птицы несущественно отличается от мяса говядины, баранины и свинины. В нем меньше, чем в любом другом мясе наземных животных, имеется соединительных тканей - не более 8% (в говядине до 15%). Аминокислотный состав белков весьма благоприятный, нет недостатка незаменимых аминокислот.

В липидах мяса птицы больше, чем в говядине и баранине, высокоценных полиненасыщенных жирных кислот. В то же время витаминной и минеральной составы мяса птиц не отличаются заметно от мяса остальных наземных животных.

Жиры различных животных и разного происхождения отличаются по органолептическим показателям и коэффициенту преломления:

Ткани мяса

Мышечная (мускульная) ткань состоит из тончайших волокон (миофибрилл), которые с помощью соединительной ткани скрепляются в первичные пучки, первичные — во вторичные, вторичные — в третичные и т. д. Сверху мышцы покрыты пленкой (фасцией). На концах мышц соединительная ткань образует сухожилия или связки, которыми мышцы прикрепляются к костям и к внутренним органам.

Чем больше в мясе соединительной ткани, пленок, сухожилий, грубых кровеносных сосудов, тем оно ниже по качеству. Такое мясо жесткое, плохо разжевывается и переваривается (мышцы шеи, брюшных стенок, нижних частей конечностей), менее питательно и менее вкусно. Это объясняется тем, что плазма мускулов содержит полноценные белки, а соединительная ткань — неполноценные. Чем меньше при жизни работала мышца, тем ее волокна сочнее и нежнее. При напряженной работе в мышцах животных разрастается соединительная ткань, мышцы становятся жесткими, пищевая ценность мяса снижается.

Лучшее мясо расположено вдоль позвоночника туши, особенно в поясничной и тазовой частях. Мышцы, лежащие близко к кости (внутренние), нежнее подкожных (наружных).

Жировая ткань повышает пищевую ценность, калорийность мяса, а во многих случаях улучшает его вкус. Однако избыток жира в мясе понижает усвоение организмом питательных веществ и вредно действует на пищеварительные органы человека.

Видимые жировые отложения в мясе представляют собой видоизмененную рыхлую соединительную ткань, в клетках которой накапливается жир. Кроме видимых жировых отложений, он входит в состав мышечных клеток, мозгового вещества, крови, печени, почек, селезенки и др. Различают жир подкожный, внутренний и мышечный. Жир одного и того же животного, взятый из разных мест туши, имеет неодинаковый химический состав. Например, подкожный жир говядины содержит (в %): жира — 65, соединительной ткани — 5, воды — 30; почечное сало: жира — 94, соединительной ткани — 1 и воды — 5.

Химический состав жира и температура его плавления различны не только в разных местах отложения жира, но и на разной глубине залегания в жировом слое. В тканях упитанных животных содержится меньше воды, чем у тощих. С понижением упитанности снижается также пищевая ценность жира за счет изменения его химического состава (увеличения содержания воды и соединительной ткани).

Соединительная ткань, как говорит само название, соединяет отдельные части организма, а также служит опорой для других тканей. Эта ткань составляет в среднем 16%

массы туши и выполняет в организме в основном механическую функцию, связывая отдельные ткани между собой и со скелетом. Из соединительной ткани построены сухожилия, суставные связки, надкостница, оболочки мышц, хрящи дыхательных путей, ушные раковины, межпозвоночные связки и кровеносные сосуды. Различают рыхлую, эластичную, сухожильную и другие виды соединительной ткани.

Качество мяса зависит от содержания в нем соединительных тканей (до 15%). Чем их больше, тем биологическая и пищевая ценность ниже. Отличительной особенностью соединительных тканей является высокое содержание оксипролина - 12,8%, низкое - цистина и почти полное отсутствие такой важной незаменимой аминокислоты, триптофан. Поэтому содержание оксипролина часто используют как показатель содержания соединительных тканей, а отношение «триптофан/оксипролин» - как показатель качества мяса: чем он выше, тем качество лучше.

В отличие от мышечной в соединительной ткани сильно развито межклеточное вещество, которое создает многообразие видов этой ткани. Основным белками соединительной ткани являются коллаген и эластин, которые не являются полноценными белками, поскольку не содержат в своем составе незаменимую аминокислоту триптофан. Коллагеновые и упругие эластические волокна значительно превосходят по прочности волокна мышечной ткани и обуславливают жесткость мяса. С возрастом животного заметно уменьшается растворимость фракций коллагена в связи с образованием дополнительных межмолекулярных поперечных связей. Эти возрастные изменения приводят к увеличению жесткости мяса.

В соединительной ткани меньше воды, чем в мышечной, в сухом веществе преобладают белки. Основными белками этой ткани являются коллаген, эластин, ретикулин, муцины, мукоиды. Коллаген входит в состав всех видов соединительной ткани, но особенно много его в сухожилиях (до 35%). Он не растворяется в холодной воде, но набухает. При нагревании коллагена с водой образуется глютин в виде вязкого раствора, который при охлаждении переходит в студень-гель. Эластин исключительно устойчив к действию горячей воды и не образует при нагревании глютена.

Питательная ценность соединительной ткани невысока, так как белки ее неполноценны. Однако коллаген, после перехода в глютин (желатин), легко переваривается в кислой среде под влиянием пепсина; вещество эластиновых волокон — под действием пепсина и трипсина, т. е. под влиянием ферментов, расщепляющих белки в желудке и кишечнике.

Кровь относят к питательной соединительной ткани. Кровь рассматривают как разновидность соединительной ткани. Кровь состоит из плазмы и взвешенных в ней эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. В состав крови входят белки (до 18,5%), вода (до 85%), небелковые органические вещества, минеральные соединения, ферменты, гормоны, витамины. Из небелковых веществ содержатся полипептиды, аминокислоты, креатин, жирные кислоты, глюкоза и полисахариды. Основные белки крови — альбумин, глобулин, фибриноген (биологически ценные) и гемоглобин.

Содержание крови в теле убойных животных от 5 до 8% живой массы. В крови животных содержится около 80% воды и 20% сухого вещества. Главная составная часть сухого вещества крови — белок, на долю которого приходится 90%. Кроме белка, в крови имеются витамины, ферменты, глюкоза, минеральные вещества и другие компоненты.

При убое животных извлекается около 50% содержащейся в теле крови. Кровь очень хорошая среда для развития микробов, поэтому при убое животного в целях лучшего сохранения качества мяса необходимо добиваться возможно более полного обескровливания туши. При убое кровь собирают, так как она имеет высокую пищевую ценность. Кровь цельная и дифибринированная (после удаления фибрина — белка, свертывающего кровь) широко используется в колбасном производстве. Пищевой альбумин (высушенная кровяная сыворотка) может заменить яичный белок в кондитерской и хлебопекарной промышленности. Из крови вырабатывают ценный

лечебный препарат — гематоген, представляющий собой смесь дифибринированной крови, сахарного сиропа, спирта, глицерина, лечебной сыворотки и других компонентов.

Костная ткань является видоизмененной соединительной тканью. Эта ткань построена из костных клеток и межклеточного вещества. Клетки костной ткани имеют овальную форму и массу отростков. Полости, в которых расположены клетки, соединяются костными канальцами, сливающимися в более крупные каналы. Волокнистая часть костной ткани состоит в основном из коллагеновых волокон. Кость состоит из костного хряща — оссеина, который уплотнен минеральными солями, главным образом фосфорнокислым и углекислым кальцием. По строению костная ткань самая сложная из всех видов соединительной ткани.

Сырая кость в среднем содержит около 40% воды, 32% минеральных веществ, 15% жира, 13% белковых веществ. Снаружи костное вещество компактное, плотное, изнутри — пористое, губчатое. Содержание костей в мясе зависит от вида животных, упитанности, пола и колеблется в значительных пределах.

Кости скелета по пищевой ценности подразделяются на три группы: пластинчатые, трубчатые и губчатые.

Пластинчатые кости — ребра, лопатки, кости головы. Внутри некоторые из них в небольшом количестве имеют губчатую массу. Пищевая ценность пластинчатых костей незначительна.

Трубчатые кости — к ним относят кости конечностей (бедренную, берцовую, лучевую и др.), имеющие канал с костным мозгом. Внутри трубчатых костей расположен костный мозг, обильно пронизанный кровеносными сосудами. Жировые клетки придают костному мозгу желтоватый оттенок. Пористые окончания некоторых трубчатых костей называют «сахарными». Они содержат много веществ, переходящих в раствор, поэтому их используют для супов, бульонов. Трубчатые кости содержат около 10% жира и около 30% клейдающих веществ.

К губчатым костям относят позвонки. Утолщенные основания их состоят в основном из губчатого вещества. Эти кости содержат около 20% жира и около 30% клейдающих веществ. При кулинарной обработке костей важно вываривать их полнее, чтобы обеспечить возможно больший переход экстрактивных веществ в бульон.

Кости широко используют для приготовления бульонов, получения жира (в костном мозге жира около 90%), желатина, клея, муки, а плотную часть трубчатых костей — для изготовления некоторых товаров широкого потребления.

В составе костей в отличие от других тканей мяса преобладают неорганические вещества. По мере старения животного в костях увеличивается содержание неорганических веществ и жира. В костной ткани содержатся жиры (в тазовых костях — до 24%, в трубчатых и позвонках — 12—22, в ребрах — до 11%), коллаген, муцины, мукоиды, экстрактивные вещества. Из минеральных веществ в состав костей входят в основном кальциевые соли фосфорной и угольной кислот. Кости убойных животных используют для приготовления бульона, производства костного жира, желатина, костной муки и клея.

Автолиз мяса

После прекращения жизни животного, в связи с прекращением поступления [кислорода](#), отсутствием окислительных превращений и [кровообращения](#), торможением [синтеза](#) и выработки энергии, накопления в тканях конечных продуктов [обмена](#) и нарушения [осмотического давления](#) клеток, в мясе имеет место самораспад прижизненных систем и самопроизвольное развитие ферментативных процессов, которые сохраняют свою [каталитическую](#) активность долгое время. В результате их развития происходит распад [тканевых](#) компонентов, изменяются качественные характеристики мяса (механическая прочность, уровень водосвязывающей способности, вкус, цвет, аромат) и его устойчивость к микробиологическим процессам.

Лекция №11

Лекция Изменения мяса в процессе переработки сырья и пищевых продуктов.

Технологические свойства мяса. Технологическая ценность мяса характеризуется совокупностью физико-химических, структурно-механических и органолептических свойств, которые определяют возможность использования его для различных технологических целей. Технологические свойства мяса главным образом обусловлены *лагоудерживающей способностью, концентрацией водородных ионов и потерей мясного сока при кулинарной обработке.*

Одним из важнейших технологических свойств мяса является *вагосвязывающая способность*, которая учитывается при производстве различных мясных продуктов и зависит в основном от состояния белков, так как жиры только в незначительной степени удерживают влагу. Около 90 % влаги содержится в волокнах мышечной ткани, особенно в миофибриллах, основу которых составляют актин, миозин и актомиозин. *Влагоудерживающая способность* характеризует кулинарные качества мяса: чем выше этот показатель, тем меньше воды теряет мясо при обработке и, следовательно, сочнее изготовленный из него продукт. Существует адсорбционная, осмотическая и капиллярная влага.

Адсорбционная влага – наиболее прочно связанная ее часть, которая удерживается за счет сил адсорбции, главным образом белками. Водосвязывающая способность белков тем выше, чем больший интервал между рН среды и изоэлектрической точкой. При рН среды, близкой к изоэлектрической точке, мясо характеризуется пониженной гидратацией и теряет много сока. Особенно низкая влагоудерживающая способность мяса при рН 5,2 – 5,5.

Осмотическая влага удерживается в неразрушенных клетках за счет разности осмотического давления по обе стороны клеточных оболочек (полупроницаемых мембран) и внутриклеточных мембран.

Капиллярная влага заполняет поры и капилляры мяса и фарша. В мясе роль капилляров выполняют кровеносные и лимфатические сосуды. Чем меньше диаметр капилляра, тем прочнее удерживается вода.

В практике мясной промышленности по форме связи влаги с мясом ее условно делят на прочносвязанную, слабосвязанную полезную и слабосвязанную избыточную.

Слабосвязанная полезная влага создает благоприятную консистенцию продукту и способствует лучшему его усвоению. Слабосвязанная избыточная влага может отделяться при размораживании мяса и в процессе технологической обработки, например, в виде бульона при варке колбас. При изготовлении колбас прочносвязанная влага должна составлять примерно 1/3 всей жидкости. При производстве колбас из длительно хранившегося мороженого мяса часть влаги оказывается в виде слабосвязанной избыточной, происходит отделение бульона, снижается выход и качество продукции. При сушке колбас желательнее, чтобы прочносвязанной влаги было меньше.

Одним из важнейших показателей качества мяса является *активная реакция среды* (рН). От концентрации водородных ионов зависит ряд физико-химических превращений в мясе при созревании и хранении. Динамика изменения рН дает возможность наблюдать за процессами, происходящими в мясе после убоя животного, и определять пригодность его для приготовления тех или иных мясопродуктов. Величина рН, близкая к нейтральному значению, вскоре после убоя животных резко снижается, а в дальнейшем медленно и незначительно возрастает.

Высокий показатель рН (6,5 и выше) характеризует низкую технологическую ценность мяса. Величина рН не должна превышать 6,2. Величина рН 5,89 – 5,91 соответствует мясу, обладающему хорошими вкусом и ароматом, высокой технологической ценностью и пригодностью для длительного хранения. Но величина рН прежде всего связана с состоянием животного перед убоем. При убое животного в

нормальном физиологическом состоянии распад гликогена мышц и образование молочной кислоты происходят значительно интенсивнее и при этом, как правило, повышается кислотность мышечной ткани.

Таким образом, технологические свойства мяса – это комплексное понятие и определяется оно не отдельными показателями, а их взаимодействием. Для его оценки используются различные методы исследований, которые включают определение белков (полноценных и неполноценных), жира (его расположение и соотношение предельных и непредельных жирных кислот), экстрактивных и минеральных веществ, витаминов, влагосвязывающей способности, концентрации водородных ионов, интенсивности окраски, консистенции мяса по усилию на разрез. При дегустации оценивают аромат, вкус, сочность и нежность мяса.

Влияние основных прижизненных факторов на качество туш и мяса.

Одним из прижизненных факторов, влияющих на качество туш и мяса является **возраст животных**. В организме животных с возрастом происходят существенные изменения, которые в дальнейшем оказывают значительное влияние на количество и качество мясной продукции. Снижается относительная доля костной ткани, повышается абсолютное и относительное содержания мяса, подкожного, межмышечного и внутримышечного жира.

Масса ценных в пищевом отношении мышц наиболее интенсивно увеличивается в течение первого года жизни животного, а затем темпы их роста замедляются. Если масса костной ткани в тушах новорожденных телят составляет 34 – 36 %, то в возрасте 18 – 20 месяцев – 17 – 19 %. В мясе 6-месячных бычков содержится протеина 20 – 21 %, жира – 4 – 5 %, а в возрасте 18 – 20 месяцев соответственно 18 – 19 и 10 – 14 %.

Мясо молодых животных характеризуется нежной мускульной тканью, более высоким содержанием гликогена, низким содержанием жира. Соединительная ткань легко разваривается. Мясо взрослых животных отличается большим отложением жира под кожей, между мышцами, в брюшной полости, более плотной мускулатурой и соединительной тканью, возрастает количество эластических волокон, изменяются фракции коллагена, оно более долгое время подвергается кулинарной обработке.

Пол животных. Половые различия в качестве мяса в раннем возрасте менее существенные по сравнению с взрослыми животными. Мясо самок более тонковолокнистое, нежное, сочное, вкусное, ароматное, с высоким содержанием жира и выраженной мраморностью. Кастраты чаще всего по этим показателям занимают промежуточное положение. Например, содержание жира в средней пробе мяса бычков черно-пестрого скота в возрасте 16 – 20 месяцев составляет 10 – 14 %, кастратов – 16 – 20 % и в мясе телок – 20 – 26 %, внутримышечного жира соответственно 1,5 – 1,9 %, 3,0 – 4,0 и 3,2 – 4,6 %.

В мясе телок содержится меньше неполноценных белков, а соединительная ткань их значительно нежнее, чем в мясе бычков. В мышцах 16 – 20-месячных бычков неполноценных белков содержится 20 – 21 %, кастратов – 15 – 16 %, телок – 5,4 – 5,8 %, а влагоудержание соответственно 63 – 70 %, 58 – 62 и 55 – 60 %. Мясо бычков плохо созревает и хранится, но является хорошим сырьем для колбасного производства.

По качеству туш свинок превосходят боровков. При убое животных с одинаковой живой массой, как правило, у свинок выход мяса выше, а сала ниже, чем у боровков. Химический состав мяса свинок и боровков почти одинаковый.

Порода животных. Многие показатели качества туш и мяса зависят от породы животных. От животных большинства мясных пород скота получают более нежное, сочное и вкусное мясо. У них хорошо развита мышечная ткань, особенно в частях тела, из которых получают наиболее ценное мясо – в тазобедренной, поясничной и спинореберной частях.

Мясные породы также значительно отличаются между собой по содержанию жира в мясе и внутримышечного жира. Его особенно много откладывается в мясе и мышцах британских пород (герфордской, абердин-ангусской и шортгорнской) и значительно меньше – у французских (шароле, светлой аквитанской и лимузинской). Мясо от молочных пород скота характеризуется более низким качеством, в нем больше соединительной ткани и меньше внутримышечного жира.

Упитанность животных. С повышением упитанности изменяется морфологический состав туш и химический состав мяса. В тушах снижается относительное содержание костей, увеличивается количество мышечной и жировой тканей. Мясо хорошо откормленных животных характеризуется более высоким содержанием жира, пониженным количеством воды, коллагена и эластина. Оно имеет более нежную консистенцию. Мясо упитанных животных отличается менее интенсивной окраской и лучше хранится. В очень жирном мясе снижается содержание белков и оно хуже усваивается. В мясе плохо упитанных животных повышается содержание соединительной ткани и оно более жесткое. В мясе свиней жирной упитанности содержится больше белков саркоплазмы, а в тушах нежирных свиней – больше миофибриллярных белков.

Условия откорма – один из важнейших факторов, определяющих качество мяса. Количество корма, составом и питательностью рациона можно регулировать морфологический состав туш и химический состав мяса. При повышении уровня протеина в рационе отложение жира в мясе притормаживается, а увеличение обменной энергии в рационе, наоборот, стимулируется процесс жиरोобразования.

Эти приемы широко используются при выращивании молодняка птицы. В конце откорма для цыплят-бройлеров и индюшат используют повышенный уровень энергетического питания, что позволяет увеличить выход тушек 1-ой категории, а для уток, наоборот, снижают уровень питания, так как у них наблюдается повышенное жиरोобразование. При скармливанию молодняку птицы кормосмесей с высоким содержанием кукурузы, в мясе возрастает доля полноценных жирных кислот, в том числе линолевой, линоленовой и арахидоновой.

Все корма по своему действию на качество свинины делятся на 3 группы:

– корма, улучшающие качество свинины: ячмень, пшеница, рожь, кормовые бобы, горох, морковь, сахарная, полусахарная и кормовая свекла, картофель, трава клевера, люцерны, вико- и горохо-овсяные смеси, обрат, сыворотка. При включении этих кормов в рацион повышается качество свинины;

– корма, при скармливании которых получают мягкое сало и рыхлая невкусная свинина. К ним относятся: кукуруза, овес, отруби, свекольная патока, картофельная мезга. Свинина высокого качества получается в том случае, если рацион будет состоять не более чем на 50 % по питательности из этих кормов;

– корма, резко ухудшающие качество сала и мяса из-за содержания растительных жиров или специфического запаха. К ним относятся жмыхи, рыба, рыбная мука, соя. Эти корма могут составлять в рационе откормочников не более 25 % по питательности, а за полтора месяца до убоя нужно полностью прекратить дачу кормов, ухудшающих качество свинины.

При широком применении различных химических веществ в растениеводстве они могут из кормов кумулироваться в тканях животного и представлять определенную опасность для человека. Источником накопления солей тяжелых металлов могут быть корма и вода.

Пороки мяса PSE и DFD.

Предубойное содержание на скотобазах мясоперерабатывающих предприятиях существенно влияют на количество и качество мяса, особенно на его технологические свойства. Высокое содержание гликогена в организме животных перед убоем способствует образованию молочной кислоты, низкой величины рН мяса, с которой

связаны влагоудерживающая способность, нежность, сочность, потери при тепловой обработке, сохранность, бактериальная обсемененность, цвет и другие показатели качества мяса.

Расщепление гликогена называют гликолизом. Интенсивность гликолиза зависит от многих условий, но главным образом от количества гликогена в мышцах и активности тканевых ферментов. В мышцах животных содержится 0,3 – 0,9 % гликогена. Его больше содержится в мышцах хорошо упитанных и неуставших животных, выращенных в условиях пастбищного содержания, меньше – в мышцах неупитанных, голодных, возбужденных и утомленных животных, выращенных в условиях комплексов или при привязном содержании.

При утомлении, перегревании, переохлаждении, длительной предубойной выдержке и у больных животных снижается количество гликогена и активность тканевых ферментов. Поэтому молочная и другие кислоты накапливаются в меньших количествах и ухудшается качество мяса. Незначительное накопление в мышцах кислот создает благоприятные условия для развития микрофлоры и сокращению сроков хранения мяса.

Перед убоем при интенсивной мышечной нагрузке, стрессах, возбуждении, особенно бычков, гликоген подвергается гликолетическому распаду. Поэтому после убоя в мышцах остается незначительное количество гликогена, мало образуется молочной кислоты и величина рН очень высокая.

Как известно, в процессе жизнедеятельности организма превращение гликогена осуществляется в такой последовательности: *гликоген + кислород = энергия + CO₂ + H₂O*. После убоя животного с прекращением дыхания и, как следствие этого, прекращение доступа кислорода к мышцам, реакция протекает в анаэробных условиях в таком виде: *гликоген = энергия + молочная кислота*. Если скорость послеубойного превращения гликогена нормальная, то его распад и преобразование в молочную кислоту в основном происходит в течение 12 – 24 часов, причем мясо становится упругим и имеет светло-розовый цвет. Оно приобретает способность к длительному хранению.

Если в организме животных мало гликогена, то после убоя затормаживается развитие гликолиза в тушах, а иногда он почти или совсем отсутствует. В мясе сохраняется высокая величина рН. В этом случае величина рН мяса, измеренная в течение первого часа после убоя, практически не отличается от рН через 24 часа. Конечная величина рН мяса остается на уровне 6,3 и выше. Такое мясо становится темным, плотным, сухим, создается благоприятная среда для развития нежелательной микрофлоры.

Чрезмерно повышенная кислотность мяса влечет за собой частичную денатурацию белков, что отрицательно сказывается на его влагоудерживающей способности и окраске. Оно становится бледным, мягким, быстро теряет сок и не способно впитывать воду. При стрессовом состоянии свиней после их убоя отмечается большая скорость гликолиза при относительно высокой температуре в тушах (от 42 до 45 °С), что приводит к существенным химическим изменениям и резкому снижению величины рН. В течение первого часа после убоя рН может снизиться до 5,5 – 5,9.

Повышенная кислотность в еще функционирующих клетках вызывает разрушение структуры или денатурации белков, что ведет к низкой влагоудерживающей способности и появлению палевой пигментации. Такое мясо бледное, мягкое, по консистенции недостаточно нежное, плохо хранится, с пониженными технологическими свойствами и повышенными потерями при варке и переработке.

Нарушение гликолиза влекут за собой образование пороков мяса, которые обозначаются *символами PSE (бледное, мягкое, водянистое) и DFD (темное, плотное, сухое)*.

Пороки мяса PSE и DFD образуются вследствие ненормальной скорости послеубойного гликолиза в мышцах. Если PSE мяса образуется в результате избыточного содержания молочной кислоты, то DFD вследствие недостаточного ее количества. При

DFD из-за пониженного содержания молочной кислоты, как консерванта, мясо быстро темнеет, становится жестким, сухим, подверженным ускоренной порче под действием микрофлоры и плохо хранится. Порок DFD охватывает чаще всего только отдельные части туши. Например, величина рН длинейшей мышцы спины бычков равнялась 6,6, а трехглавой мышцы плеча – 5,8.

С интенсификацией селекции свиней в мясном направлении пороки мяса встречаются чаще. Немецкие специалисты считают, что употребления мяса с такими пороками вызывает различного рода заболевания желудочно-кишечного тракта у человека.

Порок мяса PSE чаще всего бывает у свиней, порок DFD – у бычков, выращенных на промышленных комплексах. Основными причинами их появления являются интенсивный рост животных, однотипное кормление, ограниченность движений и повышенная подверженность стрессу.

Туши бычков промышленного откорма по величине рН, измеренной через 45 – 60 мин после убоя, можно подразделить на 3 группы: мясо с пороком – рН до 6,2, мясо нормальное – 6,3 – 6,6 и мясо с пороком – рН 6,7 и более. После суточного хранения – мяса с пороком 5,4 – 5,6, мясо нормальное – 5,7 – 6,2 и мясо с пороком – рН 6,3 и выше.

Таким образом, **предубойные потери**, связанные с качеством мяса, не менее существенные, чем количественные. Поэтому в мышцах животных, особенно в период транспортировки, предубойного содержания и в процессе убоя, необходимо сохранить максимальное количество **гликогена**, которое будет способствовать интенсивному протеканию процессов в мясе с образованием значительного количества молочной кислоты.

Влияние тепловой обработки на качество мяса.

Характер **тепловой обработки мяса** большое влияние оказывает на степень усвояемости его пищевых веществ организмом человека. Применяя те или иные методы кулинарной обработки мяса, можно повысить или снизить степень его усвояемости. При кулинарной обработке продуктов должно быть обеспечено максимальное сохранение содержащихся в них полноценных белков, жиров, витаминов, минеральных солей. При воздействии различных физических и химических факторов теряется ряд первоначальных свойств, в первую очередь растворимость белков, так как происходит денатурация белковых молекул. Денатурация белков происходит в присутствии воды.

При температуре 60 – 100 °С белки теряют способность растворяться в воде, растворах солей и органических растворителях, снижается их способность к набуханию. Изменение белков при тепловой денатурации тем больше, чем выше температура и продолжительность нагревания, причем белок в водном растворе денатурирует быстрее, чем в высушенном состоянии. Изменение белков мяса при тепловой обработке влияют на показатели качества готовой продукции.

При обычной варке в мясе незначительно снижается содержание **лизина, метионина и триптофана**. При стерилизации мясных продуктов несколько уменьшается их переваримость, увеличивается жесткость и снижается биологическая ценность белков. Длительное автоклавирование приводит к значительным потерям аминокислот. Потери витаминов В₁ и В₂ при варке достигают 15 – 40 %, при жарении – 40 – 50 % и при тушении – 30 – 60 %. Чрезмерно длительная варка или жарение продуктов увеличивает потери питательных веществ. Поэтому для более полного их сохранения **продукты** при варке следует закладывать **в кипящую воду**.

Первоначальный состав жиров в процессе термообработки так же претерпевает определенные изменения. При варке мясопродуктов жир плавится и основная масса его собирается на поверхности в виде мельчайших шариков. Соприкасаясь с кипящей водой, создаются условия для его гидролиза. В процессе нагревания до высоких температур в жире снижается содержание биологически активных веществ. На окисление оказывает

влияние материал, из которого изготовлено оборудование, например, чугун действует более активно, чем нержавеющая сталь.

Изменения в мясе после убоя животных и при хранении

После убоя животного, вследствие прекращения поступления кислорода и приостановки процессов синтеза, в тканях нарушается обмен веществ и энергии. Все процессы под действием собственных ферментов протекают только в направлении распада.

Послеубойные изменения имеют важное практическое значение и оказывают большое влияние на качество и свойства мяса. Степень развития этих изменений определяет характер использования мяса: реализация, хранение, переработка.

Мясо, полученное после убоя животного (парное), имеет мягкую, нежную консистенцию, высокую водосвязывающую способность, очень слабый ароматный запах, дает мутноватый бульон и не отличается хорошими вкусовыми качествами. Кроме того, спустя некоторое время (3 – 5 часов), в зависимости от температуры окружающей среды, мясо теряет нежную консистенцию, становится жестким, уменьшаются его влагоудерживающая способность и набухаемость, мясо имеет низкие вкусовые и кулинарные качества, хуже усваивается организмом.

Через 24 – 72 часа после убоя животного, в зависимости от внешних условий, мясо снова приобретает нежную консистенцию, сочность, специфический ароматный запах, на поверхности туши образуется корочка подсыхания (плотная пленка), при варке такого мяса получается прозрачный ароматный бульон.

В послеубойных изменениях мышечной ткани наиболее важное значение имеют превращения углеводной и белковой систем. В начальный период происходит распад углеводов, в дальнейшем – гидролитический распад белков.

Характер послеубойных процессов в мясе в значительной степени зависит от количества гликогена в мышцах животного перед убоем. Предубойный стресс животного может вызвать интенсивный прижизненный распад гликогена.

Все биохимические и физико-химические процессы, происходящие в мясе после убоя животного и влияющие на его кулинарные свойства и пищевую ценность, называются созреванием мяса.

Процесс созревания мяса условно подразделяют на три фазы: посмертное (послеубойное) окоченение, собственно созревание и глубокий автолиз.

Посмертное окоченение наступает через 3 – 5 часов после убоя крупного рогатого скота и при низких плюсовых температурах продолжается до 48 часов. В мясе домашней птицы окоченения после убоя начинается примерно через 30 – 60 мин и продолжается 4 – 6 часов. Оно быстрее всего заканчивается в мясе птицы, затем – в свинине и дольше всего продолжается в говядине.

При посмертном окоченении в мясе в результате ферментативного действия белка миозина происходит распад аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) с образованием фосфорной кислоты и освобождением энергии, в результате чего температура в туше несколько (1 – 2 °С) повышается. Под действием гликолитических ферментов гликоген распадается до молочной кислоты.

Накопившиеся кислоты снижают рН до 5,8 – 5,6. В результате взаимодействия кислот с протеинами кальция и магния в присутствии ферментов происходит отщепление от белков ионов названных элементов.

Освободившиеся ионы, повышая активность ферментов, способствуют соединению белков мышечных волокон актина и миозина и образованию основного сократительного элемента мышц – актомиозинового белкового комплекса. В результате соединения белков актина и миозина значительно уменьшается количество гидрофильных центров, т.е. происходит блокирование активных групп, способных удерживать воду. Вследствие этого

снижается влагоудерживающая и влагопоглощающая способность мяса. Растворимость и развариваемость коллагеновых волокон снижаются до минимума. Под влиянием энергии, освободившейся в результате расщепления АТФ, происходит сокращение мышечных волокон. Они укорачиваются, становятся более твердыми, жесткость мяса повышается.

В дальнейшем в кислой среде при распаде фосфорной кислоты появляется неорганический фосфор. Под влиянием кислой среды и неорганического фосфора начинается распад актомиозинового комплекса на актин и миозин. Этим завершается первая фаза созревания мяса – посмертное окоченение. Жесткость мяса исчезает.

Чем выше содержание АТФ и исходное значение рН, тем позже начинается окоченение. А продолжительность его тем дольше, чем меньше скорость распада АТФ и ниже конечная величина рН. Низкая температура замедляет протекание процесса.

В фазе *собственно созревания* (размягчения) мяса в результате протекающих ферментативных процессов происходят размягчение и разрыхление тканей. При этом актомиозиновый комплекс распадается на актин и миозин, мышцы расслабляются и мясо приобретает нежную консистенцию. Под действием протеолитических ферментов происходит частичное расщепление белков мышечной ткани, в результате чего повышается их гидрофильная способность. Мясо приобретает сочность.

Кроме того, под влиянием кислой среды происходят размягчение коллагеновых волокон и частичное превращение коллагена в глютин. В результате всех этих изменений мясо лучше разваривается и разжевывается. Переваримость и усвояемость его значительно повышаются.

В процессе собственно созревания в результате автолитических превращений различных компонентов в мясе образуются и накапливаются вещества, обуславливающие его вкус и аромат (креатин, креатинин, гипоксантин, свободные аминокислоты, альдегиды, кетоны и др.).

Созревшее мясо имеет корочку подсыхания на поверхности туши, слегка кисловатый запах, упругую консистенцию, с разреза его выделяется мясной сок. В кислой среде (рН 5,6 – 5,8) созревшего мяса создаются неблагоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов, вследствие чего повышается устойчивость его в процессе хранения.

При температуре 20 °С созревание мяса продолжается около суток. Однако считается, что созревание мяса должно проходить при температуре 0 - 3 0 °С . В таком случае в мясе крупного рогатого скота оно продолжается 9 – 12 суток, молодых животных 5 – 7 суток. При минусовых температурах процесс созревания мяса резко замедляется. Это обусловлено тем, что при замораживании мяса в связи с кристаллизацией части воды уменьшается количество свободной влаги, необходимой для протекания данного процесса. Созревание мяса, замороженного в парном состоянии, продолжается в течение 7 – 8 месяцев.

При низком содержании АТФ и гликогена в мышцах (больные, переутомленные, тощие, в состоянии агонии или стресса животные) созревание мяса протекает недостаточно полно. Такое мясо характеризуется невысокими пищевыми и кулинарными свойствами. Кроме того, сравнительно высокое значение рН, накопление продуктов распада белков, развитие микроорганизмов обуславливают значительно меньшую стойкость его при хранении.

При хранении созревшего мяса в незамороженном состоянии в нем протекают процессы, характерные для фазы *глубокого автолиза*. Образующиеся при распаде белков и жиров вещества изменяют цвет и консистенцию, ухудшают вкус и запах мяса.

Изменения в мясе при хранении.

При нарушении режима хранения незамороженного мяса в нем под влиянием физико-химических и микробиологических факторов происходят различные изменения, снижающие его пищевые и кулинарные свойства. Мясо постепенно приобретает признаки

несвежести. К таким изменениям относятся загар, ослизнение, плесневение, закисание, гниение, пигментация и свечение мяса.

Загар мяса – безмикробная порча мяса, возникающая при неправильном охлаждении парной туши, под влиянием тканевых ферментов, характеризующаяся сильно кислым запахом, размягченной консистенцией и изменением цвета. Он возникает в первые часы после убоя животного и разделки туши в результате хранения мяса в душном помещении при температуре около 20 °С и выше, когда не обеспечивается быстрое отнятие тепла из всей его толщи.

Кроме того, загар появляется при хранении парного мяса в плотной воздухо непроницаемой таре, а также на соприкасающихся участках парных туш при тесном подвешивании их друг к другу. Чаще встречается загар свиных туш.

Во всех случаях при загаре в условиях недостаточной вентиляции происходит анаэробный распад гликогена с образованием кислых продуктов. От белков отделяются серосодержащие аминокислоты, из которых образуется сероводород.

Все эти изменения способствуют созданию в мясе кислой реакции. Мясо приобретает коричневый или сероватый оттенок, резкий кислый запах, мышечная ткань размягчается и становится дряблой.

Мясо с признаками загара разрезают на мелкие куски и хорошо проветривают на воздухе (в течение 24 часов). Если после этого признаки загара исчезают, мясо считается доброкачественным. В противном случае его использовать в пищу нельзя. Такое мясо утилизируют.

Ослизнение мяса сопровождается развитием на его поверхности слизиобразующих микроорганизмов (молочнокислые бактерии, дрожжи, микрококки). Данный порок возникает при хранении недостаточно охлажденных туш в условиях относительно высокой температуры (15-25 °С) и повышенной влажности воздуха. Некоторые слизиобразующие микроорганизмы развиваются, хотя и медленно, даже при минусовых температурах. Ослизнению мяса способствуют резкие колебания температуры и влажности воздуха.

Так как слизиобразующие микроорганизмы не проникают в глубокие слои мяса, ослизнению подвергается только поверхность туши. Она становится липкой, мясо приобретает сероватый цвет с различными оттенками, неприятный (кислый, затхлый) запах, резко снижается рН мяса.

Мясо с признаками ослизнения промывают водой или 15 – 20 %-ным раствором поваренной соли, проветривают и подсушивают. При сильном ослизнении зачищают поверхностный слой туши.

Если ослизнение мяса вызывается микроорганизмами, обуславливающими распад его тканей (протей и др.), поверхность мяса ослизнется, появляется гнилостный или прогорклый запах, резкого снижения рН не происходит. Заключение об использовании такого мяса делают на основании органолептического, биохимического и бактериологического исследований.

Плесневение мяса характеризуется появлением на его поверхности плесневых грибов. Плесени лучше развиваются при повышенной влажности мяса, высокой температуре и недостаточной вентиляции воздуха. Однако они, в отличие от гнилостных микроорганизмов, могут развиваться и в кислой среде, а также при сравнительно невысокой влажности воздуха (75 %) и очень низких температурах (от 1 – 2 до минус 8 – 14 °С).

Плесени развиваются медленно. Поэтому данный порок появляется при длительном хранении мяса. При этом на поверхности туши образуются различной формы и цвета колонии плесеней (белые, черные, зеленоватые, круглые, бархатистые и др.). В результате распада белков образуются продукты щелочного характера (аммиак и др.), рН повышается и создаются благоприятные условия для развития гнилостных

микроорганизмов. Под действием ферментов плесеней жиры распадаются, вследствие чего мясо изменяет внешний вид и приобретает затхлый запах.

Мясо, пораженное плесенью на поверхности, промывают 20 – 25 %-ным раствором поваренной соли или 3 – 5%-ным раствором уксусной кислоты, проветривают и подсушивают. Места, где плесень проникла в мясо на глубину около 1 см, срезают. При сильном поражении, а также при наличии затхлого запаха, не исчезающего при проветривании, мясо в пищу не используется.

Закисанию подвергается мясо плохо обескровленное и влажное, а также хранящееся при высоких температурах. Данный порок вызывается кислотообразующими бактериями. При нем происходит размягчение мышечной ткани, мясо приобретает серый цвет и кислый запах, на нем могут развиваться слизеобразующие микроорганизмы и плесень. Перед использованием в пищу мясо промывают водой.

Гниение мяса – процесс распада белков и других азотистых веществ под действием ферментов гнилостной микрофлоры, в результате которого образуются ядовитые и неприятно пахнущие вещества. Способствующими гниению условиями являются плохое обескровливание туш, сравнительно высокая температура, повышенная влажность и доступ воздуха. Однако гниение может протекать и в анаэробных условиях (без доступа воздуха).

Прижизненное обсеменение мяса гнилостной микрофлорой наблюдается у больных и утомленных животных. Их мясо нестойкое к воздействию гнилостных микроорганизмов. После убоя животного загрязнение мяса микрофлорой может происходить при первичной переработке скота, хранении, транспортировке и кулинарной обработке мяса с нарушением ветеринарно-санитарных правил.

С поверхности мяса в более глубокие слои гнилостная микрофлора проникает по прослойкам соединительной ткани. Поэтому процессу гнилостной порчи мяса способствует повышенное содержание в нем соединительной ткани. В связи с этим часто признаки гниения раньше появляются у костей, чем в мышцах, покрытых фасциями.

В процессе гнилостного распада белков в мясе образуются пептоны, пептиды, аминокислоты, летучие жирные кислоты, амины. Из серосодержащих аминокислот образуются соединения (сероводород и др.).

Одновременно в мясе происходят окисление жиров и брожение углеводов. При накоплении в мясе большого количества промежуточных продуктов (пептоны, амины и др.) распада белков (начальная стадия гниения) мясо более токсично для организма человека.

При гниении мясо размягчается, изменяется структура мышечных волокон, мясо приобретает (в зависимости от стадии порчи) затхлый, кислый, гнилостный запах. Жирное мясо характеризуется наличием прогорклого запаха.

Санитарную оценку мяса проводят на основании органолептических, биохимических и бактериологических исследований. При возможности использования его в пищу производят необходимую зачистку, а затем обезвреживают проваркой. Непригодное для пищевых целей мясо подлежит технической утилизации.

При хранении мяса на его поверхности иногда развивается *пигментация* – изменяется окраска мяса. Это происходит в связи с развитием пигментообразующих микроорганизмов. Цветные пятна на поверхности мяса появляются при быстром его обсеменении микроорганизмами после убоя животного, то есть до образования корочки подсыхания и полного охлаждения

Изменение цвета мяса не связано с его разложением. Оно встречается довольно редко и может происходить под влиянием различных микроорганизмов.

Образование сине-голубых пятен и посинения обуславливаются развитием на тушах колоний *Pseudomonas ruosyuanea*, *B. cyanogenes*. Появление пятен розово-красного или красно-ржавого цвета связано с развитием на поверхности туш или кусков мяса *Chromobacterium* (чудесной палочки), *B. prodigiosus*.

Все названные пигментообразующие бактерии для человека не токсичны. Они не обладают протеолитическими свойствами и развиваются только на поверхности мяса, снижая его товарный вид. Поэтому мясо с измененной окраской пригодно для потребления. Его промывают водой или слабым раствором поваренной соли либо в измененных местах удаляют поверхностный слой мяса, после чего его можно выпускать в пищу.

Свечение (фосфоресценция) мяса обуславливается жизнедеятельностью светящихся бактерий (фотобактерий, чаще всего *phosphorescens*), являющихся типичными аэробами. На мясо они попадают при хранении и поражают не только свежее мясо, мясные полуфабрикаты, но и колбасные изделия.

Свечение возникает при хранении мяса во влажной среде через 3 – 4 сут после убоя животного. Иногда вначале светится вся поверхность мяса, ненормальный запах отсутствует. При развитии гнилостных бактерий, инактивирующих светящуюся микрофлору, свечение мяса постепенно прекращается, на поверхности продукта вместо сплошного свечения обнаруживаются только отдельные светящиеся островки в виде звезд и появляется гнилостный запах.

Противодействуют фосфоресценции циркуляция воздуха, сдвиг реакции среды в кислую сторону и снижение температуры.

Мясо с признаками свечения считается пригодным для потребления (за исключением тех случаев, когда началось гниение), так как микроорганизмы, вызвавшие данный порок, токсинов не образуют. Такое мясо, как правило, покрыто слоем слизи. Поэтому его промывают холодной водой с уксусной кислотой или зачищают, то есть срезают поверхностный слой.

В практике мясной промышленности все же одним из наиболее совершенных способов консервирования мяса считается применение низких температур.

Классификация мяса по термической обработке.

В соответствии с СТБ 1747 -2007, по термическому состоянию различают мясо парное, остывшее, охлажденное, подмороженное, замороженное и размороженное.

Парное мясо получают непосредственно после убоя и переработки скота, оно имеет температуру в толще мышц бедра не ниже 35 °С.

Остывшее мясо имеет температуру в толще мышц бедра не выше 12 °С, поверхность его покрыта корочкой подсыхания.

В толще бедренных мышц охлажденного мяса температура находится в пределах от 0 до 4 °С, на поверхности имеется корочка подсыхания.

Подмороженное мясо в толще мышц бедра на глубине 1 см имеет температуру от минус 3 до минус 5 °С, а на глубине 6 см – от 0 до 2 °С. При хранении температура подмороженного мяса по всему объему полутуши должна быть от минус 2 до минус 3 °С.

В толще мышц бедра **замороженного мяса** температура составляет не выше минус 8 °С.

Размороженным считается мясо, оттаявшее до температуры в толще мышц бедра не ниже 1 °С.

Посол мяса

Посол мяса – самый древний и доступный способ его консервирования. Он используется самостоятельно, а также в сочетании с другими способами при копчении, производстве колбас и др. В последнем случае посол способствует достижению требуемых потребительских и технологических свойств готового продукта. Содержание соли в пищевых продуктах не должно ухудшать их вкуса. Поэтому эти показатели регламентируют. Обычно массовое содержание соли в мясных продуктах колеблется от 2,0 до 2,5 % (малосолёные) до 4,5 % (солёные).

При посоле мясо обрабатывают поваренной солью, рассолом или посолочной смесью для придания ему липкости, пластичности, влагоудерживающей способности, для

обеспечения органолептических показателей готового продукта и устойчивости его при хранении.

Консервирование поваренной солью основано на разности осмотического давления в мясе и рассоле, вследствие чего происходит диффузный обмен: в мясо проникает поваренная соль, а из мяса в рассол переходит вода с растворенными в ней органическими соединениями. Диффузия продолжается до уравнивания концентрации соли в рассоле и в мясе. Высокое осмотическое давление солевого раствора способствует обезвоживанию микроорганизмов. Известно также и бактериостатическое действие соли.

Консервируют солью только свежее, охлажденное до 3 – 4 °С мясо, полученное от здоровых животных. При этом используют соль белую, сухую, содержащую не менее 98 % хлористого натрия. Длительность посола зависит от концентрации солевого раствора и температуры окружающей среды. С их повышением процесс ускоряется. Однако использование высококонцентрированного раствора соли значительно ухудшает качество получаемого продукта. Даже длительное вымачивание не всегда делает его съедобным. В свою очередь высокая температура способствует развитию солеустойчивых микроорганизмов. В связи с этим соль необходимо использовать умеренно, а посол производить при температуре 2 – 4 °С.

Посол бывает кратковременный и длительный (от нескольких суток до нескольких недель). Кратковременный посол применяют при производстве вареных колбасных изделий. Он обеспечивает повышение водосвязывающей способности мяса и, как следствие, выхода колбасных изделий.

Длительного посола требуют продукты больших размеров и с неразрушенной структурой (неизмельченные). Длительное воздействие соли вызывает более глубокую денатурацию некоторых белков и снижение их растворимости.

При длительном посоле свинина приобретает специфический вкус и аромат, который получил название «ветчинность». Появление характерных ветчинных свойств связано с накоплением в продукте свободных аминокислот, азотистых и карбонильных соединений, жирных кислот и других веществ, образующихся в процессе гидролиза в основном белков и липидов. При кратковременном посоле эффект ветчинности создают за счет использования различных ароматических препаратов.

Различают посол *простой и сложный*. При простом посоле в качестве консерванта используют только поваренную соль или ее водный раствор.

Сложный посол осуществляют специальной посолочной смесью или рассолом, в состав которых, кроме соли, входят сахар, нитриты, перец и другие ингредиенты, взятые в количествах, установленных рецептурой.

Поваренная соль участвует в формировании вкуса, ингибирует окисление жиров, оказывает бактериостатическое действие на микрофлору. При высоких концентрациях поваренной соли создается высокое осмотическое давление, которое способствует обезвоживанию клеток микроорганизмов. Кроме того, ионы натрия и хлора, проникая в микробную клетку, нарушают в ней обмен веществ.

Нитрит натрия (NaNO_2) применяют для усиления консервирующего действия поваренной соли и придания мясу розово-красного цвета. Нитриты ядовиты. Поэтому в соленом мясе содержание их не должно превышать 5 мг% (5 мг на 100 г). Нитрит нужно вводить в виде раствора и под строгим контролем. Добавление в посолочную смесь селитры запрещено.

Для лучшего сохранения розово-красного цвета мяса и улучшения вкуса и аромата ветчинных изделий иногда в посолочную смесь включают аскорбинат натрия или аскорбиновую кислоту – соответственно 47 или 52 г на 100 кг мяса. Необходимо иметь в виду, что свободная аскорбиновая кислота бурно реагирует с нитритом натрия, в связи с чем их нельзя вводить одновременно.

Сахар также способствует сохранению розово-красного цвета мяса. Кроме того, он смягчает соленость мясопродуктов и усиливает консервирующее действие соли. Количество его в посолочной смеси не должно превышать 2 %.

Фосфаты применяют для увеличения влагоемкости мяса, а следовательно, для увеличения выхода готовой продукции. Кроме того, фосфаты тормозят окислительные процессы, вследствие чего срок хранения продукта удлиняется. Иногда при посоле используют специи: лавровый лист, душистый перец и др.

Для посола мяса используют 3 метода: сухой, мокрый и смешанный. Сухой солью солят очень жирные мясопродукты (шпик, грудной бекон). При этом их натирают солью или сухой посолочной смесью и укладывают в тару (ящики), на дно которой насыпают слой соли в 1,0 – 1,5 см. Шпик укладывают шкуркой вниз, каждый ряд пересыпая солью.

Высота штабеля не должна превышать 1,5 – 2,0 м. Верхний ряд кусков засыпают слоем соли или посолочной смеси (2 см). Этот ряд укладывают несколько выше краев тары в расчете на осадку. Чем плотнее укладка, тем лучше качество продукта. Через три дня после посола и осадки тару закупоривают.

Продолжительность посола составляет 14 – 16 суток при температуре окружающей среды 4 – 5 °С. Расход соли составляет 12 % к массе исходного сырья, выход шпика – 98 %. Продукт при сухом посоле отличается высокой стойкостью при хранении. Однако если сухим посолом консервировать нежирные мясопродукты, то отмечается их сильное обезвоживание (8 – 12, а иногда до 20 %), мясо отличается соленостью, сухостью, жесткостью и неравномерностью просаливания.

Мокрый посол применяется для консервирования мяса, окороков, кореек и беконных половинок. При этом способе куски мяса укладывают в бочки и заливают охлажденным (2 – 4 °С) рассолом нужной концентрации. При этом рассол должен покрыть верхний ряд мяса. Чтобы оно не всплывало, его покрывают решетками и накладывают груз. Для ускорения просаливания часть рассола повышенной концентрации под давлением вводят в мясо специальной иглой внутримышечно или через кровеносную систему. В растворе мясо выдерживают в течение шести суток, затем на 2 – 3 дня подвешивают для стекания рассола и направляют на копчение или варку.

При мокрому посоле соль быстро и равномерно распределяется в мясе, можно установить нужную концентрацию соли в продукте, продукт характеризуется умеренной соленостью (6 – 7 %), нежностью, увеличивается выход солонины (до 15 % к исходной массе). Однако при данном способе посола отмечаются большие потери белков, экстрактивных веществ, фосфатов, высокая влажность солонины, что значительно сокращает срок ее хранения вне рассола.

В зависимости от содержания соли рассол бывает малосоленый (14 – 16 %), нормальный (18 %) и солоноватый (20 %).

Смешанный посол применяют для консервирования мяса на костях, предназначенного для длительного хранения, и при изготовлении свинокопченостей.

Куски мяса или штучные изделия натирают сухой посолочной смесью и плотно укладывают в бочку, на дно которой насыпают слой посолочной смеси (1 см). Каждый ряд уложенных кусков мяса пересыпают той же смесью. Мясо закрывают и накладывают груз.

После уплотнения и выделения сока (3 – 4 дня) мясо заливают приготовленным рассолом необходимой крепости. Для крепкого посола используют 24 – 28 %-ный раствор соли, для среднего – 18 – 20 %-ный и для слабого – 14 – 16 %-ный. После выдержки в течение 20 суток продукт вынимают из рассола для стекания влаги. Солонина имеет хороший товарный вид, умеренную соленость, умеренные потери белков мяса, высокую стойкость при хранении.

Солонину в бочках хранят в вентилируемых помещениях при температуре от минус 10 до плюс 5 °С в течение восьми месяцев.

Физико-химические изменения мяса при термической обработке, копчении

Цель тепловой обработки мясопродуктов – доведение продукта до состояния кулинарной готовности. При этом процессе повышается стойкость продукта к микробиальной порче, и часто тепловую обработку применяют как один из методов консервирования. В этом случае прибегают к пастеризации и стерилизации. В результате тепловой обработки мясо приобретает новые характерные вкусовые и ароматические свойства, плотную консистенцию и обычно лучше усваивается организмом.

Изменения свойств продукта, вызываемые нагревом, обусловлены изменением свойств их составных частей и потерями частей продукта в окружающую среду. Мясо и мясопродукты обычно нагревают от 60 до 180 С. Поэтому в зависимости от условий процесса и конечной температуры нагрева изменения составных частей и свойств готовых продуктов существенно различаются.

Наиболее характерным изменением белков всех тканей при тепловой обработке является тепловая денатурация. При этом изменяются характерные свойства белков – уменьшаются их растворимость, гидратация. Белки, денатурированные нагреванием, легко агрегируют и коагулируют. Скоагулированные белки уплотняются с выделением воды. Денатурирующее действие тепла на белки мяса существенным образом зависит от условий, в которых происходит нагрев: от температуры нагрева, продолжительности теплового воздействия, присутствия или отсутствия достаточного количества влаги, отдаваемой при тепловой обработке, зависит от ряда факторов. К числу наиболее важных из них относятся степень развития коагуляционных явлений, возникающих после денатурации.

Развитие коагуляционных явлений сопровождается уменьшением водосвязывающей способности белковых веществ и потерей воды. Отсюда следует, что и температура, и продолжительность тепловой обработки мясопродуктов должны быть лишь минимально необходимыми соответственно особенностям состава и свойств нагреваемого продукта. Например, при изготовлении карбонада используют мясо с небольшим содержанием соединительной ткани. Жесткость и обезвоживание такого мяса с увеличением нагрева возрастают. В этом случае длительность нагрева продукта не должна быть больше той, которая необходима для денатурации растворимых белков. Практически для этого достаточно прогреть продукт на всю глубину примерно до 70 °С. Для образцов мяса, содержащих в составе относительно большее количество соединительной ткани, состояние кулинарной готовности определяется степенью распада коллагена.

На потерю воды продуктом существенно влияет и степень развития автолитических процессов к моменту нагрева. Количество влаги, отдаваемой при тепловой обработке, минимально при нагреве парного мяса. Оно резко увеличивается к моменту полного развития посмертного окоченения, после чего постепенно уменьшается по мере созревания мяса. Но даже спустя 10 сут. и более оно выше, чем при тепловой обработке парного мяса. Соответственно этому, мясо, сваренное в состоянии посмертного окоченения, очень жесткое, но тем нежнее и сочнее, чем больше степень созревания. При производстве мяса и мясопродуктов это обстоятельство необходимо учитывать. Так, для выработки вареных колбасных изделий, когда решающее значение имеет водосвязывающая способность мяса, предпочтительнее использовать парное мясо.

Водосвязывающую способность мясопродуктов, подвергаемых тепловой обработке, можно увеличить, сдвигая рН в ту или иную сторону от изоэлектрической точки белков животных тканей. Этого можно достигнуть, добавляя к измельченному мясу некоторые соли, например, фосфаты, или обрабатывая мясо органическими кислотами, например, уксусной.

При варке мяса в воде теряются не только вода, но и водорастворимые вещества мяса. Если мясо, предназначенное для варки, погрузить в холодную воду и нагревать, то водорастворимые вещества мяса переходят в окружающую среду. Водорастворимые

белки из наружных слоев мяса переходят в воду в количестве до 0,2% массы мяса, коагулируют, образуя пену, всплывающую на поверхность. В процессе варки из мяса в бульон переходит значительная часть водорастворимых витаминов, экстрактивных и минеральных веществ. При таком способе варки получают крепкий мясной бульон и довольно малоценное по вкусовым качествам вареное мясо. При погружении мяса в кипящую воду на него сразу же воздействует высокая температура. Происходит быстрая коагуляция белков поверхностного слоя - уплотнение поверхности мяса. Выделение воды, так же как и вкусовых веществ, затрудняется. Этот способ дает более сочное и более вкусное мясо и слабый бульон.

Поваренная соль, добавляемая при варке мяса, вызывает набухание его волокон; волокна мяса как бы раздвигаются, что способствует большему проникновению воды в глубь мяса и, следовательно, лучшему экстрагированию водорастворимых веществ.

Изменение липидов

При варке мяса жир плавится и значительная часть его переходит в воду. Выплавленный жир всплывает в основном на поверхность бульона; небольшая часть его эмульгируется, что придает мутноватость бульону. При достаточно длительном нагреве в условиях контакта с водой и температуре выше 100 °С жир претерпевает химические изменения. При умеренном нагреве они невелики, по все же легко могут быть обнаружены. Так, отмечается увеличение кислотного числа, что свидетельствует о гидролитическом распаде жира. За счет присоединения гидроксильных групп по месту двойных связей вследствие взаимодействия триглицеридов с водой частично образуются оксикислоты. Последние сообщают бульону вкус и запах осаливания при длительной и энергичной варке жирного мяса и костей. Нагревание способствует и более быстрой окислительной порче жиров при хранении, особенно свинины. Если гидролиз жира не ведет к снижению пищевой ценности, то образование оксикислот снижает пищевую ценность какой-то части жира. Уменьшение пищевой ценности жира зависит от жесткости нагрева. Так, при жарении температура поверхностного слоя мяса или мясопродукта достигает 135 С и выше; при этом жир вытапливается и изменяется.

Окислительные изменения жиров и процессы полимеризации приводят не только к изменению цвета (жир темнеет) и ухудшению запаха, но при этом могут образовываться вредные для организма вещества. Таким образом, при жарении происходят процессы, приводящие к порче жира.

Изменение витаминов

Тепловая обработка мяса и мясопродуктов приводит к уменьшению содержания некоторых витаминов в результате их химических изменений, а также потерь в окружающую среду. Изменение содержания витаминов в мясе при нагревании зависит от их устойчивости к тепловому воздействию, а также от условий обработки мяса, главным образом от *pH* и присутствия кислорода. Тепловая обработка мяса и мясопродуктов даже при умеренных температурах приводит к некоторому снижению их витаминной ценности, а при нагреве выше 100 °С витамины значительно разрушаются (от 40 до 70%). Из водорастворимых витаминов наименее устойчивы витамины В, и аскорбиновая кислота (витамин С), из жирорастворимых витаминов - витамин D. Витамин А практически выдерживает температуру до 130 С. Однако сухой нагрев в контакте с воздухом, например, жарение мясопродуктов, сопровождается интенсивным разрушением витамина А и других витаминов, особенно тех, которые легко окисляются (E, С).

Копчение - это обработка пищевых продуктов дымом, образующимся при неполном сгорании древесины. Это один из способов консервирования продуктов, а также технологический прием, применяемый для придания продукту своеобразного вкуса и аромата.

Обработку горячим дымом (обжарка, горячее копчение) применяют при изготовлении вареных колбасных изделий. При кратковременной обжарке (от 40 мин до 2 ч) продукт обрабатывается дымом при высоких температурах (60-110 °С). При изготовлении варено-копченых изделий их повторно обрабатывают горячим дымом при 35-45 °С в течение 12-48 ч.

Копчение холодным дымом используют для изготовления сырокопченых изделий. В этом случае обработку дымом производят при 18-22 С в течение 3-7 сут. Применяют ряд других способов копчения: электрокопчение (копчение в электрическом поле), бездымное (посредством коптильных препаратов) и др.

Изменение свойств мяса при копчении

В процессе копчения некоторые летучие вещества коптильных газов осаждаются на поверхности, а другие проникают внутрь продукта, постепенно диффундируя во время копчения и последующей сушки. В результате сложных взаимосвязанных химических, физико-химических и биохимических процессов изменяются составные части продукта, в результате чего готовые изделия приобретают характерные для них консистенцию, своеобразные органолептические свойства и устойчивость при хранении.

Изменение консистенции продукта при копчении.

При копчении продукт значительно обезвоживается за счет испарения воды. При холодном копчении потери влаги составляют 15-20%, при обжарке потери массы за счет испарения воды меньше и составляют для сосисок 10-12%, вареных колбас - 4-7%, полукопченых - до 7% . При горячем копчении колбасы теряют до 10% влаги.

Характерным изменением белков мяса при копчении является их *денатурация*. Она происходит под влиянием повышенной температуры (при горячем копчении); ей также способствуют вещества, содержащиеся в дыме. Вследствие денатурации и последующей коагуляции, а также обезвоживания за счет испарения воды понижается растворимость белков, продукт уплотняется. Компоненты дыма, поступающие в продукт при копчении, взаимодействуют с функциональными группами белков и другими составными частями мясопродуктов.

По своему характеру реакции между коптильными веществами и составными частями мяса похожи на процесс дубления. При дублении белковые молекулы «сшиваются» в более крупные частицы через различные химические «мостики». Например, формальдегид, реагируя с аминогруппами двух пептидных цепей, образует между ними метиленовые «мостики». Вследствие этого возрастают прочностные свойства и уменьшается гидрофильность белков. Испарение воды, денатурационные изменения и взаимодействия с составными частями дыма более заметны во внешних слоях мясопродукта, где концентрация последних больше.

При горячем копчении образуется корочка денатурированных белков - периферийная защитная зона, которая затрудняет проникновение составных частей дыма в глубь изделия и препятствует удалению влаги из продукта. Таким образом, продукт горячего копчения оказывается внутри менее плотным, чем продукт холодного копчения.

Наиболее существенно этим изменениям (денатурации, коагуляции и дублению) подвергается коллаген, входящий в структуру мяса, оболочек колбасных изделий и кожи, покрывающей свинокопчености. Так, в процессе обжарки естественная оболочка колбас и поверхностный слой продукта под оболочкой дубятся, высокая температура обжарки (выше 60 С) вызывает их уплотнение в результате денатурации и усиленной коагуляции белков; защитные свойства оболочки и поверхностного слоя продукта повышаются.

При холодном копчении сырых изделий продолжают развиваться автолитические и микробиальные процессы, которые начались в период посола и осадки, но с большей интенсивностью вследствие повышения температуры.

При обжарке и горячем копчении, пока температура приближается к оптимуму действия ферментов (до 40-50 °С), автолитические процессы и реакции, катализируемые ферментами микроорганизмов, становятся более активными. По мере повышения температуры внутри продукта постепенно развивается денатурация белков и ферменты инактивируются.

В результате автолитических и микробиальных процессов происходит частичный гидролитический распад основных веществ мяса: белков (протеолиз), липидов (липолиз), а также ряд других ферментативных процессов. Хотя гидролизуется сравнительно небольшая часть белковых веществ, этого все же достаточно для улучшения консистенции мяса: структура ткани разрушается, мясо становится мягким, нежным и готовым к употреблению.

При изготовлении продуктов, которые коптят после варки (например, полукопченые колбасы), ферментативные процессы при копчении не происходят, так как вследствие тепловой денатурации белков в процессе варки ферменты оказываются уже инактивированными.

Изменение вкуса и аромата.

Специфические аромат и вкус, возникающие при обработке дымом изделий из мяса, являются результатом воздействия многих факторов. Прежде всего, они связаны с накоплением различных веществ, проникающих в продукт из дыма, таких как фенолы, карбонильные соединения и др. Эти вещества обладают различными оттенками запаха (например, пряными), кислым, горьким, острым, сладковатым привкусами и создают определенный букет вкуса и запаха копченого продукта. Даже при столь кратковременной обработке дымом, как обжарка, когда в продукт из дыма попадает сравнительно мало копильных веществ и они проникают на небольшую глубину, их количества достаточно для придания изделиям особого оттенков вкуса и аромата.

Лекция 12

Пищевые и биологически активные добавки

Пищевые и биологически активные добавки – химические вещества и природные соединения, которые специально вносят в пищевые системы для решения конкретных технологических задач, а в случае биологически активных добавок – для обогащения пищевых продуктов и алиментарной профилактики и коррекции здоровья человека. В последнем случае они используются и как самостоятельные продукты – биологически активные добавки к пище (БАД).

Согласно требованиям безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов под термином «пищевые добавки» подразумевают природные или синтезированные вещества, соединения, преднамеренно вводимые в пищевые продукты с целью их сохранения и (или) придания им заданных свойств. Они используются в пищевых системах на разных стадиях технологического процесса в зависимости от особенностей технологии, специфики основного сырья, характера и назначения конечного продукта. С их помощью достигают нужный или улучшенный уровень качества пищевых систем и продуктов путем решения технологических задач, связанных с усовершенствованием технологии (например, интенсификации технологических процессов или сокращения производственного цикла за счет исключения одной или нескольких операций без ухудшения качества продукта); получения продуктов специализированного назначения; сохранения или придания пищевым продуктам необходимых (новых) свойств; повышения стабильности пищевых систем; улучшения органолептических свойств.

В «Основных принципах по использованию пищевых добавок», опубликованных комиссией Кодекс Алиментариус – постоянным органом ФАО/ВОЗ, указано, что применение пищевых добавок оправдано лишь в случаях, если оно преследует цели:

- 1) сохранение природных качеств пищевого продукта. Преднамеренное снижение питательных свойств продукта допустимо в том случае, если значение продукта в питании несущественно;
- 2) введение необходимых компонентов при изготовлении специализированных диетических продуктов;
- 3) увеличение стабильности при хранении или улучшение органолептических свойств пищевого продукта при условии, что это не меняет характера, сущности и качества пищевого продукта и не вводит в заблуждение потребителя;
- 4) усовершенствование технологических процессов, связанных с подготовкой, переработкой, изготовлением, фасовкой, транспортировкой, хранением пищевых продуктов при условии, что добавка не будет маскировать порчу сырья.

К пищевым добавкам не относят, как правило, соединения, повышающие биологическую ценность продуктов питания (витамины, аминокислоты, микро- и макроэлементы и т. д.), а также чужеродные вещества сырья и продуктов – контаминанты, попадающие из окружающей среды. В связи с тенденцией производства функциональных продуктов питания, которые являются не только источниками энергетических и пластических материалов для организма, но и влияют на функции отдельных органов или организма в целом, в отдельную группу вынесены соединения и природные вещества, обладающие биологическим действием на организм человека.

По мере расшифровки химического состава продовольственного сырья и пищевых продуктов и выявления корреляционной зависимости между содержанием в них отдельных микронутриентов и биологически активных веществ, а также состояния здоровья населения был сформулирован новый взгляд на пищу как средство профилактики и лечения заболеваний. В то же время последние успехи в биохимии, клеточной биологии, физиологии и патологии подтвердили гипотезу о том, что пища также контролирует и моделирует различные функции в организме и, как следствие, участвует в поддержании здоровья и снижении риска возникновения ряда заболеваний.

Согласно признанному определению к функциональным пищевым продуктам относится любой модифицированный пищевой продукт, содержащий помимо традиционных для него питательных веществ пищевой ингредиент, который может оказывать благотворное влияние на здоровье человека. Кроме классических, хорошо известных продуктов (природные злаки, молочные продукты, растительные жиры, натуральные соки и напитки) к разряду функциональных относятся также продукты с содержанием в их составе одного или несколько классов ингредиентов, идентифицированных как имеющие выгодный потенциал для здоровья на основе имеющихся научных доказательств, – это, например, пищевые волокна, олигосахариды, изопреноиды, витамины, холины, молочнокислые бактерии, минералы, полиненасыщенные жирные кислоты, фитосоединения, антиоксиданты.

По мнению специалистов (Москва, ВНИИМП, 2001),

- 1) функциональный продукт должен производиться в традиционной технологической и товарной форме (а не в капсулах, таблетках или порошках), к тому же полученной из природных ингредиентов;
- 2) входить в ежедневный рацион питания человека;
- 3) регулировать определенные процессы в организме, например стимулировать активность иммунных реакций, предотвращать развитие определенных заболеваний, контролировать физиологические процессы в организме и т. д.

Потребительские свойства функциональных продуктов формируются из следующих составляющих показателей: пищевая ценность, вкусовые качества и положительное физиологическое действие. Исходя из определения, к функциональным можно отнести практически большинство натуральных пищевых продуктов, обогащенных эссенциальными факторами питания.

При этом функциональные ингредиенты должны:
быть полезными для здоровья человека;
быть безопасными в питании;
не снижать пищевой ценности продукта;
быть натуральными;
употребляться перорально.

В настоящее время определились два основных пути создания функциональных продуктов: 1) рациональное сочетание и использование природных сырьевых ресурсов; 2) создание биологически активных добавок, представляющих собой концентрированные формы (в той или иной степени чистоты) эссенциальных микронутриентов или их сочетаний с известным уровнем концентраций для поддержания и коррекции биологических функций организма на микро- и макроуровнях (клетка → ткань → орган → организм).

В условиях нехватки и нестабильности пищевых ресурсов, экологической напряженности и не вполне удовлетворительных социально-экономических условий проживания населения можно достичь стабильного и постоянно действующего фактора здоровья через питание двумя путями:

- 1) целенаправленным использованием природных ресурсов;
- 2) созданием биологически активных добавок (БАД) к пище или использованием их в составе пищевых систем для обогащения биологически активными веществами. По понятным причинам последнее имеет первостепенное значение, так как связано с производством продуктов массового потребления как средством повсеместной и каждодневной алиментарной профилактики и коррекции здоровья человека.

Общая характеристика и классификация пищевых добавок

Пищевые добавки используются человечеством на протяжении многих веков, но особенно широкое их применение началось в конце XIX в. и достигло максимума во всех странах мира в наши дни. История пищевых добавок уходит в Древний Египет (около 1600 г. до н. э.) и связана с применением поваренной соли, а во времена Средневековья к ней добавилась селитра, которая в смеси с солью стала использоваться при посоле мяса. Этот процесс актуален и в наше время. К исторически давним добавкам следует отнести специи (перец, гвоздику, мускатный орех, корицу, имбирь и др.), массовое использование которых известно со времен Римской Империи и Средневековья. Список исторически известных пищевых добавок можно продолжить: мед как заменитель сахара, экстракты природных растений в подкрашивании фруктовых и овощных соков и т. д.

В настоящее время известно более 500 видов различных добавок; с учетом их комбинаций при создании полифункциональных пищевых добавок их число значительно возрастает.

Очевидно, теоретическое и практическое значение имеет систематизация и классификация пищевых добавок.

В зависимости от источника пищевые добавки подразделяются на:

- А) природные пищевые добавки;
- Б) пищевые добавки, полученные искусственным путем из натуральных объектов (модифицированные);
- В) синтетические пищевые добавки – аналоги природных соединений;
- Г) синтетические добавки, не имеющие аналогов.

По технологическим функциям пищевые добавки классифицируют следующим образом:

1. Обеспечивающие и улучшающие внешний вид
Пищевые красители
Цветорегулирующие материалы (агенты)

Улучшители консистенции
Загустители, студне- и желеобразователи
Пищевые поверхностно-активные вещества
Стабилизаторы физического состояния
Разрыхлители
Пенообразователи

2. Обеспечивающие необходимые органолептические свойства продуктов

Ароматизаторы
Вкусоформирующие вещества
Подсластители
Пряности
Пищевые кислоты
Подщелачивающие вещества
Соленые вещества

3. Предотвращающие микробную и окислительную порчу продуктов

Консерванты
Антибиотики
Антиоксиданты

4. Необходимые в технологическом процессе производства продуктов питания

Ускорители технологического процесса
Фиксаторы (например, миоглобина)

Обобщение опыта различных отраслей пищевой промышленности позволяет сформулировать следующие причины широкого внедрения пищевых добавок в технологию производителями продуктов питания:

современные методы торговли, включающие перевоз продуктов питания, в том числе скоропортящихся и быстро черствеющих, на большие расстояния, что вызвало необходимость применения добавок, увеличивающих сроки хранения; быстро изменяющиеся индивидуальные требования современного потребителя к продуктам питания в отношении вкуса, привлекательного внешнего вида, невысокой стоимости, удобства использования; удовлетворение таких потребностей легко осуществляется при помощи, например, ароматизаторов, красителей и т. п.; создание новых видов пищи, отвечающей современным требованиям науки о питании (низкокалорийные продукты, аналоги мясных, молочных и рыбных продуктов), что связано с применением пищевых добавок, регулирующих консистенцию пищевых продуктов;

совершенствование технологии получения традиционных и новых продуктов питания.

Европейским союзом разработана рациональная система цифровой кодификации пищевых добавок. Она включена в кодекс ФАО/ВОЗ для пищевых продуктов (Codex Alimentarius, Ed. 2, V. 1) как международная цифровая система кодификации пищевых добавок (International Numbering System— INS). Каждой пищевой добавке присвоен цифровой трех- или четырехзначный номер (в Европе с предшествующей ему буквой E). Эти номера (коды) комбинируют с названиями функциональных классов, отражающих группу пищевых добавок по технологическим функциям (подклассам).

Букву E специалисты отождествляют как со словом Европа, так и со словами Essbar/Edible, что в переводе на русский соответственно с немецкого и английского означает «съедобный». Буква E в сочетании с трехзначным номером является синонимом и частью сложного наименования конкретного химического вещества, являющегося пищевой добавкой. Присвоение конкретному веществу статуса пищевой добавки и трехзначного идентификационного номера E имеет четкое толкование, подразумевающее, что:

данное конкретное вещество проверено на безопасность; вещество может быть применено (рекомендовано) в рамках его установленной безопасности и технологической необходимости (при условии, что применение этого вещества не введет потребителя в заблуждение относительно типа и состава пищевого продукта, в который оно внесено); для данного вещества установлены критерии чистоты, необходимые для достижения определенного уровня качества продуктов питания.

Таким образом, разрешенные пищевые добавки, имеющие идентификационный номер, обладают определенными свойствами.

Качество пищевых добавок определяется совокупностью характеристик, обуславливающих технологические свойства и безопасность пищевых добавок. После некоторых E-номеров (буква E в сочетании с трехзначным номером) стоят строчные буквы, например, E160a означает каротины, E472a – эфиры моно- и диглицеридов уксусной и жирных кислот и т. д. В этих случаях речь идет о классификационном подразделении пищевой добавки. Строчные буквы являются неотъемлемой и обязательной частью E-номера. В отдельных случаях после E-номеров стоят римские цифры, которые уточняют различия в спецификации добавок одной группы (например, E4501 – дигидропирофосфат натрия) и не являются обязательной частью номера и обозначения.

Наличие пищевых добавок в продуктах должно фиксироваться на этикетке, при этом пищевая добавка может обозначаться как индивидуальное вещество или как представитель функционального класса в сочетании с E-номером, например, бензоат натрия или консервант E211.

Лекция №9

Химический состав молока, энергетическое и биологическое значение.

Качество молока и молочных продуктов.

Молоко - это продукт нормальной физиологической секреции молочных желез коровы, овцы, козы, буйволицы, верблюдицы, кобылы, полученный от одного или более животных от одного или нескольких доений. В зависимости от вида животного молоко называют коровьим, козьим, овечьим и т. д.

Качество молока определяется его химическим составом (содержанием белков, жиров, углеводов, минеральных веществ, витаминов, ферментов и пр.), а также физико-химическими показателями, плотностью, кислотностью, органолептическими свойствами и др. Кроме того, важными показателями качества являются температура, при которой хранится молоко после доения, общая бактериальная обсемененность и количество соматических клеток.

Кроме перечисленных показателей в некоторых странах, например в США, Великобритании, Бельгии и др., контролируют молоко на наличие антибиотиков, пестицидов, тяжелых металлов, остатков моющих и дезинфицирующих средств, в Нидерландах и Норвегии -- на содержание психотрофных микроорганизмов. Особенно высокие требования предъявляют к молоку высшей категории качества. Во всех странах молоко сразу после выдаивания охлаждают до 1-7 °С.

Молоко - биологическая жидкость, которая образуется в молочной железе млекопитающих и предназначена для вскармливания детеныша и предохранения его от инфекции в первые дни жизни. Это многокомпонентная сбалансированная система, обладающая высокими питательными, иммунологическими и бактерицидными свойствами.

В состав молока входят вода, белки, липиды, углеводы, минеральные вещества, витамины, ферменты, гормоны и ряд других компонентов. Некоторые из основных его компонентов (лактоза, казеин) ни в каких других природных продуктах не обнаружены.

Наибольший удельный вес коровьего молока занимает вода (более 85%). На остальные компоненты, входящие в состав сухого остатка, приходится 11 - 14%.

Содержание сухого обезжиренного остатка молока (СОМО) составляет 8-9%. В состав молока входят также газы, содержание которых незначительно.

Большая часть воды молока находится в свободном состоянии (83-86%), а меньшая часть (3-3,5%) - в связанной форме.

Свободная вода является растворителем органических и неорганических соединений молока, участвует во всех биохимических процессах, протекающих в молоке при выработке молочных продуктов. Легко удаляется при замораживании и при высушивании.

Связанная вода по форме связи с компонентами делится на три группы: вода химической, физико-химической и механической связи.

Наиболее прочной является химическая связь воды в химических соединениях и кристаллогидратах. В молочных продуктах химически связанная вода представлена водой кристаллогидратов молочного сахара ($C_{12}H_{22}O_{11} \cdot nH_2O$). Ее можно удалить при нагревании гидратной формы сахара до температуры 125-130⁰С.

Белки молока

Общее содержание белков в коровьем молоке колеблется от 2,9 до 4%. В соответствии с номенклатурной схемой Комитета по номенклатуре и методологии молочных белков Американской научной ассоциации молочной промышленности, белки молока делятся на казеины и сывороточные белки.

К белкам молока также относят ферменты, гормоны (пролактин, гормон роста, инсулин и др.), и белки оболочек жировых шариков.

Собственно пищевыми белками являются казеины. Они максимально расщепляются протеиназами пищеварительного тракта в нативном состоянии, в то время как глобулярные белки приобретают эту способность только после денатурации.

Важными биологическими функциями обладают сывороточные белки. Иммуноглобулины являются носителями пассивного иммунитета, лактоферрин и лизоцим обладают антибактериальными свойствами. Лактоферрин и -лактоглобулин выполняют транспортную функцию - переносят в кишечник новорожденного железа, витамины и некоторые другие вещества.

По содержанию и соотношению незаменимых аминокислот белки молока относятся к биологически полноценным белкам.

Сывороточные белки молока содержат большее количество серосодержащих аминокислот (метионин, цистеин), чем казеины. Поэтому оптимальный баланс аминокислот в рационе может быть достигнут изменением соотношения казеина и сывороточных белков.

Иногда при употреблении молока примерно у 1% детей наблюдаются аллергические реакции. Основным аллергическим компонентом коровьего молока для человека считается -лактоглобулин.

Состав и свойства казеина

Количество казеина в молоке составляет 2,3-2,9% или 76-86% общего белка плазмы молока. В практике под казеином понимают смесь белков (казеинов), осаждаемых из обезжиренного молока при подкислении до рН 4,6. Казеин также выделяется из молока путем осаждения при помощи сульфатов натрия или аммония или методом ультрацентрифугирования.

Очищенный казеин, выделенный из молока с помощью уксусной кислоты, представляет собой аморфный порошок белого цвета, без запаха и вкуса, практически нерастворимый в воде, растворимый в слабых растворах щелочей, солей щелочных и щелочноземельных металлов и минеральных кислот.

При рН свежего молока 6,6 казеин имеет отрицательный заряд. Изoeлектрическое состояние казеина наступает при рН 4,6-4,7. Следовательно, в составе казеина преобладают дикарбоновые кислоты. Кроме того, отрицательный заряд и кислые свойства казеина усиливают гидроксильные группы фосфорной кислоты. Казеин принадлежит к

фосфопротеидам - в своем составе содержит фосфорную кислоту, присоединенную моноэфирной связью к остаткам серина:

Своими полярными группами и пептидными группировками главных цепей казеин связывает значительное количество воды - более 2 г на 1 г белка. Гидрофильные свойства казеина зависят от структуры, заряда молекул, рН среды, концентрации в ней солей и др. факторов.

В молоке казеин имеет явно выраженные кислые свойства. Его свободные карбоксильные группы дикарбоновых аминокислот и гидроксильные группы фосфорной кислоты легко взаимодействуют с ионами солей щелочных и щелочноземельных металлов (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), образуя казеинаты.

Нативные молекулы казеина образуют особым образом структурированные комплексы - мицеллы. Кроме казеина, в их состав входят ионы кальция, неорганического фосфата и цитрата. В настоящее время принято считать, что казеин в молоке содержится в виде казеината кальция, соединенного с коллоидным фосфатом кальция, или так называемого казеинаткальцийфосфатного комплекса (ККФК). ККФК образует мицеллы почти сферической формы, состоящие из субмицелл размером 40-300 нм.

ККФК стабилен в свежем молоке, сохраняет устойчивость при тепловой и механической обработке молока. Однако при высокотемпературной обработке молока и при выработке кисломолочных продуктов наблюдается нарушение его мицеллярной и субмицеллярной структуры.

Фракционный состав

Казеин, полученный из обезжиренного молока осаждением кислотой при рН 4,6, является гетерогенным белком.

Предварительное деление казеина на фракции можно осуществить при помощи раствора мочевины.

Казеин полностью растворяется в 6,6 М растворе мочевины. При снижении концентрации мочевины до 4,6 М в осадок выпадает -казеиновый комплекс (молекулярная масса 27000 Да). В -казеиновом комплексе выделяют Са-чувствительную часть и Са-нечувствительную.

Са-чувствительная часть выпадает в осадок в присутствии 0,03-0,04 М CaCl_2 при рН 7 и температуре 0-4⁰С и обычно называется s_2 -казеином. При электрофорезе на гелях s_2 -казеин разделяется на фракцию s_{11} с вариантами А, В, С, D и группу s_2 -подобных казеинов. Их различные сочетания в молоке характеризуют генотип породы животных.

К Са-нечувствительной части -казеинового комплекса относят -, - и m-казеины, которые растворяются в 0,03-0,4 М CaCl_2 . Наиболее изученной является -фракция (M=10000-26000 Да). -казеин является стабилизатором казеиновой мицеллы от действия ионов Са. Под действием сычужного фермента происходит расщепление -казеина, его стабилизирующие свойства теряются, и казеин коагулируется ионами Са.

-казеиновый комплекс осаждается из раствора мочевины при снижении ее концентрации до 3,3 М. -казеин при температуре 0-4⁰С находится в мономерной форме и не осаждается ионами Са, в отличие от s_2 -казеина. При температуре 35⁰С -казеин полимеризуется и осаждается ионами кальция. -казеин методами электрофореза и хроматографии можно разделить еще на 3-4 фракции, обычно обозначаемые А, В, С, D.

-казеиновый комплекс выпадает в осадок при снижении концентрации раствора мочевины до 1,7М при рН 4,7 после добавления $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Данная фракция изучена слабо и, по всей видимости, также является гетерогенной.

Кроме этих основных белков, в молоке присутствует в ничтожных количествах ряд ферментов, белки оболочек жировых шариков и другие специфические белки молока.

Ферменты молока включают более 20 истинных (нативных), а также многочисленные внеклеточные и внутриклеточные ферменты, продуцируемые микрофлорой молока и бактериальных заквасок. Ферменты молока имеют большое

практическое значение, как для переработки молока, так и для оценки его санитарного состояния.

Протеин мембраны жировых шариков представлен глобулином, который не является идентичным ни одному из белков молока. На 100 г жировых шариков приходится 0,4-0,8 г белка их оболочек.

Небелковые азотистые соединения

Помимо белковых веществ в молоке содержатся многочисленные азотистые соединения небелкового характера. Они представляют собой промежуточные и конечные продукты азотистого обмена в организме животных и попадают в молоко непосредственно из крови. Важнейшими компонентами фракции небелкового азота молока являются мочевины, пептиды, аминокислоты, креатин и креатинин, аммиак, оротовая, мочевиная и гиппуровая кислоты. Их общее количество составляет около 5% всего содержания азота в молоке.

Липиды молока

Молочный жир - одна из наиболее ценных по питательности составных частей молока. Жир в молоке содержится в форме мелких жировых шариков диаметром до 0,1-10 мкм, окруженных липопротеидной мембраной с гидрофильной поверхностью. Содержание жира в молоке колеблется от 2,8 до 5 %.

Главным компонентом молочного жира являются триглицериды (98-99%). Кроме триглицеридов в молоке обнаруживаются лецитин, кефалин, сфингомиелин, холестерин, эргостерин, цереброзиды, жирорастворимые витамины и провитамины, свободные жирные кислоты.

Глицериды молока существенным образом отличаются от таковых в жировых депо организма в первую очередь тем, что включают в свой состав большее количество насыщенных низкомолекулярных жирных кислот. Молекулы триглицеридов молока являются разнокислотными, поэтому молочный жир имеет низкую температуру плавления и однородную консистенцию.

В составе триглицеридов насыщенные кислоты составляют (58-77%, в среднем - 65%), ненасыщенные жирные кислоты - в среднем 35%.

К основным насыщенным высокомолекулярным кислотам молочного жира относятся пальмитиновая, стеариновая и миристиновая, а к насыщенным низкомолекулярным - масляная, капроновая, каприловая, каприновая и лауриновая. Большинство из насыщенных жирных кислот содержит четное число атомов углерода (C₄-C₂₀). Главный компонент этой группы кислот - пальмитиновая.

В то время как насыщенные жирные кислоты (свыше C₈) при комнатной температуре являются твердыми, ненасыщенные - большей частью жидкие. Среди последних основное место занимает олеиновая.

По сравнению с жирами животного и растительного происхождения, молочный жир характеризуется высоким содержанием миристиновой кислоты и низкомолекулярных летучих насыщенных жирных кислот - масляной капроновой, каприловой и каприновой, в сумме составляющих 7,4-9,5% общего количества жирных кислот. Количество биологически важных полиненасыщенных жирных кислот (линолевой, линоленовой и арахидоновой) в молочном жире, по сравнению с растительными маслами, невысокое и составляет 3-5%.

После осаждения казеина из молока кислотой (при pH 4,6-4,7) в сыворотке остается около 0,6 % белков, которые называют сывороточными. Они состоят из в-лактоглобулина, б-лактальбумина, иммуноглобулинов, альбумина сыворотки крови, лактоферрина.

в-Лактоглобулин, б-лактальбумин и иммуноглобулины выполняют важные биологические функции и имеют большое промышленное значение, вследствие высокого содержания незаменимых и серосодержащих аминокислот. Из сыворотки их выделяют в нативном

состоянии с помощью ультрафильтрации и применяют для обогащения различных пищевых продуктов.

Альбумин сыворотки крови содержится в молоке в незначительных количествах и не имеет практического значения. Лактоферрин, несмотря на малое содержание, выполняет важные биологические функции и необходим для организма новорожденного.

в-Лактоглобулин. в-Лактоглобулин составляет 50-54% белков сыворотки (или 7-12% всех белков молока). Он имеет изоэлектрическую точку при pH 5,1. При пастеризации молока денатурированный в-лактоглобулин вместе с $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ выпадает в осадок в составе молочного камня и образует комплексы с ч-казеином казеиновых мицелл (осаждаясь вместе с ними при коагуляции казеина). Он не свертывается сычужным ферментом и не коагулирует в изоэлектрической точке в силу своей большой гидратированности.

б-Лактальбумин. В сывороточных белках б-лактальбумин занимает второе место после в-лактоглобулина (его содержание составляет 20-25% сывороточных белков, или 2-5% общего количества белков). б-Лактальбумин устойчив к нагреванию, он является самой термостабильной частью сывороточных белков. Он является специфическим белком, необходимым для синтеза лактозы из галактозы и глюкозы.

Иммуноглобулины. В обычном молоке иммуноглобулинов содержится мало, в молозиве они составляют основную массу (до 90%) сывороточных белков.

Иммуноглобулины объединяют группу высокомолекулярных белков, обладающих свойствами антител. Антитела- вещества, образующиеся в организме животного при введении в него различных чужеродных белков (антигенов) и нейтрализующие их вредное действие.

Иммуноглобулины молока имеют большую молекулярную массу (150 000 и выше), в своем составе содержат углеводы, термолабильны, т. е. коагулируют при нагревании молока до температуры выше 70°C.

Лактоферрин. Представляет собой гликопротеид молекулярной массой около 76 000, содержит железо. В молоке содержится в малых количествах (менее 0,3 мг/мл), в молозиве его в 10-15 раз больше.

Молоко, используемое для выработки сливочного масла должно соответствовать действующему ГОСТу 13264-88 «Молоко коровье. Требования при закупках», основные требования которого сводятся к следующему: заготавливаемое молоко должно быть получено от здоровых коров, после дойки оно должно быть немедленно профильтровано и охлаждено: не иметь посторонних, не свойственных молоку вкусов и запахов. По внешнему виду и консистенции молоко должно быть однородной жидкостью от белого до слегка желтого цвета, без осадка и хлопьев. Молоко должно быть незамороженным, плотностью не менее 1,027г/см³.

Молоко, удовлетворяющее требованиям I сорта и сдаваемое при температуре 10°C и ниже принимают как I сорта охлажденное. По согласованию с предприятиями и органами санитарного и ветеринарного надзора допускается, в течение 1 ч после дойки, сдача парного неохлажденного молока.

Свежее молоко, не соответствующее требованиям ГОСТа по показателям плотности и кислотности должно приниматься как сортовое.

Молоко от больных и подозреваемых в заболевании коров, использовать в пищу разрешается после термической обработки, а также молоко, не соответствующее требованиям II сорта, но кислотностью не выше 21оТ, бактериальной обсемененностью не ниже III класса, степенью чистоты не ниже II группы принимается как несортовое. Смешивание его с сортовым молоком запрещено.

Молоко не соответствующее указанным требованиям, приемке не подлежит. Не принимают также молоко, полученное первые 7 дней после отела (молозиво), с добавлением нейтрализующих и консервирующих веществ, с запахом нефтепродуктов и химикатов, с остаточным количеством химических веществ защиты растений и животных,

а также антибиотиков, с выраженным прогорклым, затхлым вкусом и запахом, привкусом лука, чеснока, полыни.

Изменения жира молока при хранении и механической обработке. Липолиз

В процессе хранения охлажденного молока, меняется агрегатное состояние триацлглицеринов молочного жира, в результате которого нарушается структура оболочек жировых шариков. Оболочка приобретает хрупкость и проницаемость для жидкого жира, то есть наступает дестабилизация жира с образованием свободного жира. Перемешивание молока увеличивает степень дестабилизации. Затем наступает гидролиз свободного жира под действием липолитических ферментов -- липолиз. Распад молочного жира с освобождением жирных кислот сопровождается появлением пороков вкуса молока -- прогорклого, салистого и других привкусов. Гидролиз жира может быть вызван в основном нативными липазами и в какой-то степени -- липазами психротрофных микроорганизмов. При хранении молока в условиях низких температур бактериальные липазы играют, по-видимому, незначительную роль в липолизе.

Спонтанный липолиз происходит при охлаждении молока, склонного к прогорканию. В процессе охлаждения плазменная липаза, связываясь с оболочками шариков жира становится мембранной и вызывает гидролиз жира. Чувствительность молока к липолизу обуславливается зоотехническими факторами -- индивидуальными особенностями животных, их физиологическим состоянием, стадией лактации, режимами кормления и др. Спонтанный липолиз особенно характерен для стародойного молока и молока, полученного от больных маститом животных.

Индукцированный липолиз возникает при разрушении оболочек шариков жира в процессе получения и обработки молока с одновременным активированием липазы. Прогорканию молока способствуют многочисленные факторы. К ним следует отнести нарушение техники машинного доения - неправильную установку молокопроводов, завышение их диаметра, особенно на стыках, подсос воздуха в системе и пр. Установлено, что частота возникновения липолиза молока при доении коров вручную в 1,5...2 раза ниже, чем при машинном доении. Сильное разрушение оболочек шариков жира и повышение активности липазы обусловлено интенсивным механическим воздействием на молоко при транспортировании, а также многократным перемешиванием и перекачиванием в процессе длительного хранения при низких температурах. Так, содержание свободных жирных кислот (СЖК) в молоке к концу первых суток хранения при 3...5оС увеличивается (поданным ВНИМИ) в среднем на 30%, к концу вторых суток -- на 50%.

В процессе хранения молока происходит частичный переход фосфолипидов из оболочек жировых шариков в плазму. Скорость перехода зависит от температуры охлаждения, продолжительности хранения и степени механического воздействия на молоко.

В результате механического воздействия на оболочки жировых шариков в процессе перекачивания молока происходит частичная дестабилизация жира. Эффект разрушения жировой эмульсии возрастает с повышением напора в линии нагнетания, концентрации жировой фазы, кислотности молока, а также при подсасывании воздуха в перекачиваемый продукт. Центробежные насосы оказывают большее разрушающее действие по сравнению с ротационными.

При хранении сырого молока отстаивается слой сливок (жировая дисперсия молока при этом не разрушается). Это объясняется тем, что крупные жировые шарики, вследствие меньшей по сравнению с плазмой плотности, постепенно поднимаются на поверхность молока.

В результате гомогенизации в молоке образуются однородные по величине шарики диаметром около 1 мкм. Степень диспергирования жировых шариков зависит от температуры, давления гомогенизации, содержания жира и других факторов.

В молоке после гомогенизации не происходит скопления жировых шариков и практически не наблюдается отстоя сливок.

Кислотность масла характеризует наличие в нем молочной кислоты, кислых солей, а также свободных жирных кислот молочного жира; выражают в градусах Кеттсторфера (°К) -- число миллилитров однонормального раствора щелочи, израсходованного на нейтрализацию 100 г масла. Кислотность сладкосливочного масла составляет 0,6--1,2 °К, а кислосливочного--1,5--2,5°К.

К важнейшим физическим характеристикам молочного жира относятся температура плавления, температура отвердевания, температура полного отвердевания, показатель преломления и число рефракции.

Температура плавления молочного жира -- температура, при которой высокоплавкая фракция молочного жира полностью переходит в жидкое состояние; она составляет 28--36 °С.

Температура отвердевания молочного жира--температура, при которой начинают появляться первые кристаллы высокоплавкой фракции. Эта характеристика колеблется от 18 до 24 °С.

Температура полного отвердевания молочного жира -- это температура, при которой кристаллизуется самая легкоплавкая фракция молочного жира.

Она колеблется от --40 °С до --36 °С.

Показатель преломления -- оптическое свойство молочного жира, характеризующее его способность преломлять световую волну определенной длины. Обычно табличные показатели преломления приводятся для длины волны 589 нм, излучаемой натровой лампой. Молочный жир при температуре 40 °С имеет показатель преломления 1,453--1,462. По показателю преломления рассчитывают число рефракции, которое для молочного жира находится в пределах от 40 до 45. Оптическая плотность молочного жира при длине волны 450 нм и температуре 50 °С составляет 0,220-0,586.

Химический состав молочного жира можно характеризовать или количественным содержанием жирных кислот (газожидкостная хроматография), или с помощью так называемых констант, или чисел. Важнейшими химическими числами молочного жира являются следующие.

Йодное число -- условная величина, представляющая собой число граммов йода, присоединившегося к 100 г жира, и выраженная в процентах. Оно позволяет судить о степени ненасыщенности жирных кислот, входящих в состав жира. Йодное число в течение года изменяется от 25 до 45.

Число омыления характеризует среднюю молекулярную массу смеси свободных жирных кислот, входящих в состав глицеридов жира; определяется количеством миллиграммов едкого калия, необходимого для омыления глицеридов и нейтрализации свободных жирных кислот в 1 г жира. Число омыления молочного жира находится в пределах от 220 до 234.

Под числом Рейхерта-Мейссля понимают условную величину, выражаемую числом миллилитров децинормального раствора едкого калия, необходимого для нейтрализации растворимых в воде летучих жирных кислот, выделенных из 5 г жира; показатель характеризует содержание низкомолекулярных жирных кислот (масляной и капроновой). Молочный жир имеет данное число 20-- 32, тогда как говяжий, свиной и бараний жиры -- 0,1--1,2, а подсолнечное, хлопковое, кукурузное, соевое и кокосовое масло -- 0--8. Указанное различие используют для определения натуральности молочного жира при подозрении на фальсификацию.

Число Поленске характеризует количество низкомолекулярных летучих нерастворимых в воде жирных кислот (каприловой и каприновой) в 5 г жира. Молочный жир имеет число Поленске 1,9--5.

Химический состав мышечной ткани.

Мышечная ткань имеет сложный химический состав. В нее входит много лабильных веществ, содержание и свойства которых могут изменяться в зависимости от многих факторов как при жизни так и после убоя животного. Поэтому химический состав ткани изучают в строго определенных условиях: быстрое извлечение ткани после убоя ; быстрое измельчение ткани при охлаждении ; обработка при низких температурах ; охлаждение.

При исследовании химического состава мышечной ткани ,ее освобождают от других тканей ; измельчают (гомогенизируют) ;выделяют и разделяют химические компоненты. Разделение чаще всего основывается на избирательной растворимости отдельных веществ в различных растворителях: воде, водно-солевых растворах при различных рН, органических растворителях. Для извлечения липидов ,измельченную ткань высушивают.

Химический состав мышечной ткани : вода -70-75% ;органические вещества -23-28% : белки -18-22% ,азотистые вещества -1-1,7% , безазотистые вещества -0,7-1,35 % , липиды -2-3%;

Неорганические вещества - 1-1,5 % ;витамины.

Чем моложе животное ,тем больше в ткани воды. Чем больше жира ,тем меньше воды. Воды свободной до70% ,а связанной – 6-15% от массы ткани. После высушивания мышечной ткани сухой остаток составляет около 30%, из них на долю белков –около 80%.

Белки саркоплазмы :

а) миоген – легко растворяется в воде ,содержится в отпрессованном мышечном соке; из водного экстракта выделяют высаливанием (сернокислым аммонием).В нем содержатся все необходимые аминокислоты.

б) миоглобин (миохром) – растворим в воде ,окрашивает мышцы в красный цвет. Схож с гемоглобином ,отличается спектром поглощения. Белок легко соединяется с различными газами.Его функции- передача кислорода и кислородный резерв. После убоя животного миоглобин поверхностного слоя превращается в оксимиоглобин (светло-красного цвета), а при длительном хранении мяса оксимиоглобин превращается в метмиоглобин (коричневый оттенок).

в) глобулин X - растворяется в 0,006М р-ре хлорида калия; можно выделить, добавив метанол или гидросульфат аммония, роль его не ясна.

г) миоальбумин выделяют путем осаждения ацетоном или гидросульфатом аммония.

Белки миофибрилл:

а) миозин – извлечь сложно, извлекают 0,6 М р-ром хлорида калия в фосфатном буфере при рН 6,5 ,в виде кристаллов. В дистиллированной воде кристаллы набухают образуя прозрачный гель. Молекула имеет 4 субъединицы ,которые образуют четвертичную структуру.

б) актин – извлекают 0,1 М р-ром борной кислоты и 2 М р-ром хлорида калия (4:1).Актин может быть глобулярный и фибриллярный ,извлекают 0,1 М р-ром хлорида калия и хлорида магния.

в) актомиозин –сложный комплекс состоящий из 2 белков миозина и актина, нерастворим в воде.

г) тропомиозин –растворим в воде ,но из мышечной ткани извлекается только соевым р-ром.

Белки ядра: кислый белок, остаточный белок, нуклеопротеиды ДНК.

Ядра мышечной ткани обычно выделяют путем обработки тканевого гомогената раствором лимоннокислого натрия ,подавляющего действие нуклеаз. Затем обрабатывают препаратом пепсина для освобождения ядер от остатков клеточных белков,затем центрифугируют. Ядра построены из нуклеопротеидов, их можно выделить экстракцией щелочами или 1М хлоридом натрия.

Белки сарколеммы : коллаген , эластин , муцин, нейрокератины, липопротеиды. Фибриллярные белки представлены коллагеном и эластином. Коллаген (греч. colla - клей, gennaο - порождать) является веществом, которое при нагревании в воде образует клей или желатин. Коллаген составляет около 30% всех белков животного. Коллаген содержится в составе рыхлой и плотной соединительной, костной, хрящевой и покровной тканей, входит в состав сухожилий, связок, фасций.

Коллаген образует нити (фибриллы) различной толщины. Расположение нитей определяет их функцию, которая состоит главным образом в придании тканям прочности на разрыв. Коллагеновые нити состоят из субъединиц, называемых тропоколлагеном, которые расположены регулярным образом и взаимно ориентированы как в продольном, так и поперечном направлении.

В коллагене, в отличие от других белков, нет некоторых аминокислот: триптофана, цистина и цистеина, очень мало тирозина и метионина, преобладают глицин, пролин и оксипролин, а также окси- лизин, не обнаруженный в других белках. Главной отличительной особенностью аминокислотного состава коллагена является то, что почти 1/4 всех аминокислотных остатков составляет глицин и 1/4 - пролин и оксипролин, поэтому коллаген относится к неполноценным белкам.

Нативный коллаген нерастворим в воде, органических растворителях, и на него в очень слабой степени воздействуют кислоты, щелочи и протеолитические ферменты (пепсин и трипсин). Нерастворимость и устойчивость коллагена объясняются наличием поперечных связей в его молекуле. Нерастворимость и устойчивость коллагена зависят от вида и возраста животного, а также от ткани, в которой он содержится. С увеличением возраста животного количество поперечных связей в структуре коллагена за счет пероксидного окисления возрастает и его устойчивость повышается.

Коллаген может сильно набухать в воде, вследствие чего его масса увеличивается в 1,5-2 раза.

Высокая гидратация коллагена связана с содержанием в нем значительных количеств диаминокарбоновых и аминодикарбоновых кислот и, следовательно, большого количества боковых полярных групп в его молекуле. При смещении рН среды в кислую или щелочную сторону от изоэлектрического состояния набухаемость коллагена резко увеличивается. Способность коллагена к набуханию имеет большое значение при выработке мясных продуктов, а также при производстве желатина и кожевенного сырья.

Изоэлектрические точки коллагена животных разного возраста неодинаковы: например, для коллагена шкуры теленка ИЭТ находится при рН 6,4, шкуры крупного рогатого скота - при рН 7.

При длительном нагревании с водой коллаген расщепляется. Вследствие теплового воздействия происходит денатурация - нарушение связей, удерживающих коллаген в нативном состоянии, а также частичный гидролитический распад по месту пептидных связей. При этом образуются как высокомолекулярные, так и низкомолекулярные продукты распада. В зависимости от преобладания в системе высоко- или низкомолекулярных продуктов распада получается либо желатин, либо клей.

Эластин, как и коллаген, относится к склеропротеинам. Он значительно устойчивее коллагена; не растворяется в холодной и горячей воде, растворах солей, разведенных кислотах и щелочах, даже крепкая серная кислота оказывает на него слабое воздействие.

В отличие от коллагена эластин образует структуру с характерной эластичностью. Это объясняется особой трехмерной упаковкой мономеров эластина (проэластина), которые взаимно соединены поперечными ковалентными связями. Они возникают в результате конденсации боковых цепей лизина двух-четырех звеньев проэластина с образованием полифункциональных аминокислот десмозина и изодесмозина. Эти связи настолько прочны, что не разрушаются при кислотном гидролизе.

Волокна эластина могут растягиваться в два и более раза и сохраняют высокую прочность на разрыв даже в полностью растянутом состоянии. В эластине, как и в

коллагене, присутствует оксипролин, хотя его в 10 раз меньше, чем в коллагене; много глицина и пролина, но отсутствуют триптофан и метионин. По аминокислотному составу эластин относится к неполноценным белкам. В состав его входят мукополисахариды.

Эластин - плохо усвояемый белок, он почти не переваривается трипсином, медленно - пепсином, но гидролизуется ферментом поджелудочной железы эласгазой. В отличие от коллагена, эластин слабо набухает, что связано с небольшим числом полярных боковых групп в молекуле эластина. При нагревании он не образует желатина.

Лекция № 12

Общие сведения о пищевых добавках

1 Определения. Классификация

2 Общие подходы к подбору пищевых добавок

1 Определения. Классификация

Пищевые добавки – природные, идентичные природным или искусственные (синтетические) вещества, сами по себе не употребляемые как пищевой продукт или обычный компонент пищи. Они преднамеренно добавляются в пищевые системы по технологическим соображениям на различных этапах производства, хранения, транспортировки готовых продуктов с целью улучшения или облегчения производственного процесса или отдельных его операций, увеличения стойкости продукта к различным видам порчи, сохранения структуры и внешнего вида продукта или намеренного изменения органолептических свойств.

К пищевым добавкам не относят соединения, повышающие пищевую ценность продуктов питания и причисляемые к группе биологически активных веществ, такие как витамины, микроэлементы, аминокислоты и др.

Для гармонизации их использования разработана рациональная система цифровой кодификации пищевых добавок с литерой «Е». Каждой пищевой добавке присвоен цифровой трех- или четырехзначный номер.

Применение разрешённых пищевых добавок допустимо только в том случае, если они даже при длительном потреблении в составе продукта не угрожают здоровью человека, и при условии, если поставленные технологические задачи не могут быть решены иным путем.

2 Общие подходы к подбору пищевых добавок

Схема разработки технологии подбора и применения пищевой добавки включает следующие этапы.

- 1 Характеристика состава пищевой добавки;
- 2 Характеристика функциональных свойств (технологических и побочных) пищевой добавки;
- 3 Определение группы продуктов, где может быть использована пищевая добавка;
- 4 Установление особенностей взаимодействия пищевой добавки с компонентами пищевого продукта;
- 5 Выбор этапа внесения пищевой добавки в технологическом процессе получения пищевого продукта;
- 6 Оценка технологической и экономической эффективности применения пищевой добавки;
- 7 Анализ медико-биологической безопасности продукта, в котором использована пищевая

добавка;

8 Сертификация пищевой добавки и продукта с её содержанием.

Исследование безопасности пищевых добавок, определение ДСД, ДСП, МДУ (ПДК) – сложный и очень дорогой, но крайне важный для здоровья людей процесс. Он требует непрерывного внимания и совершенствования.

Лекция №12

Основные классы пищевых добавок

- 1 Вещества, улучшающие внешний вид пищевых продуктов
- 2 Вещества, изменяющие структуру и физико-химические свойства пищевых продуктов
- 3 Вещества, влияющие на вкус и аромат пищевых продуктов
- 4 Пищевые добавки, замедляющие микробиологическую и окислительную порчу пищевого сырья и готовых продуктов
- 5 Биологически активные добавки

1 Вещества, улучшающие внешний вид пищевых продуктов **Пищевые красители**

Основной группой веществ, определяющих внешний вид продуктов питания, являются пищевые красители (E100-E182).

Потребитель давно привык к определенному цвету пищевых продуктов, связывая с ним их качество, поэтому красители в пищевой промышленности применяются с давних времен. В условиях современных пищевых технологий, включающих различные виды термической обработки (кипячение, стерилизацию, жарение и т. д.), а также при хранении продукты питания часто изменяют свою первоначальную, привычную для потребителя окраску, а иногда приобретают неэстетичный внешний вид, что делает их менее привлекательными.

Для окраски пищевых продуктов используют натуральные (природные) или синтетические (органические и неорганические) красители. Натуральные красители являются более безопасными их обычно выделяют из природных источников (растения, отходы их переработки) в виде смеси различных по своей химической природе соединений, состав которой зависит от источника и технологии получения, в связи с чем обеспечить его постоянство часто бывает трудно. Среди натуральных красителей необходимо отметить каротиноиды (красно-жёлтый цвет), антоцианы (красный, пурпурно-красный цвет), флавоноиды (жёлтый, красный цвет), хлорофиллы (зелёный цвет).

Природные красители, в том числе и модифицированные, чувствительны к действию кислорода воздуха (например, каротиноиды), кислот и щелочей (например, антоцианы), температуры, могут подвергаться микробиологической порче. Синтетические красители обладают значительными технологическими преимуществами по сравнению с большинством натуральных красителей. Они дают яркие, легко воспроизводимые цвета и менее чувствительны к различным видам воздействия, которым подвергается материал в ходе технологического потока.

Синтетические пищевые красители – это представители нескольких классов органических соединений: азокрасители; хинолиновые; индигоидные красители. В пищевой промышленности применяются соединения, изменяющие окраску продукта в результате взаимодействия с компонентами сырья и готовых продуктов. Среди них отбеливающие вещества (диоксид серы) или вещества, стабилизирующие окраску (нитрат натрия, нитриты натрия и калия стабилизируют красный цвет мяса и мясных продуктов). Иногда эти цветокорректирующие материалы оказывают и другое, сопутствующее (например, консервирующее) действие. Наиболее часто используемые цветокорректирующие материалы – диоксид серы, нитрат и нитрит калия и натрия.

2 вещества, изменяющие структуру и физико-химические свойства пищевых продуктов

К этой группе пищевых добавок относятся вещества, используемые для создания необходимых реологических свойств пищевых продуктов, т. е. добавки, регулирующие или формирующие консистенцию. Это – загустители, гелеобразователи, стабилизаторы физического состояния пищевых продуктов, а также поверхностно-активные вещества (эмульгаторы и пенообразователи).

Загустители – это вещества, используемые для повышения вязкости продукта. Гелеобразователи – это вещества, придающие пищевому продукту свойства геля. К основным представителям этой группы пищевых добавок относятся модифицированные крахмалы и целлюлозы, пектины, полисахариды морских водорослей и некоторые другие.

Модифицированные крахмалы. В отличие от нативных растительных крахмалов, считающихся пищевыми продуктами, модифицированные крахмалы (E1400 – E1451) относятся к пищевым добавкам. По сравнению с нативным крахмалом они образуют легко и быстро формирующиеся клейстеры, устойчивые к нагреванию, воздействию кислот и устойчивые к ретроградации (хорошо удерживают дисперсионную среду).

Целлюлоза и ее производные. В группу пищевых добавок целлюлозной природы (E460-E467) входят модифицированные формы натуральной целлюлозы (метилэтилцеллюлоза, метилгидроксипропилцеллюлоза и др.). Они подобно целлюлозе имеют линейную структуру, но в отличие от нативной целлюлозы её модификации содержат сложные и простые эфирные связи, наличие которых позволяет модифицированной целлюлозе в отличие от нативной растворяться в воде и не выкристаллизовываться.

Пектины входят в состав клеточных стенок и межклеточных образований растений, где находятся в связанном состоянии с волокнами целлюлозы –«протопектин». В промышленности пектины получают кислотным или ферментативным гидролизом «протопектина».

Пектины – это этерифицированные соединения (содержат, карбоксильные, спиртовые, алкильные группы). Пектины являются хорошими гелеобразователями, при этом гелеобразующая способность лучше выражена у низкоэтерифицированных пектинов. В то же время, высокоэтерифицированные пектины лучше растворяются. Традиционно модифицированные крахмалы, мод. целлюлоза и пектины используются при изготовлении хлебобулочных и кондитерских изделий, молочных и низкожирных эмульсионных продуктов, а также безалкогольных напитков.

Полисахариды морских растений. К ним относятся **агароиды и каррагинаны**. Их получают из красных морских водорослей, произрастающих в Белом море, Тихом и Атлантическом океанах. Эти добавки являются типичными гелеобразователями.

Эмульгаторы – вещества, способные образовывать и стабилизировать эмульсию, что обеспечивает возможность создания и сохранения дисперсии двух или более несмешивающихся веществ. В качестве эмульгаторов в первую очередь использовали **камеди, лецитин, моно- и диглицериды, эфиры полиглицерина, эфиры сахарозы и др.** Основная область применения эмульгаторов – масложировая промышленность.

Пенообразователи – это разновидность эмульгаторов, обеспечивающих равномерную диффузию газообразной фазы в жидкие и твердые пищевые продукты. Пенообразователями являются ПАВы (фосфолипиды и другие эфиры), белки. Применяются пенообразователи в производстве кондитерских изделий, взбитых десертов, молочных коктейлей, пива.

3 Вещества, влияющие на вкус и аромат пищевых продуктов

При оценке пищевых продуктов особое внимание потребитель уделяет их вкусу и аромату. Физиология питания рассматривает вкусовые и ароматообразующие вещества как важные компоненты пищи, улучшающие пищеварение за счет активации секреции пищеварительных желез, способствующие оздоровлению микрофлоры кишечника.

Подслащивающие

вещества

В пищевой промышленности, кулинарии, при приготовлении пищи в домашних условиях с давних времен широко применяются вещества, обладающие сладким вкусом, – подслащивающие вещества (подсластители). Существуют различные их классификации: по калорийности (высококалорийные, низкокалорийные, практически некалорийные), степени сладости (подсластители с высоким или низким сахарным эквивалентом), по химическому составу и т. д. К группе подслащивающих веществ относятся солодовый *экстракт* (водная вытяжка из ячменного солода), *лактоза* (молочный сахар, дисахарид, состоящий из остатков глюкозы и галактозы).

Подсластители (миракулин, монелин, тауматин, стевиозид) и сахарозаменители (ксилит, сорбит, лактит, сахарин, ацесульфам калия, аспартам). Не имея глюкозного фрагмента, заменители сахарозы могут успешно использоваться при производстве продуктов питания и заменителей сахара для больных сахарным диабетом.

Ароматизаторы

Аромат пищевого продукта – интегральный фактор, обусловленный присутствием в нем сложной смеси органических соединений.

Пищевые ароматизаторы – это пищевые добавки, представляющие собой смеси ароматических (душистых) веществ или индивидуальные ароматические (душистые) вещества, с растворителем или сухим носителем, или без них, и вводимые в продукты с целью улучшения их аромата и вкуса.

Натуральными пищевыми ароматизаторами являются эфирные масла и настои, пряности и продукты их переработки (химический и микробиологический синтез).

Пищевые ароматизаторы идентичные натуральным – по своему строению они отвечают природным соединениям, а их композиции позволяют получить комбинации веществ, отличающиеся стабильностью, заданным ароматом. Они удобны в использовании.

Искусственные пищевые ароматизаторы (включающие компоненты, не имеющие природных аналогов) требуют специального изучения и гигиенической оценки, они отличаются высокой стабильностью, интенсивностью аромата, дешевизной. Существуют пищевые добавки, усиливающие вкус и аромат пищевых продуктов. К ним относятся производные глутаминовой, гуаниловой, инозиновой кислот, рибонуклеотиды и производные мальтола.

4 Пищевые добавки, замедляющие микробиологическую и окислительную порчу пищевого сырья и готовых продуктов

В конце XIX – начале XX в. с развитием химии начинается применение химических консервантов: бензойной и салициловой кислот, производных бензойной кислоты, нитраты и нитриты, диоксид серы, уксусная кислота, пропионовая кислота, сорбиновая кислота, дифенил и др.

Консерванты – вещества, продлевающие срок хранения продуктов, защищая их от порчи, вызванной микроорганизмами (бактерии, плесневые грибы, дрожжи, среди которых могут быть патогенные и непатогенные виды).

Спектр антимикробного действия конкретного консерванта различен: одни направлены на подавление бактерий, другие – плесневых грибов или дрожжей.

Концентрация соли должна быть не менее 10-12%, а сахара – 60-65%. **Антибиотики.** Особую группу пищевых добавок, замедляющих порчу пищевых продуктов, составляют антибиотики. И хотя применение антибиотиков позволяет срок хранения пищевого сырья и некоторых видов пищевых продуктов в 2—3 раза, они не допускаются для использования при изготовлении пищевых продуктов и полуфабрикатов, так как могут привести к нежелательным последствиям, в том числе к нарушению нормального соотношения микроорганизмов желудочно-кишечного тракта. Аналогично, как и в случае расчёта потребления пищевых добавок в целом, при работе с

консервантами основными критериями безопасности являются максимально допустимый уровень (МДУ или ПДК), допустимая суточная доза (ДСД) и допустимое суточное потребление (ДСП).

5 Биологически активные добавки

Практически все натуральные пищевые продукты не являются сбалансированными, так как не содержат незаменимых нутриентов в необходимых количествах и соотношениях. Поэтому по прогнозам специалистов в питании людей все возрастающую роль будут играть **биологически активные добавки (БАД)** к пище. БАД – это композиции натуральных или идентичных натуральным биологически активных веществ, предназначенных для непосредственного приема с пищей или введения в состав пищевых продуктов с целью обогащения рациона отдельными пищевыми или биологически активными веществами и их комплексами.

БАД применяют: для оптимизации обмена веществ при различных функциональных состояниях организма; для нормализации и (или) улучшения функционального состояния органов и систем организма человека; для снижения риска заболеваний, нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта, в качестве энтеросорбентов и др. Вместе с тем, БАД следует рассматривать не как лекарство, а как отдельную группу пищевой продукции функционального назначения. БАД к пище, вырабатывают в виде сухих и жидких концентратов, экстрактов, настоев, бальзамов, изолятов, порошков, сиропов, таблеток, драже, капсул и других форм. Их делят на **БАД-нутрицевтики**, обладающие пищевой ценностью, и **БАД-парафармацевтики**, обладающие выраженной биологической активностью.

Пробиотики и пребиотики.

Пробиотики, представляют собой живые микроорганизмы или культивированные ими продукты, которые благотворно воздействуют на микрофлору желудочно-кишечного тракта (ЖКТ): бифидобактерии и молочнокислые микроорганизмы рода *Lactobacillus*. Ряд других микроорганизмов с пробиотическими свойствами не встречаются постоянно в кишечнике человека и называются транзиторными. Это молочнокислые палочки и кокки.

Пребиотики являются стимуляторами, или промоторами, пробиотиков. В группу пребиотиков входят вещества или диетические добавки, которые не абсорбируются в кишечнике человека, вместе с тем, селективно стимулируют рост или активизируют метаболизм полезных представителей микрофлоры ЖКТ, оказывая благотворное влияние на организм: неперевариваемые олигосахариды и полисахариды, отдельные витамины и их производные, а также биологически активные иммунные белки – лактоглобулины и гликопептиды.

Лекция №12

Биохимия продуктов растительного происхождения

Белки зерновых культур

Основную массу белков зерна составляют простые белки, называемые запасными белками. Они накапливаются в созревающем зерне и служат для питания зародыша на начальных этапах прорастания.

Запасные белки злаков и бобовых культур локализованы в эндосперме, а в семенах маслених культур – в зародыше.

В последнее время установлено, что эти белки обладают ферментативной активностью.

Запасные белки зерна и семян разных культур характеризуется определенным фракционным составом. Например, запасные белки семян подсолнечника в основном состоят из глобулинов (солерастворимых) белков, эта фракция характерна также для бобовых культур. Злаковые культуры содержат в основном спирто- и щелочерастворимые белки (проламины и глютелины). Но следует иметь в виду, что группы белков, разделяемые по растворимости неоднородны.

Любое извлечение белка растворителем нарушает природную структуру белковой молекулы, т.к. разрушает или изменяет нековалентные связи, т.е. извлечение белка из растительного материала всегда сопровождается начальной стадией денатурации.

Белки пшеничного зерна

По данным Т.Осборна, в пшеничном зерне содержится:

4% проламинов,

4.4% глютелинов,

0.6% глобулинов,

% альбуминов и других водорастворимых веществ белковой природы. Т.е. суммарное содержание белка составляет 11,4%.

В зерне пшеницы больше всего проламинов и глютелинов, которые образуют клейковину. Проламин пшеницы называют глиадином. Он лучше всего растворяется в 60% - ном этаноле. Изoeлектрическая точка соответствует pH 7,0.

Аминокислотный состав глиадина отличается малым содержанием незаменимых аминокислот – триптофана и лизина. Вместе с тем много глутаминовой кислоты (46,6%) и пролина (17,0%).

Глутелин пшеницы называют глутенином (от французского Gluten - клейковина). По аминокислотному составу он отличается от глиадина, но также содержит много глутаминовой кислоты (42,1%).

В наше время установлено, что глиадин и глутенин состоят из ряда белков, различающихся по молекулярной массе и аминокислотному составу. Так, глиадин был разделен на 4 основные фракции ($\alpha, \beta, \gamma, \omega$), а каждая из этих фракций была разделена на ряд индивидуальных белков с молекулярной массой от 30000 до 160000 Да.

Глутенин также состоит из ряда белковых компонентов, молекулярные массы которых значительно выше и составляет 2-3 млн Да.

Содержащийся в пшеничном зерне альбумин был назван лейкозином. Он содержится, главным образом в зародыше. Этот белок легко денатурируется и теряет свою растворимость.

Если получить водный экстракт из пшеничного зерна или зародыша и добавить к нему даже немного спирта или ацетона, то лейкозин выпадает в осадок и его уже нельзя перевести снова в водный раствор. Легко денатурируется под влиянием нагревания.

При неправильной сушке зерно перегревается под действием высоких температур и теряет всхожесть. Это вызвано денатурацией лейкозина.

Исследование последних лет показали, что лейкозин представляется собой комплекс разных белков с молекулярной массой 20000 – 25000 Да, причем, в состав этого комплекса входят белки-ферменты.

В зерне твердой пшеницы обнаружен водорастворимый белок, содержащий 0,03% меди и имеющий коричневую окраску. От него зависит коричневый цвет макарон, которые получают из некоторых партий твердой пшеницы.

Клейковина – была открыта в 1745 г итальянским ученым Беккари в пшеничной муке. Клейковинные белки содержатся также в зерне некоторых сортов ячменя, пырея и др. По данным Казакова Е.Д., некоторые сорта пырея содержат более 65% сырой клейковины.

Содержание клейковины в зерне и муке пшеницы является важным показателем качества.

Сырая клейковина содержит 2/3 (66%) воды и 1/3 сухого вещества, которое в основном состоит из белков. От количества и реологических свойств клейковины зависит способность пшеничной муки давать при выпечке пышный хлеб с упругим эластичным и пористым мякишем.

Клейковина представляет собой сложный белковый комплекс, состоящий из 2-х фракций - глиадиновой и глутениновой в соотношении 1:1 (белки составляют 80-85%, углеводы 10-15%, липиды 2-8%)

Отдельно эти фракции свойствами клейковины не обладают. При этом глиадин легко отделяется от глютеина путем экстракции 60-70%-ным этанолом. Это указывает на то, что две фракции соединены нековалентными связями.

Клейковина разного качества имеет одинаковый аминокислотный состав и состоит из одних и тех же белковых компонентов. Но прочность их взаимного соединения разная. В крепкой клейковине «плотность упаковки» белковых элементов выше, чем в слабой.

В формировании структуры клейковины и ее свойств важную роль играют дисульфидные (-S-S-) и водородные связи. Установлено, что глиадин имеет внутренние -S-S- связи, т.е. состоит из нескольких полипептидных цепей, соединенных дисульфидными связями. Таким образом, клейковина представляет собой единый олигомерный белок, имеющий трехмерную сетчатую структуру.

Прочность и одновременно подвижность структуры молекулы клейковины создают специфические реологические (реология – наука о деформациях и текучести вещества) свойства – упругость, эластичность, растяжимость и др. Это объясняется наличием большого количества нековалентных связей, которые легко разрываются и вновь возникают при различных воздействиях на белок.

Качество клейковины тесно связано с количеством дисульфидных связей, что оценивается соотношением число -S-S- связей к числу SH- групп.

В зависимости от реологических свойств клейковины сорта пшеницы подразделяются на **твердые** и **мягкие**.

У **твердой** пшеницы клейковина крепкая, при растяжении короткорвущаяся. Тесто получается прочное, с высокой упругостью, малорастяжимое. Такими свойствами должно обладать тесто для изготовления макаронных изделий, манной крупы.

У **мягкой** пшеницы клейковина сочетает упругость с эластичностью и растяжимостью. Тесто имеет хорошую газодерживающую способность и при выпечке дает хлеб пористой структуры. Такие свойства необходимы для производства хлебобулочных изделий.

Группа мягкой пшеницы по свойствам клейковины подразделяется на **сильные, средние и слабые**.

Мука из пшеницы **сильных** сортов дает упругое эластичное тесто, хлеб хорошо сохраняет форму, при выпечке дает пористую структуру мякиша.

Тесто из муки очень сильной клейковины имеет ограниченную способность к растяжению и пониженную газодерживающую способность, поэтому хлеб имеет пониженный объем.

При подмешивании муки из сильной пшеницы к муке с низкими хлебопекарными свойствами, получают муку с хорошими свойствами. Поэтому сорта сильной пшеницы называют сортами – **улучшителями**.

Средняя пшеница сама дает хлеб хорошего качества, но она не сможет эффективно улучшать слабую пшеницу.

Мука из пшеницы **слабых** сортов дает низкий, расплывчатый хлеб с плохой пористостью. Хороший хлеб можно получить, если только добавлять сорта улучшители.

В эндосперме пшеничного зерна клейковина распределяется неравномерно. Больше всего клейковины локализовано в наружном слое эндосперма, меньше всего – во внутренних слоях. Поэтому мука II сорта будет содержать больше клейковины.

Белки зерна ржи

В зерне ржи содержится глиадин и глютеин, но при обычных условиях отмыть клейковину не удастся. Это объясняется тем, что белки ржи отличаются от пшеничных по аминокислотному составу, физическим и химическим свойствам. Например, глиадин ржи лучше растворяется в водноспиртовых растворах.

При экстракции белков ржи водой, а затем слабым раствором кислоты с последующей нейтрализацией щелочью, получают белковую массу, которая имеет свойства клейковины. Она обладает эластичностью и растяжимостью. Но такая

клейковина значительно слабее пшеничной, т.к. содержит меньше дисульфидных и водородных связей.

Белки ячменя и овса

Также как и пшеница зерно **ячменя** имеет небольшое количество альбуминов. Проламинов и глютелинов содержится примерно в равных количествах. Проламин ячменя называется **гордеин**.

Клейковина ячменя похожа на плохую, короткорвущуюся клейковину пшеницы. Она имеет серый цвет, плохую растяжимость и гидратационную способность.

Ячмень применяют для выпечки хлеба и лепешек, там, где по природным условиям нельзя выращивать другие злаки. Хлеб из ячменной муки имеет неприятный привкус, низкое качество, быстро черствеет.

В зерне **овса** также присутствует проламин, Глютелин и некоторое количество альбумина. Спирторастворимый белок овса называется **авенин**, но преобладающая фракция – глютелины. По содержанию отдельных аминокислот белки зерна овса заметно обличаются от пшеницы и ячменя. В них содержится в 2 раза больше лизина, чем в белках пшеницы. Поэтому овес характеризуется высокой биологической активностью.

Белки кукурузы

Наибольшее количество белка содержит зародыш, на втором месте – эндосперм. Кукурузное зерно содержит, главным образом, два белка: проламин, который называют **зеин** и глютелин. Глютелин составляет примерно 40% от всего белка, **зеин** – примерно столько же.

Зеин отличается от других белков аминокислотным составом – он практически не содержит незаменимых аминокислот – лизина и триптофана, поэтому является биологически неполноценным. Зеин имеет промышленное значение. В США он широко применяется для производства особых сортов бумаги и пластических масс.

Белки зерна риса

Характеризуются отсутствием проламинов. Основная масса белка представлена глютелином, который называется **оризенином**. Его содержание составляет 93% от общего количества белков. Оризенин имеет большую молекулярную массу (до 2 млн Да) и состоит из субъединиц двух типов, соединенных дисульфидной связью.

В составе белков риса содержится все незаменимые аминокислоты, что обуславливает его биологическую ценность. Первой лимитирующей аминокислотой является – лизин, второй – треонин. По аминокислотному составу рис приближается к белкам гречихи.

Белки зерна гречихи

Фракционный состав характеризуется почти полным отсутствием проламинов. Преобладают глобулины, на втором месте – водорастворимые белки. Белки гречихи отличаются высоким содержанием незаменимых аминокислот. По лизину зерно гречихи превосходит пшеницу, рожь, рис и приближается к соевым бобам. По содержанию валина может быть приравнено к молоку, по лейцину – к говядине, а по фенилаланину к молоку и говядине. По содержанию триптофана зерно гречихи не уступает продуктам животного происхождения.

Таким образом, белки зерна гречихи хорошо сбалансированы по содержанию незаменимых аминокислот. Исключение составляют изолейцин и особенно серосодержащие аминокислоты, которых недостаточно в белках гречихи.

Белки бобовых культур

Семена бобовых отличаются высоким содержанием белка (20-40%) и его хорошим аминокислотным составом. Лимитирующими считают сумму серосодержащих аминокислот (метионин + цистин), которые в избыточном количестве содержатся в белках злаковых. Поэтому в пищевом отношении белки бобовых хорошо дополняют белки злаков. До 80% белков бобовых приходится на фракции альбуминов и глобулинов.

Отличительной особенностью белкового комплекса бобовых является высокое содержание ингибиторов протеаз и особых белков гликопротеиновой природы – **лектинов** (от латинского выбирать).

Самой ценной культурой семейства бобовых является соя, в семенах которой содержится до 40% белка и 20% жира. Однако питательная ценность белков сои, не прошедшей термическую обработку, очень низкая. Это связано с высоким содержанием в бобах сои ингибиторов протеаз разного типа. Одни из них подавляют активность пищеварительных ферментов, например, **ингибитор Кунитца** (ингибитор трипсина и химотрипсина). Другие ингибируют собственные протеазы семян сои.

Лектины свое название получили по специфической способности вызывать избирательную агглютинацию эритроцитов крови. Они составляют от 2 до 10% общего белка. Агглютинация происходит благодаря взаимодействию лектинов с углеводными компонентами клеточных поверхностей. Лектины способны агглютинировать раковые клетки. Высокое содержание лектинов в семенах некоторых бобовых делает их токсичными. Причем токсичность может быть избирательной, для определенной группы людей. Диетологи рекомендуют осторожно относиться к добавлению муки из сырых соевых бобов при производстве продуктов питания.

Белки масличных культур

В семенах масличных культур белки составляют существенную долю сухой массы. Среднее содержание белковых веществ в семенах отдельных масличных культур изменяется от 16 до 28%. Так в семенах подсолнечника среднее содержание белка 15,7%, лен – 24,9%, в ядрах клещевины 16%, хлопчатника 20,5%, рапса 25 – 28,5%.

Белки семян масличных культур представляют собой смесь близких по своим свойствам белков.

Большая часть белковых веществ масличных культур относится к **глобулиновой** фракции (80-97%). Альбуминовая и глютелиновая фракция находится примерно на одинаковом уровне (0.5-1.0%). Проламины практически отсутствуют.

В белках семян подсолнечника обнаружено значительное количество незаменимых аминокислот. А в семенах хлопчатника более высокое содержание глутаминовой кислоты 16.5%, аспарагиновой кислоты 8.4%, лизина 6%. Вместе с тем, содержание остальных незаменимых аминокислот, ниже, в том числе треонина до 3.9%, фенилаланина – до 4.3%.

Белки картофеля

Картофель – ценнейший продукт питания и незаменимое сырье для многих отраслей пищевой промышленности (из картофеля получают спирт, патоку, крахмал и другие продукты).

Среднее содержание белка в клубнях картофеля 2%, меньше чем в пшенице (16%). Однако его урожайность составляет 150 – 200 центнеров с гектара, гораздо выше, чем пшеницы (20 – 25 ц с га). Таким образом, картофель, хотя и считается небелковой культурой, может дать с гектара не меньше белка, чем пшеница.

Картофель и продукты его переработки составляют большую долю в нашем рационе (потребление в среднем 300 г в день), с картофелем удовлетворяется примерно 6 – 7% общей потребности человека в белках.

Белки картофеля имеют высокую биологическую ценность. Белок **туберин** содержит все аминокислоты, в том числе и незаменимые. Туберин по содержанию незаменимых аминокислот, за исключением триптофина, превосходит белок пшеницы, приближаясь по составу к белку сои и яичному белку. Если за 100% принять биологическую ценность белков куриного яйца, то суммарная биологическая ценность белков клубней картофеля – 85%.

Все белки картофеля могут быть разделены на 2 основные фракции: глобулины (солерастворимые) и водорастворимые альбумины, в соотношении 7:3.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ»

Занятие №1

Фракционное разделение белков пшеничной и гороховой муки

Работа №1. Получение растительного белка.

Оборудование и материалы. 1)пшеничная мука, 2) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (10% р-р), 3)NaCl, 4)уксусная кислота (1% и 10% р-р), 5)NaOH (0,5%, 10 и 30% р-р), 6)минеральные кислоты (конц.), 7)сульфат меди (1% р-р), 8)ацетат свинца, 9)этиловый спирт, 10)мочевина, 11)пробирки, 12)колбы, 13)бумажные фильтры, 14)центрифуга, 15)спиртовки

Ход работы.

1. Приготовление раствора белков из пшеничной муки.

25 г пшеничной муки смешивают со 100 мл дистиллированной воды в конической колбе на 200 мл, закрывают пробкой и интенсивно встряхивают в течение 3 – 5 мин, а затем оставляют на 1 час, взбалтывая через 5 – 7 мин. Взвесь муки центрифугируют 5 мин при 3 тыс. оборотов, а надосадочную жидкость фильтруют через бумажный фильтр. Полученный раствор содержит преимущественно простые белки (альбумины) пшеничных зёрен.

2. Приготовление раствора белков из муки гороха.

Берут 10 граммов муки и заливают 60 мл 10% раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ закрывают колбу пробкой, встряхивают в течение 3 минут и оставляют настаиваться на 30 мин. По истечении указанного времени встряхивают и центрифугируют на электрической центрифуге в течение 5 мин. Если центрифугат мутный, то его следует профильтровать через бумажный фильтр, предварительно смоченный раствором $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Работа № 2. Простые белки, фракционное разделение белков пшеничной и гороховой муки.

Материалы и оборудование. 1)пшеничная мука, 2)NaCl (10% р-р), 3)NaOH (0,2% р-р), 4)уксусная кислота (0,2% р-р), 5)этиловый спирт (70%), 6)пробирки, фильтры, стеклянные палочки.

Объяснение материала. Белки бывают простые – протеины и сложные – протеиды.

Протеины по способности к растворению делятся на водорастворимые, солерасстворимые и растворимые в этиловом спирте и слабых щелочах. Так, альбумины растворимы в воде, находятся во всех растительных тканях. Например, в пшенице находится лейкозин, в горохе – леугемелин. Глобулины растворимы в растворах солей, большое количество их найдено в семенах бобовых и масличных культур: фазеолин в фасоли, глицин в сое. Проламины растворимы в 70% - ном этиловом спирте, они специфичны для злаковых культур: глиадин обнаружен в пшенице, гордеин – в ячмене. Глютелины растворимы в слабых щелочах, они находятся как в зелёных частях растений, так и в семенах: в пшенице имеется глютелин, в рисе – оризенин.

Количественное содержание протеинов в семенах коррелирует с систематическими группами растений. У голосеменных преобладают альбумины, у однодольных – проламины, что обусловлено эволюцией растений, уходящей всё дальше от водной среды.

Ход работы.

1. Извлечение альбуминов. 2 г. муки растирают в ступке с 6 мл. воды, через 2 – 3 минуты надосадочную жидкость фильтруют через бумажный фильтр. Остаток муки промывают в ступке 2 мл. воды и после 2 – 3 минут отстаивания воду сливают. Промытый осадок сохраняют для выделения других фракций белка. С фильтра муку счищают стеклянной палочкой в ступку и прodelьывают следующую работу. С фильтратом,

содержащим альбумины, проделывают биуретовую пробу и реакцию высаливания (см. выше).

2.Извлечение глобулинов. Остаток муки после отделения альбуминов обрабатывают в ступке 10% раствором хлористого натрия. Затем отстаивают и фильтруют. С фильтратом, содержащим глобулины, проделывают биуретовую реакцию и реакцию высаливания, как сказано выше.

3.Извлечение глютелинов. Остаток муки после выделения глобулинов обрабатывают, как в предыдущих случаях, 0,2% раствором едкого натра и после отстаивания фильтруют. К 10 каплям щелочной вытяжки добавляют по каплям 0,2% р – р уксусной кислоты. Появляется осадок в виде мути.

4.Извлечение проламинов. 1 г. пшеничной муки растирают в ступке с 6 мл. 70% этилового спирта и смесь фильтруют через складчатый фильтр. С фильтратом, содержащим проламины, проделывают биуретовую реакцию и реакцию осаждения при разведении вытяжки водой. Для этого к 10 каплям спиртовой вытяжки добавляют по каплям дистиллированную воду до появления осадков (или мути) проламинов.

Занятие №2. Химические свойства растительных белков

Работа №1

Реакции осаждения белков (высаливания).

Высаливание хлоридом натрия. Этот метод осаждения белков носит название высаливания, а осадки полученные при этом, могут быть растворены при разбавлении водой. К 2 мл раствора белка насыпают половину объёма сухой поваренной соли, когда концентрация раствора достигнет примерно 50%, белок начнёт выпадать в осадок, отчего раствор помутнеет.

Высаливание сульфатом аммония. В фильтрат добавляют при перемешивании избыток сульфата аммония в порошке до прекращения его растворения. Появляется муть или хлопья выпадающего в осадок альбумина.

Работа №2

Денатурация белка.

Свёртывание белков при нагревании.

В пять пробирок наливают по 2 мл раствора белка.

А) Нагревают содержимое первой пробирки, осадок белка появляется ещё до того, как жидкость закипит.

Б) Добавляют во вторую пробирку одну каплю 1% раствора CH_3COOH и нагревают. Хлопьевидный осадок белка выпадает скорее и полнее вследствие того, что в результате подкисления рН раствора приблизился к изоэлектрической точке белка.

В) Добавляют в третью пробирку 0,5 мл 10% - ного раствора CH_3COOH , несколько капель насыщенного раствора NaCl и нагревают. Образуется осадок белка.

Г) Добавляют в четвёртую пробирку 0,5 мл 10% -ного раствора CH_3COOH и нагревают. Осадок белка не образуется даже при кипячении.

Д) Добавляют в пятую пробирку 0,5% - ного раствора NaOH и нагревают. Осадок белка не образуется даже при кипячении.

Работа №3

Осаждение белков концентрированными минеральными кислотами. В три сухие пробирки наливают по 1 – 2 мл конц. HNO_3 , H_2SO_4 и HCl . Затем наклонив каждую пробирку, осторожно по стенке приливают в неё из пипетки по 0,5 мл раствора белка так, чтобы он не смешивался с кислотами. В месте соприкосновения двух жидкостей появляется белый аморфный осадок белка. При встряхивании осадок, выпавший при действии HNO_3 , увеличивается. Выпавшие при действии H_2SO_4 и HCl осадки растворяются в их избытке. Концентрированные минеральные кислоты вызывают

необратимое осаждение белков. Это связано как с гидратацией белковых молекул, так и с денатурацией белка.

Осаждение белков солями тяжёлых металлов. Белки образуют с солями Hg, Ag, Cu, Pb и другими металлами комплексные соединения, нерастворимые в воде. Реакции осаждения необратимы. В 2 пробирки наливают по 1 – 2 мл раствора белка и медленно, по каплям, при встряхивании прибавляют в одну из них раствор CuSO_4 , а в другую – раствор $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$. Выпадает хлопьевидный осадок. В пробирки с осадками прибавляют избыток соответствующих солей. Наблюдают растворение осадков. Это происходит вследствие адсорбции ионов металлов на поверхности белковых частиц; в результате они вновь приобретают заряд и растворяются.

Осаждение белков спиртом. В пробирку наливают 1 – 2 мл раствора белка и добавляют немного кристаллического NaCl. Приливают постепенно туда же 4 – 5 мл этилового спирта. Выпадает хлопьевидный осадок белка вследствие дегидратации белковых молекул.

Занятие №3 Определение общего количества белка в сельскохозяйственной продукции методом формольного титрования

Материалы и реактивы: 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина, 0,1н раствор гидроксида натрия (NaOH), 37...40%-ный раствор формалина.

Оборудование: коническая колба вместимостью 250мл, титровальная установка.

Методика: к 10 мл свежего цельного молока прибавить 10...12 капель 1%-ного раствора фенолфталеина и титровать 0,1н раствором NaOH до слабо-розового окрашивания, не исчезающего при взбалтывании. Записать показания бюретки.

После этого в эту пробу прилить 2 мл нейтрализованного гидроксидом натрия 37...40%-ного формалина. Содержимое колбы перемешать, молоко обесцвечивается. Записать показания бюретки и продолжать титровать до окраски, соответствующей окраске молока до прибавления формалина. Показания бюретки записать и установить количество (мл) гидроксида натрия, пошедшее на второе титрование.

Умножая полученное количество гидроксида натрия на коэффициент 1,92, находят процентное содержание белков в молоке. Основным условием более точного определения белка является одинаковая интенсивность окраски раствора при первом и втором титрованиях.

Расчёт биологической ценности белков пищевых продуктов

Биологическая ценность пищевого продукта отражает его способность удовлетворять потребность организма в незаменимых аминокислотах. Основным фактором, определяющим биологическую ценность белков пищи, является их аминокислотный состав, т.е. количественное соотношение содержащихся в белке аминокислот, в первую очередь 8 незаменимых для человека – лизина, лейцина, изолейцина, метионина, триптофана, фенилаланина, валина и треонина. Для определения биологической ценности белков используют химические методы, а также биологические методы с использованием микроорганизмов и животных.

Один из способов определения биологической ценности (БЦ) белков пищевых продуктов основан на коэффициенте различия аминокислотного состава (КРАС, %). Среди химических методов наиболее распространен метод **аминокислотного счёта** (scor – счёт, подсчёт). Он основан на сравнении аминокислотного состава белка оцениваемого продукта с аминокислотными показателями стандартного («идеального») белка (белок куриного яйца). Химический скор аминокислот (АС, %) для каждой из них определяют по формуле

$$AC = \frac{AK_{пр}}{AK_{сб}} \times 100,$$

где $AK_{пр}$ – содержание любой незаменимой аминокислоты в 1 г белка исследуемого продукта, мг;

акиб – содержание любой незаменимой аминокислоты в 1 г стандартного (эталонного, «идеального») белка, мг.

$$AC = \frac{AK_{\text{продукт}}}{AK_{\text{эталон}}} \times 100\%$$

где $AK_{\text{продукт}}$ – содержание незаменимой аминокислоты в 1 г исследуемого белка, мг;
 $AK_{\text{эталон}}$ – содержание данной аминокислоты в 1 г «идеального» (эталонного) белка, мг.

Одновременно с определением аминокислотного сора выявляют незаменимую аминокислоту лимитирующую биологическую ценность для данного белка, то есть ту, для которой скор является наименьшим. Аминокислотная шкала стандартного («идеального») белка для взрослого человека (мужчины) для расчёта сора была рекомендована Комитетом ФАО/ВОЗ (ФАО – продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН, ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения).

Потребность организма человека в метионине удовлетворяется на 80-89 % заменимой аминокислотой цистеином, а в фенилаланине на 70-75 % заменимой аминокислотой тирозином, поэтому обе названные пары аминокислот оцениваются в сумме

ЭТАЛОН содержания незаменимых аминокислот в пищевом белке.

Аминокислота	Содержание в г на 100 г белка
Изолейцин	4,0
Лейцин	7,0
Лизин	5,5
Серосодержащие аминокислоты (метионин+цистеин)	3,5
Ароматические аминокислоты (фенилаланин+тирозин)	6,0
Треонин	4,0
Триптофан	1,0
Валин	5,0

Лимитирующей биологическую ценность аминокислотой считается та, скор которой наименьший.

$$KPAС = \frac{\sum \Delta PAC}{n}$$

где ΔPAC – избыток сора аминокислоты; n – количество незаменимых аминокислот.

$$\Delta PAC = C_i + C_{\min}$$

где C_i – избыток сора аминокислоты;

C_{\min} – минимальный из скоров незаменимых аминокислот исследуемого белка по отношению к эталону, %.

Биологическую ценность (БЦ) пищевого белка(%) определяют по формуле:

$$БЦ = 100 - KPAС$$

(таблица 3). Белковый состав реальных продуктов может существенно отличаться от идеальной шкалы.

Для расчёта биологической ценности белков пищевых продуктов использовать данные, представленные в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Аминокислотный состав и химический скор стандартного белка, рекомендуемый ФАО/ВОЗ

Аминокислоты <i>A*</i>	Аминокислотный образец ФАО/ВОЗ <i>AC**</i>	
Изолейцин	40	100
Лейцин	70	100
Лизин	55	100
Метионин + цистин***	35	100
Фенилаланин + тирозин***	60	100
Треонин	40	100
Триптофан	10	100

Валин	50	100
* <i>A</i> – содержание аминокислоты в 1 г белка, мг. *** Потребность организма человека в метионине удовлетворяется на 80...89 % заменимой аминокислотой цистином, а в фенилаланине на 70...75 % заменимой аминокислотой тирозином, поэтому обе названные пары аминокислот оцениваются в сумме	** <i>AC</i> – аминокислотный скор относительно образца ФАО/ВОЗ, %.	

Пример: 1 г белка коровьего молока содержит (в мг): валина –59,7; изолейцина – 59,0; лейцина – 101,2; лизина – 91,5 и т. д. Содержание этих же аминокислот в «идеальном» белке берём по таблице 3.

Химический (аминокислотный) скор для валина, %:

$$AC = 59,7/50 \times 100 = 119,4.$$

Химический скор для изолейцина, %:

$$AC = 59,0/40 \times 100 = 147,5$$

и т. д.

Таблица 4 – Содержание незаменимых аминокислот в пищевых продуктах, мг в 1 г белка

Наименование продукта	Вал	Иле	Лей	Лиз	Мет + цис	Тре	Три	Фен
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Молоко стерилизованное	56,2	55,5	95,1	76,5	25,5	44,8	14,8	50,3
2 Сливки (массовая доля жира 10 %)	70,3	64,3	99,0	77,6	24,3	45,6	14,3	48,3
3 Кефир жирный	48,2	57,1	99,0	82,1	29,0	39,3	15,3	50,3
4 Простокваша	56,0	55,7	95,3	76,4	25,3	45,0	14,6	50,0
5 Йогурт	64,6	60,0	90,0	77,4	23,0	43,2	14,4	45,0
6 Сметана (массовая доля жира 30 %)	63,7	58,0	88,0	71,0	25,0	41,6	13,0	44,0
7 Творог нежирный	55,0	55,5	102,7	80,5	26,6	44,4	10,0	51,6
8 Творог жирный	60,0	49,3	91,6	72,0	27,4	46,3	15,1	54,4
9 Масло крестьянское несолёное	32,3	31,5	58,5	34,6	13,0	36,0	33,0	32,3
10 Сыр советский	59,0	39,5	67,2	57,7	29,6	39,5	31,6	41,5
11 Сыр голландский брусковый	58,6	43,6	85,8	59,0	21,0	35,4	26,1	50,0
12 Плавленный сыр «Российский»	54,7	37,7	82,7	50,4	22,7	37,7	22,7	37,7
13 Молоко сухое цельное	46,4	51,0	94,0	56,5	24,4	44,5	13,5	47,0
14 Молоко сухое обезжиренное	46,4	51,0	94,0	59,6	21,3	44,5	11,4	47,2
15 Молоко сгущённое стерилизованное	58,0	61,0	91,4	60,7	23,0	43,3	13,0	41,6
16 Молоко сгущённое с сахаром	63,0	58,0	74,7	75,0	23,0	42,2	13,2	44,4
17 Хлеб пшеничный 2-го сорта	34,8	31,8	59,4	18,9	11,4	23,1	7,4	36,8
18 Хлеб ржаной	32,2	24,8	42,7	22,3	9,3	19,8	8,0	37,1
19 Картофель	12,2	8,6	12,8	13,5	2,6	9,7	2,8	9,8
20 Капуста	5,8	5,0	6,4	6,1	2,2	4,5	1,0	5,6

белокочанная								
21 Морковь красная	4,3	3,5	4,4	3,8	0,9	3,2	0,8	3,1
22 Говядина 1 кат.	103,5	78,2	147,8	159	44,5	80,3	21,0	79,5
23 Баранина 1 кат.	82,0	75,4	11,6	123	35,6	68,8	19,8	61,1
24 Свинина мясная	83,1	70,8	107,4	124	34,2	65,4	19,1	58,0
25 Куры 1 кат.	87,7	69,3	141,2	159	47,1	88,5	29,3	74,4
26 Яйцо куриное целое	77,2	59,7	108,1	90,3	42,4	61	20,4	65,2
27 Минтай морож.	90,0	110	130,0	180	60,0	90,0	20,0	70,0
28 Треска морож.	90,0	70,0	130,0	150	50,0	90,0	21,0	80,0
29 Кальмар	78,1	39,2	192,0	190	49,2	54,8	30,1	31,6

Результаты расчётов занести в таблицу, подготовленную по форме таблицы 5. Провести анализ полученных результатов, указать 1...3 лимитирующие аминокислоты (скор которых меньше 100 %) по каждому молочному продукту и сделать выводы о биологической ценности каждого из них. Численные значения химического сора, выраженные в процентах, характеризуют «качество» белка.

Таблица 5 – Биологическая ценность (химический скор) пищевых продуктов

Наименование продукта	Вал	Иле	Лей	Лиз	Мет + цис	Тре	Три	Фен
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Молоко стерилизованное								
2 Сливки (массовая доля жира 10 %)								
3 Кефир жирный								
4 Простокваша								
5 Йогурт								
6 Сметана (массовая доля жира 30 %)								
и т. д.								

Привести расчёты биологической ценности белков пищевых продуктов по химическому скору, указать лимитирующие аминокислоты (см. таблицу 5). Дать качественную характеристику белкам молока и молочных продуктов.

Провести сравнительный анализ биологической ценности основных пищевых продуктов по группам: молочных, мясных, рыбных, овощных, зерновых.

Контрольные вопросы

1. Какова роль белков в питании человека?
2. Дайте характеристику проблемы дефицита белка. Каковы пути её решения?
3. Какова роль нетрадиционного растительного и животного сырья для пополнения ресурсов пищевого белка?
4. Перечислите основные функциональные свойства белков. Какова их роль в технологических процессах производства пищевых продуктов?
5. Какие физико-химические и химические превращения претерпевают белки в технологическом потоке производства пищевых продуктов?
6. Какие изменения претерпевают белки сырья при хранении в процессе технологической обработки при производстве пищевых продуктов?
7. Дайте определение понятиям: пищевая и биологическая ценность белков, незаменимые аминокислоты, лимитирующие аминокислоты.
8. Какие свойства характерны для аминокислот?
9. Перечислите незаменимые аминокислоты.
10. Какие методы качественного и количественного определения белков вы знаете?
11. В чём состоит сущность определения общего количества белка рефрактометрическим методом?

12. В чём состоит сущность определения общего количества белка методом формольного титрования?
13. В чём заключается методика расчёта химического сора аминокислот белков молока?
14. Как определяется биологическая ценность белков?
15. В чём заключается принцип нингидриновой реакции?
16. Назовите серосодержащие аминокислоты. С помощью какой реакции их можно обнаружить в продукте?
17. Какую реакцию проводят для обнаружения пептидных связей в белках?
18. В чём состоит сущность биуретовой реакции?
19. Перечислите ароматические незаменимые аминокислоты.
20. Объясните принцип ксантопротеиновой реакции.
21. Какой реакцией можно обнаружить остатки ароматических циклических аминокислот?
22. С помощью каких цветных реакций можно обнаружить остатки карбоновых кислот, входящих в состав белков?
23. Перечислите незаменимые аминокислоты.
24. Какова роль незаменимых аминокислот в питании человека?
25. Приведите классификацию белков.
26. Какова энергетическая и пищевая ценность белков?
27. Структуры белковой молекулы.
28. Понятие денатурации.
29. Какие факторы способны денатурировать белки?
30. Существует ли разница между денатурацией и коагуляцией?
31. Как коагуляция белков влияет на их биологическую ценность?
32. Изменяются ли физические свойства белка в процессе денатурации, какие именно?
33. Как изменяется биологическая активность белка при денатурации?
34. Приведите примеры соле-, водо-, щелоче-, спирто-растворимых белков.
35. Продукт гидролиза белков.
36. В чём отличие процессов денатурации и гидролиза белков?
37. Ферментативный гидролиз белка.
38. От чего зависит скорость гидролиза белка?

Занятие №4 «Количественное определение витамина С»

Работа 1. Количественное определение аскорбиновой кислоты в сельскохозяйственных продуктах.

Цель работы: ознакомиться с методом количественного определения аскорбиновой кислоты в сельскохозяйственных продуктах.

Метод основан на способности витамина С, окисляясь, восстанавливать 2,6-дихлорфенолиндофенол (2,6-ДНФ). Краситель в щелочной среде имеет синюю окраску, при восстановлении обесцвечивается, а в КИСЛОЙ среде приобретает красное окрашивание.

Методика:

1. Определение содержания витамина С в растительных объектах.

Взвесить на весах 5 г картофеля (другого растительного объекта зеленой или кремовой окраски) и растереть его в фарфоровой ступке, добавив туда 1 мл 1% раствора соляной кислоты и 4 мл дистиллированной воды. Полученную массу перенести в колбу для титрования. Ступку и пестик промыть 10 мл дистиллированной воды и вылить промывную волю в колбу для титрования. Бюретку заполнить раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола и оттитровать им содержимое колбы до устойчивого слабо-розового окрашивания.

Расчет содержания витамина С: $C = 22 \times A$

где, А - миллилитров титранта, затраченное на титрование.

Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100г продукта.

2. Определение содержания витамина С в молоке.

5 мл молока разводят водой до 20 мл. 5 мл полученного разведения переносят в колбу для титрования, добавляют 1 мл 2% раствора соляной кислоты, 9 мл дистиллированной воды и титруют из бюретки раствором 2,6 - дихлорфенолиндофенола до устойчивой слабо-розовой окраски.

Расчет содержания аскорбиновой кислоты:

$C = 5.28 \times A$; C - содержание аскорбиновой кислоты, мг/100мл

Вопросы:

1. Какие свойства аскорбиновой кислоты и 2,6 - дихлорфенол индофенола положены в основу метода количественного определения витамина С?
2. Почему титрование витамина С проводят в кислой среде? 3. Какова суточная потребность животных в витамине С? 4. Чем свидетельствует отсутствие витамина С в моче? 5. Какие корма богаты аскорбиновой кислотой?

Работа 2. «Качественные реакции на витамины»

Цель работы: освоить методы обнаружения витаминов в биологическом материале.

Витаминами называются незаменимые низкомолекулярные органические вещества, поступающие в организм животных с кормами и участвующие в биохимических реакциях в составе ферментов. Витамины классифицируются на:

- Жирорастворимые: А, Д, Е, К, Q, F;
- Водорастворимые: В₁, В₂, В, В₅ (PP), В₆, В_с, В₁₂, С, Н, Р.

Качественные реакции на витамин А

1. Реакция с треххлористой сурьмой.

На предметное стекло нанести 1-2 капли масляного раствора ретинола или рыбьего жира и добавить 2-3 капли хлороформного раствора хлорида сурьмы (III). При смешивании растворов содержимое пробирки окрашивается в синий цвет. Механизм реакции неизвестен.

2. Реакция с концентрированной серной кислотой

На предметное стекло нанести 1-2 капли масляного раствора ретинола или рыбьего жира и добавить 1 каплю концентрированной серной кислоты. В месте соприкосновения витамина А с серной кислотой появляется сине-фиолетовое окрашивание, переходящее в красно-бурое и бурое.

3. Реакция с сульфатом железа (II)

В пробирку внести 3-5 капель масляного раствора ретинола или рыбьего жира, добавить 8-10 капель ледяной уксусной кислоты, насыщенной сульфатом железа (II) и 1-2 капли концентрированной серной кислоты. Появляется голубое окрашивание, постепенно переходящее в красно-розовое. Каротины дают при этой реакции зеленое окрашивание.

Качественная реакция на витамин Д

На сухое предметное стекло нанести 1 каплю масляного раствора витамина Д или рыбьего жира, 2 капли брома в хлороформе и перемешать. Через некоторое время развивается зеленое или зеленовато-голубое окрашивание.

Качественные реакции на витамин К

1. К 10 каплям препарата витамина К добавить 3-4 капли аммиака и перемешать. Содержимое пробирки приобретает красный цвет. 2. К 10 каплям препарата витамина К добавить 10 капель раствора пиктеина и 2-3 капли 5% раствора NaOH. Развивается желтое или лимонно-желтое окрашивание.

Качественная реакция на витамин Е

В пробирку поместить 5 капель спиртового раствора витамина Е и добавить 0,5 мл концентрированной азотной кислоты. Пробирку интенсивно встряхивают и наблюдают постепенное появление красного окрашивания.

Качественная реакция на витамин В

В пробирку внести 5 капель препарата витамина В₆, добавить 5 капель 5% раствора гексацианоферрата (Ш) калия, 5 капель 30% раствора гидроксида натрия, 5 капель изобутанового спирта и перемешать. После расслоения жидкостей, верхний органический слой при помощи пипетки переносят в сухую пробирку и наблюдают голубую флюоресценцию раствора в ультрафиолетовых лучах. Качественная реакция на витамин В₇.

К 10 каплям раствора витамина В₂ добавить 5 капель концентрированной соляной кислоты и кусочек металла иче с кого цинка. Выделяющийся водород реагирует с рибофлавином, восстанавливая его, и жидкость постепенно окрашивается в розовый цвет, а затем обесцвечивается. При взбалтывании обесцвеченного раствора он вновь приобретает исходную окраску за счет окисления кислородом воздуха и образования рибофлавина.

Качественная реакция витамина В₆

К 5 каплям раствора витамина В₆ добавить 5 капель 1% раствора хлорида железа (Ш) и перемешать. Появляется красное окрашивание вследствие образования комплексной соли.

Качественная реакция витамина В₅ (РР)

В пробирку поместить 10 капель раствора витамина В₃ или немного порошка, добавить 1 мл 10% раствора уксусной кислоты, на-феть до кипения и в горячий раствор добавить 1 мл 5% раствора ацетата меди. Жидкость становится мутной, окрашивается в голубой цвет, а при стоянии выпадает синий осадок медной соли никотиновой кислоты.

Качественная реакция на витамин С

В пробирку внести 5 капель раствора витамина С, добавить по 1 капле 10% раствора гидроксида натрия и 5% раствора $K_3[Fe(CN)_6]$, перемешать. Затем добавить 3 капли 10% раствора соляной кислоты и 1 каплю 1% раствора хлорида железа (Ш). Выпадает темно-синий осадок-берлинской лазури.

Занятие №5 «Определение ферментов в растительных и животных продуктах»

Работа 1. Определение активности оксидоредуктазы

Цель занятия: изучить окислительно-восстановительные ферменты молока, крови и мышечной ткани.

К классу оксидоредуктаз относятся ферменты, катализирующие реакции биологического окисления. Ферменты, катализирующие перенос электронов и протонов, обладают высокой специфичностью, как к донору, так и к акцептору ионов водорода.

Открытие пероксидазы в молоке.

По химической структуре пероксидаза является геминовым ферментом: в состав простетической группы пероксидазы находится железо-порфилин. Пероксидаза разлагает перекись водорода с высвобождением атомарного кислорода:



Проба с Водным калием.

Выделяющийся в результате пероксидазной реакции атомарный кислород окисляет йодистый калий:

Методика: в две пробирки наливают 5 мл молока. Молоко в пробирке №2, служащей контролем, кипятят. Затем в обе пробирки добавляют по 0,5 мл 1% раствора крахмала, по 2 капли 10% раствора йодистого калия по 5 капель 0,5% раствора перекиси водорода. В пробирке №1 появляется синее окрашивание.

Работа 2. Качественная реакция на пероксидазу с гваяковой смолой.

Методика: в две пробирки наливают по 0,5 мл раствора гваяковой смолы, по 0,5 мл раствора перекиси водорода и по 2-3 мл молока. Причем 8 одну пробирку добавляют сырое молоко, а в другую - кипяченое. Перемешивают и ставят на баню, нагретую до 40°C. В случае свежего молока и неразрушенной пероксидазы появляется синее окрашивание (продукт окисления атомарным кислородом гваяковой смолы). Пероксидаза присутствует

только в свежем молоке. При нагревании до 80°C она разрушается, поэтому о степени пастеризации молока судят по наличию в нем пероксидазы. Эти реакции используются в практической работе для доказательства пастеризации молока.

Работа 3. Открытие альдегиддегидрогеназы (ксантиноксидазы) в молоке.

Это фермент катализирует окисление альдегидов, а также превращает гипоксантин и ксантин в мочевую кислоту.

У человека ксантиноксидаза содержится в печени.

Альдегиддегидрогеназа в очень небольшом количестве попадает в молоко из молочной железы. В основном она накапливается в нем при размножении микрофлоры. Поэтому активность фермента в парном молоке низкая. При хранении восстанавливающая способность молока возрастает.

За счет окисления альдегидов могут восстанавливаться различные соединения, в том числе метиленовая синь, которая, присоединяя водород, переходит в бесцветное соединение.

Методика: в одну пробирку наливают 2-3 мл кипяченого молока (контроль), а в другую столько же свежего молока (опытная проба). В обе пробирки прибавляют по 1 мл 0,5% раствора формальдегида и по 1 мл 0,001% водного раствора метиленовой сини. Ставят в водяную баню, нагретую до 70 С, и следят за ходом реакции. В пробирке со свежим молоком происходит обесцвечивание смеси, в пробирке с кипяченым молоком смесь не обесцвечивается, вследствие разрушения фермента при кипячении.

Работа 4. Открытие каталазы в крови.

Каталаза катализирует разложение перекиси водорода на молекулярный кислород и воду. По химической природе каталаза является геминферментом, так как в состав простетической группы этого фермента входит вещество, очень близкое по своему строению к гему.

Таким образом, биологическая роль каталазы заключается в обезвреживании перекиси водорода путем разрушения ее на воду и кислород.

Методика: в пробирку наливают 10-15 капель 1% раствора перекиси водорода и добавляют 1 каплю крови. Жидкость вспенивается, так как происходит бурное выделение пузырьков кислорода.

Работа 5. Открытие сукцинатдегидрогеназы в мышцах.

Сукцинатдегидрогеназа окисляет янтарную кислоту в фумаровую при условии, что она имеет соответствующий акцептор водорода. Акцептором водорода может быть метиленовая синь.

Методика: в две пробирки приливают по 1 мл фосфатного буфера рН 6,8 и в каждую пробирку помещают по 100 мг мышечной кашицы, предварительно промытой водой. В первую пробирку приливают 2 мл 0,1 н раствора янтарной кислоты, во вторую - 2 мл дистиллированной воды. В каждую пробирку добавляют по 2 капли 0,02% раствора метиленовой сини. Обе пробирки помещают на водяную баню на 30 минут, после этого наблюдают за окраской.

Все сделанные реакции занести в таблицу.

Работа 6. Определение активности каталазы в растениях по А.Н. Баху и А.И. Опарину.

Материалы и оборудование. Картофель, морковь

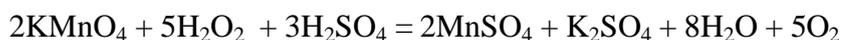
0,1 н. перекись водорода, 10% серная кислота, 0,1 н. перманганат калия, бюретки для титрования, колбочки, весы, ступки, песок, фильтры марлевые, воронки, мерные колбы на 100 мл, мерные пипетки, водяные бани.

Объяснение материала. В основе всякого количественного определения активности действия фермента лежат те изменения, которые проходят в субстрате. О

скорости этих изменений можно судить либо по убыванию исходных веществ, либо по накоплению продуктов ферментативной реакции.

Наиболее часто активность действия ферментов выражается количеством вещества, которое за строго определённое время и в строго определённых условиях опыта подверглось изменению.

Так, активность представителя оксидоредуктаз – каталазы, может быть выражена количеством мг H_2O_2 , разрушенной за определённое время. Для определения наличия H_2O_2 служит титрование её раствором перманганата калия в кислой среде:



Методика. Отвешивают 2 гр. растительного материала, навеску растирают в ступке с песком, добавляют несколько мл воды. Растёртую массу переносят в мерную колбочку на 100 мл и объём доводят водой до метки. Через 30 минут фильтруют и далее используют вытяжку.

В коническую колбочку отмеряют 25 мл 0,1 н. перекиси водорода и 29 мл вытяжки. Через 30 минут добавляют 3 мл 10% серной кислоты (для прекращения действия каталазы) и титруют смесь раствором $KMnO_4$ до получения светло-розового окрашивания, не исчезающего в течение 30 секунд.

Параллельно ведётся контрольный опыт с инактивированной вытяжкой (берут в колбу 20 мл фильтрата и нагревают 5 минут в кипящей водяной бане). По охлаждению добавляют 25 мл перекиси водорода, и через 30 минут добавляют 3 мл серной кислоты. Далее титруют, как указано выше. Таким образом, в первой колбе титруется оставшаяся не разрушенной перекись водорода, а во второй – разрушенная кипячением. Поэтому, количество разрушенной H_2O_2 находят по разности между двумя этими титрованиями.

1 мл 0,1 н. перманганата калия эквивалентен 1 мл 0,1 н. перекиси водорода. Эквивалент перекиси водорода равен $34/2=17$ г. Отсюда следует, что в 1 мл 0,1 н. перекиси водорода содержится 1,7 мг перекиси. Итак, 1 мл 0,1 н. перманганата калия эквивалентен 1,7 мг перекиси водорода.

Пример расчёта: получена вытяжка каталазы из 1,3 г моркови в 100 мл воды. На титрование опытной пробы пошло 17,4 мл перманганата калия, а на контроль – 32,8 мл.

$$32,8 - 17,4 = 15,4 \text{ мл } 0,1 \text{ н. раствора перманганата калия или}$$

$$15,4 * 1,7 \text{ мг} = 25,98 \text{ мг перекиси водорода.}$$

Отсюда следует, что каталаза, содержащаяся в 1 г моркови может разложить:

$$25,98 * 100$$

$$\text{-----} = 99,62 \text{ г } H_2O_2$$

$$20 * 1,3$$

Работа 7. Определение активности каталазы и пероксидазы в одной навеске.

Материалы и оборудование. $CaCO_3$, концентрированная серная кислота, 1% - раствор перекиси водорода, 10%-серная кислота, 0,1 н. раствор перманганата калия, 1% раствор пирогаллола, проростки пшеницы или других растений, мерные пипетки, мерные колбы на 50 мл, пробирки, центрифуга, стаканы, стеклянные палочки, конические колбочки на 100 мл.

Объяснение материала. Каталаза широко распространена в растительных тканях. Относится она к группе сложных ферментов, в состав которых входит железо (гемопротеидные ферменты).

Пероксидаза – металлопротеин, содержащий железо в порфириновом кольце. Пероксидаза образует с перикисью водорода соединение, в котором перекись активируется и становится способной окислять фенолы и ароматические амины, действуя как водородный акцептор. Для определения активности каталазы отбирают разные

органы растений (корни, проростки) выращенные в растильнях до фазы проростка или первого настоящего листа.

Методика.

1. Получение вытяжки фермента. Навеску корней и надземной массы (этиолированную часть проростка) по 2,5 г тонко измельчают, переносят в фарфоровые предварительно подписанные ступки. Добавляют небольшое количество стеклянного песка, дистиллированной воды и CaCO_3 (на кончике ножа примерно 0,15 г). Содержимое ступки тщательно растирают. Затем добавляют 10 мл дистиллированной воды и снова растирают до получения однородной массы. После этого растёртую массу переносят в мерные стаканчики или колбы. Смывают ступку водой несколько раз до тех пор, пока объём болтушки в стаканах не достигнет 50 мл. Оставляют смесь для настаивания в течение 40 минут.

2. Определение активности каталазы. Через 40 минут из стаканов осторожно, не взбалтывая верхнего слоя, отбирают пипеткой две порции по 10 мл каждого отстоявшегося раствора и переносят в 2 мерные колбочки на 50 мл. Всего 4 колбочки: две с вытяжкой надземной части и две с вытяжкой корневой системы. В одну из двух колб каждого варианта для разрушения (инактивации) фермента добавляют по 1 мл крепкой H_2SO_4 . Это будут контрольные колбы.

Затем во все колбочки добавляют по 10 мл дистиллированной воды, взбалтывают и добавляют по 1,5 мл 1% раствора перекиси водорода, оставляя на 20-30 минут, закрыв пробками. По окончании инкубации (времени, необходимого для расщепления перекиси водорода) к содержимому всех колб добавляют по 2,5 мл 10% раствора серной кислоты и титруют 0,1 н. раствором перманганата калия до слабо-розовой окраски не исчезающей в течение 1 минуты.

По разности между контрольным и опытным титрованием определяют количество разложившейся перекиси водорода за время инкубации в расчёте на 1 гр исходного растительного материала.

Активность каталазы рассчитывается по формуле:

$$X = \frac{(a-b) \cdot 1,7 \cdot 50 \cdot 60}{N \cdot 10 \cdot t}$$

Где X – активность каталазы в мг H_2O_2 , разложившейся в 1 час инкубации на 1 гр растительного материала

a – мл 0,1 н. раствора перманганата калия, израсходованного на контрольное титрование

b – мл 0,1 н. раствора перманганата калия, пошедшего на опытное титрование

1,7 – коэффициент соответствия

N – навеска растительного материала, г

t – время инкубации

По результатам опыта сделать выводы, сопоставляя активность каталазы в корнях и надземной части растений.

Работа №9. Обнаружения действия некоторых ферментов.

Материалы и оборудование. Мочевина (1%-ый раствор), соевая мука, фенолфталеин, экстракт из корней хрена, гидрохинон (свежий раствор), перекись водорода (1% и 3%-ная), картофель, молоко, крахмальный клейстер, раствор Люголя, реактив Фелинга, терки, марлевые фильтры, воронки, водяные бани, предметные стекла, стеклянные палочки. 1%-ный р-р проросшие и сухие семена пшеницы или др. растений.

Методика.

Обнаружение фермента уреазы. В пробирку наливают 3 мл 1%-ного раствора мочевины, добавляют 0,5 г соевой муки и несколько капель фенолфталеина. Пробирку ставят в водяную баню при $+40^\circ\text{C}$ на 10 минут. Содержимое приобретает розово-

малиновую окраску вследствие смещения рН раствора в щелочную зону за счёт образования аммиака.

Вопросы:

1. Что такое биологическое окисление? Приведите классификацию процессов биологического окисления.
2. Какова химическая природа оксидоредуктаз?
3. Напишите формулы коферментов оксидоредуктаз, в состав которых входят витамины.
4. Перечислите ферменты дыхательной цепи.
5. В чем особенность строения цитохромоксидазы?
6. В чем заключается механизм сопряжения фосфорилирования с окислением?
7. Что такое «свободное окисление»?
8. Какие соединения называются «макроэргическими»? Приведите примеры.

Занятие №6 Углеводы

Углеводы являются важными энергетическими компонентами пищи. По химическому составу углеводы делятся на простые сахара и полисахариды. К простым сахарам относятся моносахариды (глюкоза, фруктоза, ксилоза, арабиноза), дисахариды (сахароза, мальтоза и лактоза), трисахарид (раффиноза), тетрасахарид (стахиоза). К полисахаридам относят гемицеллюлозу, крахмал, инулин, гликоген, целлюлозу, пектиновые вещества, камеди, декстраны и декстрины, которые состоят из различной длины цепочек тех или иных моносахаридов.

С точки зрения усвояемости в организме человека углеводы разделяются условно на две группы: усвояемые организмом человека и неусвояемые (так называемые пищевые волокна). К усвояемым углеводам относятся: глюкоза, фруктоза, сахароза, мальтоза, галактоза, лактоза, рафиноза, инулин, крахмал и декстрины (продукты промежуточного гидролиза крахмала). К неусвояемым углеводам относятся: целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин (эти три группы иногда объединяют под названием «грубые пищевые волокна»), пектиновые вещества, камеди и декстраны (в свою очередь, эти группы углеводов иногда называют «мягкие пищевые волокна»). К неусвояемым углеводам обычно относятся фитиновая кислота и, как отмечалось выше, лигнин – ароматический полимер неуглеводной природы. Целлюлоза, гемицеллюлоза, пектин, лигнин составляют основу клеточных стенок растений.

Характеристика методов определения углеводов

Методы определения отдельных групп углеводов сильно различаются.

Определение простейших сахаров

Для количественного определения простейших сахаров (моно-, ди- и трисахариды) в основном используют методы, основанные на восстанавливающей способности редуцирующих сахаров: *перманганатный, йодометрический, горячего титрования и феррицианидный* – с использованием растворов Фелинга или жёлтой кровяной соли.

Три первых метода основаны на способности редуцирующих сахаров восстанавливать в щелочном растворе окиснённую медь в закиснённую. После реакции, в зависимости от применяемого метода, фиксируют количество меди, вступившей в реакцию, избыток меди, оставшийся неизрасходованным, или количество редуцирующего сахара, вступившего в реакцию.

Сущность этих методов состоит в следующем. Щелочной раствор меди, или реактив Фелинга, – это смесь двух растворов. При сливании этих растворов в первый

момент образуется синий осадок, который быстро растворяется. В осадок выпадает гидрат окиси меди, который растворяется в растворе виннокислого калия-натрия (сегнетовой соли) с образованием медного окисного комплекса ярко-синего цвета, характерного для реактива Фелинга.

При реакции с редуцирующим сахаром двухвалентная окисная медь реактива Фелинга легко восстанавливается до одновалентной (закисной) и выпадает на дно колбы в виде оранжево-красного осадка. Альдегидные группы сахара окисляются до соответствующих кислот, например, глюкоза до глюконовой кислоты, лактоза до лактобионовой.

Простейшие сахара рекомендуются извлекать из пищевых продуктов 80 % об. этиловым спиртом с учётом естественной влаги. Обычно достаточно трёхкратной экстракции по 15 мин при температуре 75...80 °С на водяной бане.

При анализе сильнокислотных продуктов (виноград, яблоки, томаты, лимоны и др.) во избежание гидролиза полисахаридов производят нейтрализацию спирта, используемого для экстракции, мелом. При анализе продуктов, относительно богатых белками и фенольными веществами (виноград, лук, листовые овощи, свёкла), фильтрат дополнительно обрабатывают нейтральным ацетатом свинца, избыток которого удаляют.

Работа 1. Определение полисахаридов (крахмала и декстринов)

Объекты исследования: сахар, мёд, сок, молоко, крахмал.

Методы определения крахмала трудновоспроизводимы и плохо сопоставимы между собой. Стандартного метода определения крахмала нет. Существует два более или менее приемлемых варианта кислотного гидролиза – соляно-кислотный и гидролиз с хлорной кислотой. Все методы предусматривают следующие стадии:

1. Предварительное освобождение образцов от простых сахаров экстракцией 80 % спиртом.

2. Извлечение крахмала из продукта одним из способов:

– растворение сначала в холодной, потом в горячей воде;

– растворение в солевом растворе;

– растворение в растворе хлорной кислоты;

– гидролиз слабой кислотой;

– частичное расщепление предварительно клейстеризованного крахмала амилазами растительного или животного происхождения.

3. Очистка раствора крахмала от белков. Обычно для этой цели используют фосфорно-вольфрамовую кислоту, ацетат цинка, жёлтую кровяную соль, урания ацетат или другие белковые осадители.

4. Непосредственное определение количества крахмала весовым методом осаждением 90 % об. этанолом с последующей промывкой 70 % об. этанолом или йодным раствором или химическим методом после кислотного или ферментативного гидролиза по содержанию редуцирующих веществ.

Из неусвояемых углеводов отдельно определяют пектин, гемицеллюлозу и клетчатку.

Стандартного метода определения пектинов нет. *Наиболее воспроизводимые методы определения пектинов* включают следующие стадии:

– предварительное освобождение образцов от простейших сахаров трёхкратной экстракцией 80 % об. этиловым спиртом;

– извлечение пектинов из продуктов;

– осаждение пектинов.

Гемицеллюлозы по химическим свойствам весьма близки к пектинам. В их состав также входят пентозы и галактуроновая кислота, однако гидролизуются они труднее. Поэтому их определяют после удаления пектинов тёплой водой (после удаления простых сахаров). Гемицеллюлозы извлекают путём кислотного или щелочного гидролиза.

Под пищевой, или сырой, клетчаткой понимают целлюлозу с небольшой примесью лигнина и гемицеллюлоз. Для пищевых продуктов наиболее приемлемым является следующий метод.

Гидролизуют легкорастворимые углеводы смесью 80%-ной уксусной и концентрированной азотной кислот в соотношении 10:1 в течение 0,5...2 ч. Остаток фильтруют через предварительно взвешенный асбестовый фильтр, промывают, высушивают и взвешивают. Для ускорения гидролиза к вышеуказанной смеси кислот добавляют небольшое количество хлорной кислоты.

Для количественного определения «пищевых волокон», т. е. суммы всех неусвояемых углеводов в основном используются ферментативные методы, основанные на гидролизе белков, а затем крахмала (или наоборот) с помощью ферментативных препаратов, имитирующих расщепление этих групп соединений в желудочно-кишечном тракте человека. Оставшийся «непереварившийся» остаток принимают за пищевые волокна. В свою очередь, их делят на нерастворимые в спирте (грубые) и растворимые в нём (неструктурированные, или мягкие) волокна.

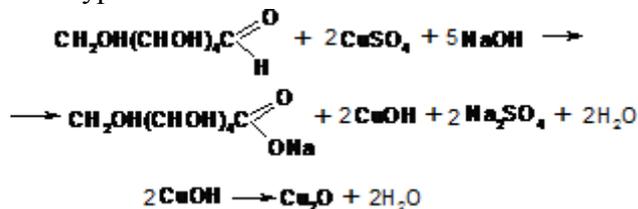
Работа 2 Качественные реакции моносахаридов

Качественные реакции моносахаридов – реакцию Троммера; реакцию Фелинга; реакцию Барфедда; реакцию Селиванова.

Моносахариды, благодаря наличию свободной кетонной или альдегидной группировки, способны окисляться до соответствующих кислот, одновременно восстанавливая соли металлов. Это свойство используется для ряда качественных и количественных реакций.

Реакция Троммера

Принцип реакции: растворы гексоз, например, глюкозы и фруктозы, в щелочной среде восстанавливают при нагревании оксид меди (II) в гемииоксид меди, а сами окисляются до альдоновых кислот. Эту реакцию для глюкозы в общем виде можно представить уравнениями:



Материалы и реактивы: раствор глюкозы (5%-ный), 5%-ный раствор гидроксида натрия, 5%-ный раствор сульфата меди.

Оборудование: стеклянные палочки, пробирки, пипетки градуировочные, капельницы, штатив для пробирок, горелка.

Методика: в пробирку к 3 см³ раствора глюкозы (исследуемого вещества) добавляют растворы гидроксида натрия (1 см³) и сульфата меди (5 капель). Выпадает осадок гидроксида меди (II), который при перемешивании или встряхивании пробирки растворяется, и раствор приобретает голубой цвет. При его осторожном нагревании в пламени горелки до кипения наблюдается выпадение жёлтого осадка гидроксида меди (I) или красного осадка гемииоксида меди.

Реакция Фелинга

Принцип реакции: в реактиве Фелинга ионы меди (II) находятся в виде комплексного соединения с тартратами. Механизм реакции гексоз (и всех редуцирующих углеводов) с реактивом Фелинга такой же, как и в реакции Троммера. Преимуществом реактива Фелинга является то, что медь при избытке реактива не выпадает в виде окиси меди (II). Дисахариды и полисахариды взаимодействуют с реактивом Фелинга после кипячения с минеральными кислотами.

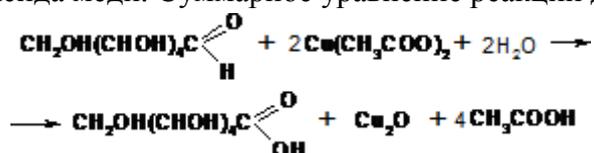
Материалы и реактивы: раствор глюкозы (5%-ный); реактив Фелинга, который состоит из двух растворов. Для приготовления *первого раствора* 200 г сегнетовой соли и 150 г гидроксида натрия растворяют в дистиллированной воде и доводят объём до 1 дм³. Для приготовления *второго раствора* 40 г перекристаллизованного сульфида меди растворяют в дистиллированной воде до объёма 1 дм³. Равные объёмы первого и второго растворов смешивают перед работой.

Оборудование: стеклянные палочки, пробирки, пипетки градуировочные, штатив для пробирок, горелка.

Методика: в пробирку вносят 1 мл раствора глюкозы и 1 мл реактива Фелинга. Смесь перемешивают и нагревают в пламени горелки до кипения. Наблюдают образование *красного осадка* гемиоксида меди.

Реакция Барфедда (реакция с уксуснокислой медью)

Принцип реакции: гексозы в реакции с ацетатом меди приводят к образованию гемиоксида меди. Суммарное уравнение реакции для глюкозы имеет вид:



Эта реакция протекает в среде со значением pH, близким к нейтральному (7,0). В этих условиях редуцирующие дисахариды не окисляются, что дает возможность отличить их от моносахаридов.

Материалы и реактивы: раствор глюкозы (5%-ный), реактив Барфедда (13,3 г ацетата меди растворяют в 200 мл горячей воды с температурой 70 °С. Смесь фильтруют и к фильтрату добавляют 1,9 мл ледяной уксусной кислоты).

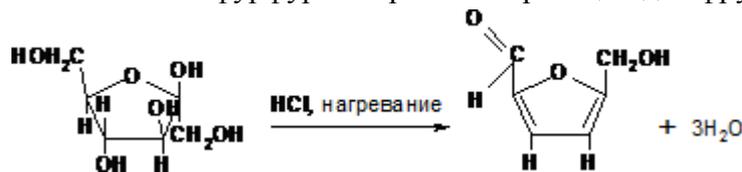
Оборудование: стеклянные палочки, пипетки, штатив с пробирками, горелка.

Методика: в пробирку вносят 1 мл раствора глюкозы и 1 мл реактива Барфедда. Смесь перемешивают и осторожно нагревают в пламени горелки до кипения.

Наблюдают образование *красного осадка* гемиоксида меди.

Реакция Селиванова на кетозы

Принцип реакции: при нагревании фруктозы или других кетоз с соляной кислотой образуется оксиметилфурфурол. Уравнение реакции для фруктозы имеет вид:



Оксиметилфурфурол с резорцином образуют соединение (продукт конденсации), окрашенное в *вишнёво-красный* цвет.

Материалы и реактивы: кристаллический резорцин, 5%-ный раствор фруктозы, 25%-ный раствор соляной кислоты.

Оборудование: стеклянные палочки, пробирки, пипетки градуировочные, штатив для пробирок, баня водяная, термометр лабораторный, лопаточка или шпатель, часы.

Методика: в пробирку помещают 5 мл раствора фруктозы, 1 мл раствора соляной кислоты и несколько кристаллов резорцина.

Смесь нагревают на водяной бане в течение 5...10 мин при температуре 80 °С до появления *вишнёво-красного цвета*.

Качественные реакции дисахаридов

Задание для выполнения: определить восстанавливающую способность лактозы и мальтозы. Определить восстанавливающую способность у сахарозы и провести гидролиз сахарозы.

Редуцирующие дисахариды (например, лактоза и мальтоза) способны окисляться до соответствующих кислот, восстанавливать соли металлов, участвуя в реакциях, характерных для моносахаридов. Однако нередуцирующие дисахариды (например, сахароза) в такие реакции не вступают. Наиболее широко для обнаружения подобных дисахаридов используют методы, в основе которых лежит гидролиз дисахаридов до моносахаридов с последующим обнаружением продуктов гидролиза – моносахаридов.

Восстанавливающая способность лактозы и мальтозы

Принцип реакции: благодаря наличию свободной альдегидной группы в молекуле лактозы (в остатке глюкозы) и мальтозы (у второго остатка глюкозы) эти дисахариды обладают редуцирующими свойствами и способны участвовать в реакциях восстановления, в частности, мальтоза и лактоза дают положительную реакцию Троммера.

Материалы и реактивы: растворы лактозы, мальтозы, гидроксида натрия и сульфата меди (5%-ные).

Оборудование: стеклянные палочки, пипетки, капельницы, штатив с пробирками, горелка.

Порядок выполнения работы: в одну пробирку наливают 2 см³ раствора лактозы, а в другую – 2 см³ раствора мальтозы.

В обе пробирки затем вносят по 1 см³ раствора гидроксида натрия и по 5 капель раствора сульфата меди. Пробирки осторожно нагревают в пламени горелки.

Наблюдают образование *красного осадка* закиси меди.

Определение восстанавливающей способности у сахарозы и гидролиз сахарозы

Принцип реакции: в молекуле сахарозы связь между остатками глюкозы и фруктозы образуется за счёт двух гликозидных гидроксильных групп. Сахароза не обладает восстановительными свойствами и даёт отрицательную реакцию Троммера.

После гидролиза сахарозы (кипячение в присутствии концентрированной соляной кислоты) образуются моносахариды, которые можно обнаружить с помощью реакции Троммера, а фруктозу – и по реакции Селиванова (см. п. 2.2.1.4).

Материалы и реактивы: концентрированная соляная кислота, 25%-ный раствор соляной кислоты, 5%-ные растворы сахарозы, гидроксида натрия и сульфата меди, кристаллический резорцин.

Оборудование: стеклянные палочки, пробирки, пипетки градуировочные, капельницы, штатив для пробирок, водяная баня, термометр лабораторный, часы.

Порядок проведения работы: в две пробирки наливают по 6 мл раствора сахарозы. В одну из них добавляют также 2 капли концентрированной соляной кислоты и нагревают на кипящей водяной бане при температуре 100 °С в течение 15 мин. Вторая пробирка содержит контрольный раствор сахарозы. Затем берут ещё две пробирки и в одну из них вносят 3 мл нейтрализованного гидролизата сахарозы, а в другую – 3 мл контрольного раствора сахарозы. К содержимому этих пробирок добавляют по 1 мл раствора гидроксида натрия и по 5 капель раствора сульфата меди. Затем нагревают на водяной бане до кипения (проводят реакцию Троммера). Отмечают образование *красного осадка* закиси меди в пробирке, содержащей гидролизат (положительная реакция Троммера), и отсутствие такового в контрольной пробе (отрицательная реакция Троммера).

С оставшимися 3 мл гидролизата сахарозы и контрольного раствора сахарозы проводят реакцию Селиванова на обнаружение фруктозы. С этой целью в обе пробирки добавляют по 1 мл раствора соляной кислоты и несколько кристаллов резорцина. Содержимое пробирок нагревают на водяной бане в течение 5...10 мин при температуре 80 °С. В пробирке, содержащей гидролизат сахарозы, наблюдают появление *вишнёво-красного* окрашивания (положительная реакция Селиванова) и отсутствие такого окрашивания в контрольной пробе.

Работа 3. Качественные реакции полисахаридов

Задание для выполнения: провести реакцию крахмала и гликогена с йодом. Провести гидролиз крахмала и целлюлозы.

Полисахариды отличаются друг от друга химической природой повторяющихся моносахаридных единиц, степенью разветвления и длиной цепи. Полисахариды не содержат свободных редуцирующих групп, поэтому они не обладают восстанавливающей способностью. Полный гидролиз полисахаридов в присутствии кислот или специфических ферментов приводит к образованию моносахаридов, обладающих редуцирующими свойствами.

Реакция крахмала и гликогена с йодом

Принцип реакции: при взаимодействии крахмала и гликогена с йодом образуются комплексные адсорбционные соединения, окрашенные в реакции с крахмалом в синий цвет, а с гликогеном – в красно-бурый цвет. Различие в цвете комплексов обусловлено химической структурой крахмала и гликогена. При нагревании окраска исчезает, но появляется опять при охлаждении, что свидетельствует об образовании нестойких комплексов крахмала и гликогена с йодом. Обесцвечивание происходит также при добавлении гидроксида натрия или калия. Исчезновение окраски при нагревании и добавлении щелочи обусловлено тем, что в образовании комплексов принимает участие молекулярный йод, а не иодид-ионы.

Материалы и реактивы: реактив Люголя (1 г йода и 2 г йодистого калия растворяют в 15 см³ дистиллированной воды и затем разводят водой до объема 300 см³), 0,1%-ные растворы крахмала и гликогена, 10%-ный раствор гидроксида натрия.

Оборудование: стеклянные палочки, пробирки, пипетки, капельницы, штатив для пробирок, водяная баня.

Методика: в одну пробирку помещают 2 мл раствора крахмала, в другую – 2 мл раствора гликогена.

Затем в обе пробирки вносят по 1...2 капли раствора Люголя. Содержимое пробирок перемешивают. Наблюдают образование *синего* окрашивания в пробирке с крахмалом и *красно-бурого* – с гликогеном.

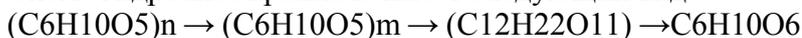
Затем из каждой пробирки по 1 мл жидкостей переносят в две другие пробирки, куда добавляют по 1 мл раствора гидроксида натрия. Наблюдают *обесцвечивание* в каждой пробирке.

Смеси, оставшиеся в пробирках, где первоначально возникла окраска, нагревают на водяной бане. Наблюдают *исчезновение окрашивания*, которое вновь появляется при охлаждении.

Работа 4. Гидролиз крахмала

Гидролизом (*осахариванием крахмала*) называют процесс его гидролитического расщепления до ди- и моносахаридов. Крахмал является полисахаридом, состоящим из молекул α -глюкозы, связанных между собой α -1,4-связью.

Схема гидролиза крахмала имеет следующий вид:



крахмал декстрины мальтоза глюкоза

Управляя глубиной гидролиза крахмала, можно получить продукты питания с заданным содержанием сахаров. Химический гидролиз крахмала проходит очень медленно, поэтому его проводят при повышенных температурах в присутствии катализатора, которым является кислота. Скорость осахаривания зависит от концентрации кислоты, температуры и длительности гидролиза. О количестве осахаренного (гидролизованного) крахмала судят по содержанию образовавшейся из него глюкозы. Определение глюкозы основано на ее окислительно-восстановительных свойствах.

Принцип реакции: при нагревании раствора крахмала с минеральными кислотами происходит гидролиз крахмала с образованием глюкозы, которую можно обнаружить характерными реакциями на моносахариды, в частности, реакцией Троммера.

Материалы и реактивы: концентрированная соляная кислота, 1%-ный раствор крахмала, 15%-ный раствор гидроксида натрия, 1%-ный раствор сульфата меди.

Оборудование: стеклянные палочки, пробирки, пипетки градуировочные, капельницы, штатив для пробирок, водяная баня, часы.

Методика: в две пробирки помещают по 5 мл раствора крахмала. В одну из них вносят также 2...3 капли концентрированной соляной кислоты и кипятят на водяной бане 15 мин. Вторая пробирка является контрольной.

Затем в обе пробирки приливают по 2 мл 15%-ного раствора гидроксида натрия и по 5 капель раствора сульфата меди и нагревают (проделяют реакцию Троммера).

В пробирке, где проводился гидролиз крахмала соляной кислотой при нагревании, наблюдают образование *красного* осадка гемиоксида меди (реакция Троммера положительная), а в контрольной пробирке такой осадок не образуется (реакция Троммера отрицательная).

Гидролиз целлюлозы

Принцип реакции: гидролиз клетчатки минеральными кислотами проходит значительно медленнее, чем крахмала. Если же клетчатку предварительно обработать 80%-ным раствором серной кислоты, то процесс гидролиза клетчатки значительно ускоряется.

Материалы и реактивы: целлюлоза или вата (источник целлюлозы), 3%-ный и 80%-ный растворы серной кислоты, реактив Фелинга и Барфедда (см. п. 2.2.1).

Оборудование: стеклянные палочки, пробирки, капельницы, пипетки градуировочные, водяная баня, часы.

Методика: небольшое количество ваты (100...200 мг) помещают в пробирку, заливают 3%-ным раствором серной кислоты и кипятят на водяной бане 10 мин. После нейтрализации содержимое пробирки разделяют на две части.

В другой пробирке то же количество ваты предварительно обрабатывают небольшим количеством (примерно 0,5 мл) 80%-ного раствора серной кислоты до полного растворения, затем разбавляют водой до объёма 1 мл и кипятят на водяной бане в течение 5 мин. После нейтрализации содержимое пробирки делят также на две части.

С одной частью смесей, содержащих обработанную и необработанную вату, проводят реакцию Фелинга (добавляют по 1 мл раствора Фелинга и после перемешивания нагревают до кипения), а с другой частью этих смесей – реакцию Барфедда (добавляют по 1 мл раствора Барфедда и после перемешивания нагревают до кипения).

В пробирках, где находилась необработанная серной кислотой вата, наблюдается *отсутствие осадка красного* цвета (отрицательные реакции Фелинга и Барфедда).

В пробирках, содержащих предварительно обработанную вату, возникает *красный осадок* гемиоксида меди (положительные реакции Фелинга и Барфедда), что свидетельствует об образовании глюкозы.

Результаты исследования оформить в таблицу 6. По полученным результатам экспериментов сделать вывод о содержании углеводов в исследуемых объектах.

Таблица 6 – Содержание углеводов в пищевых продуктах

Наименование объекта исследования	Реакция Троммера	Реакция Фелинга	Реакция Барфедда	Реакция Селиванова	Гидролиз
Сахар					
Мёд					
Сок					
Молоко					

Крахмал

Контрольные вопросы

1. Дайте классификацию углеводов.
2. Что такое усваиваемые и неусваиваемые углеводы?
3. Какие функции в организме человека выполняют усваиваемые и неусваиваемые углеводы?
4. Дайте определение понятию «пищевые волокна». Химическая природа пищевых волокон.
5. Приведите примеры пищевого сырья, богатого пищевыми волокнами.
6. Назовите основные источники углеводов в питании человека.
7. Какие превращения претерпевают углеводы при производстве пищевых продуктов? В каких реакциях они участвуют?
8. Какие углеводы способны гидролизироваться?
9. Что такое процесс карамелизации?
10. Назовите условия для осуществления реакции карамелизации.
11. Что представляет собой процесс меланоидинообразования?
12. Какие факторы влияют на образование меланоидиновых продуктов?
13. Приведите примеры использования пектиновых веществ в пищевой промышленности.
14. Каково функциональное значение моно-, олиго- и полисахаридов в пищевых продуктах?
15. В каких пищевых технологиях используют гидролиз полисахаридов?
16. В каких пищевых технологиях используется процесс брожения?
17. Какие методы определения углеводов вы знаете?
18. Назовите качественные реакции гексоз.
19. В чём заключается принцип реакции Троммера?
20. Объясните принцип реакции Селиванова.
21. Назовите продукты полного и неполного гидролиза крахмала.

Занятие 7. «Исследование химического состава молока»

Молоко – биологическая жидкость, вырабатываемая молочной железой самок млекопитающих животных в период лактации. Лактация у коров длится 300 – 305 дней. В состав молока входит около 200 различных веществ, в том числе, вода (87%), белки (3,3%), липиды (3,5%), углеводы (4,7%), минеральные вещества (0,8%), ферменты, гормоны, витамины и др. Их качественный и количественный состав непостоянны, зависят от породы, возраста, периода лактации, качества кормления, состояния здоровья и индивидуальных особенностей животных.

Работа 1.

Обнаружение и выделение молочных белков.

Главные белки молока - казеин (82% от общего количества белков), альбумины (2%) и глобулины (6%). Казеин осаждаем под действием сычужного фермента и при подкислении раствора. ИЭТ казеина 4,7. Казеин используется в пищевой, молочной промышленности и для технических целей. Альбумины и глобулины выпадают в осадок при нагревании молока выше 80°C и высаливаются солями щелочных щелочноземельных металлов. Это свойство используется при определении степени пастеризации молока. Из молочных альбуминов и глобулинов готовят препараты для лечебных и диетических целей. К белкам молока относятся – казеин и белки молочной сыворотки (α -лактоальбумин, β -лактоглобулин, лактоферрин, иммунные белки). Основным белком является казеин. На его долю приходится 82% от общего количества молочных белков.

Относится к сложным белкам из группы фосфопротеинов. Полноценный, легкоусвояемый организмом человека, белок. Состоит из фракций, отличающихся аминокислотным составом и физико-химическими свойствами. Их соотношение определяется индивидуальными особенностями животного. Находится в молоке в виде казеинаткальцийфосфатного комплекса, при разрушении которого осаждаются в виде белого, нерастворимого в воде осадка. Осаждение казеина возможно под действием кислот, сычужного фермента и высаливанием. Используется в пищевой, молочной промышленности и для технических целей. Сывороточные белки кислотами не осаждаются, но выпадают в осадок при нагревании молока выше 80°C и под действием солей щелочных и щелочноземельных металлов. Из сывороточных белков готовят препараты для лечебных и диетических целей.

Методика:

1. В химическую колбу отмерить 10 мл молока и 50 мл дистиллированной воды. К содержимому колбы при перемешивании добавить по каплям 5% раствор уксусной кислоты до выпадения хлопьев казеина.
2. Полученный раствор нагреть на кипящей водяной бане в течение 5 минут, а затем профильтровать в чистую колбу.
3. Часть оставшегося на фильтре осадка перенести в пробирку, добавить 5 мл 10% раствора NaOH и перемешать стеклянной палочкой для растворения казеина. К раствору добавить 5 капель 1% раствора CuSO₄ и перемешать. По характерной для биуретовой реакции окраске убедиться в белковой природе казеина.
4. Для обнаружения белков после удаления казеина провести биуретовую реакцию с молочной сывороткой. Для этого в пробирку отмерить 2 мл сыворотки, добавить 10 капель 10% раствора NaOH, 2 капли 1 % раствора CuSO₄ и перемешать. Убедиться в наличии белка в молочной сыворотке после удаления казеина.
5. Для осаждения сывороточных белков вскипятить в пробирке 5 мл фильтрата. В их присутствии происходит помутнение раствора и выпадение хлопьев осадка белков (альбуминов и глобулинов).

Выводы:

Работа 2.

Обнаружение молочного сахара.

Молочный сахар – лактоза – восстанавливающий дисахарид, состоящий из остатков глюкозы и галактозы. Его содержание в коровьем молоке - 4,7%. Лактоза обеспечивает сладковатый вкус молока и влияет на его физико-химические свойства. Усваивается организмом в виде моносахаридов после гидролиза лактазой в кишечнике. Активность и концентрация этого фермента в кишечнике зависят от возраста и индивидуальных особенностей человека. При отсутствии лактазы возникает непереносимость молока вследствие аллергической реакции на лактозу. Молочный сахар медленно всасывается из кишечника, превращаясь в молочную кислоту, подавляет развитие в нем гнилостной микрофлоры. Она применяется в пищевой промышленности, а также при производстве антибиотиков. Способность лактозы восстанавливать реактив Фелинга используется для ее обнаружения в молоке. При кипячении раствора, содержащего лактозу, с реактивом Фелинга образуется красный осадок оксида меди (I).

Методика:

В пробирку отмерить 5 мл молочной сыворотки, полученной в предыдущей работе, добавить 1 мл реактива Фелинга и кипятить на спиртовке 1-2 минуты. Окрашивание раствора в оранжевый цвет и выпадение окрашенного осадка указывают на наличие лактозы в молочной сыворотке.

Вывод:

Работа 3. Обнаружение минеральных веществ.

На долю минеральных веществ в молоке приходится в среднем 0,7%. В нем содержится более 50 макро- и микроэлементов: Ca, P, Mg, Na, K, Cu, Fe, Co, S, Cl и другие. Минеральные вещества находятся в молоке в легко доступной для организма человека форме и сбалансированном соотношении, формируют вкус молока и определяют его физико-химические свойства. Молоко является хорошим источником кальция и фосфора, необходимых для минерализации скелета и зубов, но содержит мало железа и йода. Концентрация солей в молоке непостоянна и зависит от рациона кормления, окружающей среды (состава почв, воды), сезона, породы и физиологического состояния животного.

Методика:

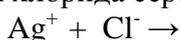
1. В чистую пробирку отмерить 3 мл молочной сыворотки, добавить 5-7 капель раствора оксалата аммония и перемешать. При обнаружении солей кальция выпадает белый кристаллический осадок оксалата кальция:



2. В пробирку отмерить 3 мл молочной сыворотки, добавить 1 мл молибдата аммония и кипятить 1-2 минуты. При обнаружении фосфатов раствор окрашивается в желтый цвет и выпадает желтый кристаллический осадок фосфомолибдата аммония:



3. В пробирку отмерить 3 мл молочной сыворотки и добавить 5 капель раствора нитрата серебра. При обнаружении ионов хлора образуется белый аморфный осадок хлорида серебра.



4. В пробирку налить 3 мл молочной сыворотки и добавить 5 капель раствора роданида аммония. При обнаружении ионов железа раствор окрашивается в кроваво-красный цвет.



Вывод:

Работа 4. Обнаружение молочного жира.

Содержание липидов в коровьем молоке составляет в среднем 3,5% (2,8-5%). Их главный компонент – триглицериды (сложные эфиры глицерина, предельных и непредельных жирных кислот), смесь которых и составляет жир. Он находится в молоке в виде мелких жировых шариков, покрытых липопротеиновой оболочкой. В состав оболочек жировых шариков входят холестерин, фосфатиды, гликолипиды. Часть сложных липидов связано с белками молочной сыворотки. Для обнаружения жира в молоке используют акролеиновую пробу, которую дает составной компонент жиров – глицерин. При нагревании жир гидролизуеться и окисляется. Одним из продуктов окисления глицерина является непредельный альдегид акролеин.

Методика:

1. В пробирку налить 5 мл цельного молока, добавить 0,5 мл концентрированной серной кислоты, закрыть резиновой пробкой и осторожно перемешать.

2. Добавить в пробирку 2 мл серного эфира, закрыть пробкой, осторожно перемешать и оставить пробирку на 5 минут для расслоения жидкостей.

3. В чистую пробирку перенести 1-2 мл верхнего (жиро-эфирного) слоя жидкости и поставить ее в кипящую водяную баню для удаления эфира.

4. К содержимому пробирки добавить несколько кристаллов гидросульфата натрия и осторожно нагреть на спиртовке. Образующийся акролеин выделяется в виде белых паров с острым, неприятным запахом.

Вывод:

Вопросы для контроля:

1. Каков качественный и количественный состав коровьего молока?
2. Как можно разделить молочные белки?
3. На чем основана качественная реакция на лактозу?
4. Какими минеральными веществами богато молоко?
5. Какие липиды присутствуют в молоке?

Занятие 8. Количественное определение общего белка и казеина в молоке.

Работа 1. Определение содержания белков в молоке.

Методика: В колбу для титрования отмерить 10 мл молока, добавить 20 мл дистиллированной воды, 10 капель фенолфталеина и перемешать. Бюретку заполнить 0,1 н. раствором NaOH и оттитровать содержимое колбы до устойчивого слабо-розового окрашивания. Записать объем щелочи, затраченный на титрование.

К раствору в колбе добавить 2 мл нейтрализованного формалина и перемешать. Розовое окрашивание исчезает.

Продолжить титрование до устойчивого слабо-розового окрашивания. Сделать отсчет по бюретке и определить объем 0,1 н. раствора щелочи, затраченной на титрование после добавления формалина.

Рассчитать количество белков в молоке по представленным формулам:

$$\text{Общий белок} = 1,94 * A, (\%)$$

$$\text{Казеин} = 1,51 * A, (\%)$$

A – миллилитров 0,1 н. раствора NaOH, затраченного на титрование после добавления формалина.

Содержание белка в молоке коров составляет в среднем 3,3%, в том числе казеина 2,7%.

Работа 2. Определение кислотности молока.

Кислотность молока обусловлена присутствием в нем солей, органических кислот, свободных жирных кислот, аминокислот. Измеряется в единицах pH или градусах Тернера (°Т). Для свежесвыдоенного молока pH=6,6-6,7 или 16-18 °Т. 1 °Т соответствует объему 0,1 н. раствора щелочи, который необходим для нейтрализации 100 мл молока или 100 г молочного продукта. При хранении молока его кислотность в единицах pH понижается, а в °Т повышается. Молоко с кислотностью 19-20 °Т относят ко второму сорту, а с кислотностью выше 20 °Т к не сортовому.

Методика:

В колбу для титрования отмерить 10 мл молока, добавить 20 мл дистиллированной воды, 10 капель фенолфталеина и перемешать. Бюретку заполнить 0,1 н. раствором NaOH и оттитровать содержимое колбы до устойчивого слабо-розового окрашивания. Затраченный на титрование объем щелочи умножить на 10 для пересчета кислотности молока в градусы Тернера.

Вывод:

Вопросы для контроля:

1. Каков белковый состав молока?
2. От чего зависит содержание белков в молоке?
3. На чем основано количественное определение содержания белков в молоке?
4. Как влияет фальсификация молока на его физико-химические и органолептические характеристики?
5. Какие факторы влияют на свойства молока?

6. Каков качественный и количественный состав молока?
7. Как можно разделить молочные белки?
8. Растворим ли казеин в воде?

Занятие №9

Обнаружение посторонних веществ в молоке.

К посторонним веществам молока относятся антибиотики, пестициды, нитраты, бактериальные яды, радиоизотопы, соли тяжелых металлов, моющие средства и другие. Эти вещества попадают в молоко при нарушении технологии его получения и хранения, а так же при заболеваниях животных. Многие из них токсичны для организма человека и животных, некоторые способны нарушать ход технологических процессов при переработке молока, снижая качество и пищевую ценность молочных продуктов, поэтому, в лабораториях постоянно осуществляют контроль уровня загрязненности молока в соответствии с принятыми стандартами.

Работа 1. Обнаружение примеси крови и гноя.

Методика:

В пробирку налить 1 мл спиртового раствора бензидина, добавить 1 мл 3% раствора перекиси водорода, 2 капли ледяной уксусной кислоты и 3 мл молока. Перемешать и оставить в штативе на 15 минут. При наличии в молоке крови или гноя содержимое пробирки окрасится в темно-синий цвет.

Вывод:

Работа 2. Обнаружение кетоновых тел.

Методика:

В пробирку налить 5 мл молока, добавить на кончике шпателя сульфат аммония, 5 капель 5% раствора нитропруссиды натрия, 1 мл концентрированного раствора гидроксида аммония, перемешать и оставить пробирку в штативе на 5-10 минут. При наличии кетоновых тел (ацетон, ацетоуксусная и β -оксимасляная кислоты) содержимое пробирки окрашивается в розовый цвет.

Вывод:

Работа 3. Обнаружение аммиака.

Методика:

В пробирку отмерить 5 мл молока, выдержать на водяной бане при температуре около $+40^{\circ}\text{C}$ и осадить казеин добавляя по каплям 5% раствор уксусной кислоты. В чистую пробирку профильтровать 1-2 мл молочной сыворотки, добавить 5 капель реактива Несслера и перемешать.

При наличии аммиака выше допустимой нормы через 1 минуту раствор окрасится в оранжевый цвет. Если содержание аммиака в молоке в пределах допустимой нормы, то раствор имеет лимонно-желтый цвет.

Вывод:

Работа 4. Обнаружение молочной кислоты.

Методика:

В пробирку налить 5 мл молока, добавить 1 мл реактива Уфельмана и перемешать. Появление желто-зеленого окрашивания указывает на наличие молочной кислоты.

Вывод:

Работа 5. Обнаружение соды.

Методика:

В пробирку налить 5 мл молока и по стенке пробирки наслоить 0,1 мл раствора бромтимолового синего. Через 10 минут оценить результат не встряхивая содержимого пробирки. Окрашивание индикатора в зеленый цвет указывает на наличие соды в молоке, желтая окраска индикатора свидетельствует об отсутствии соды.

Вывод:

Вопросы для контроля:

1. Какие посторонние вещества могут содержаться в молоке?
2. О чем свидетельствует наличие аммиака и молочной кислоты в молоке?
3. На что указывает наличие крови и кетоновых тел в молоке?

Занятие №10 Изучение химического состава мяса.

Мясо – скелетная мускулатура животных в состав которой входят мышечная, соединительная, жировая, а иногда костная и хрящевая ткани. На его долю приходится 40% массы тела животного. Наибольшая пищевая ценность принадлежит мышечной ткани. В ней содержится 72-75% воды, 18-21% белков, 2,7% азотистых и безазотистых экстрактивных веществ, 1% минеральных солей, 1-3% углеводов и липидов, а так же ферменты, витамины и некоторые другие вещества. Разделение компонентов мышечной ткани основано на их избирательной растворимости в различных растворителях: воде, водно-солевых растворах, органических растворителях. Экстракты состоят из смеси различных веществ, которые можно разделить на индивидуальные компоненты высаливанием, адсорбцией, диализом, электрофорезом, хроматографией.

Работа 1.

Приготовление вытяжки из мышечной ткани.

Методика:

1. Для приготовления водной вытяжки мышечную ткань очищают от соединительной и жировой ткани, измельчают и извлекают водорастворимые белки настаиванием в течение 30 минут в воде (на 1 часть мышечной ткани необходимо 3 части воды). Вытяжка содержит водорастворимые белки: миоген, миоальбумин, миоглрбин.
2. Для приготовления солевой вытяжки мышечную ткань измельчают и обрабатывают в течение 30 минут 10% раствором хлорида аммония в соотношении 1:3. Солевая вытяжка содержит водо- и солерастворимые белки: миоген, миоальбумин, актомиозин, глобулин X, миоглобин.

Работа 2.Разделение белков мышечной ткани.

Методика:

1. При разбавлении солевой вытяжки водой в осадок выпадают белки не растворимые в воде – актомиозин и глобулин X. Для этого в пробирку налить 10 мл дистиллированной воды и в нее добавлять по каплям солевую вытяжку, наблюдая образование осадка белков при смешивании вытяжки с водой.
2. В пробирку налить 5 мл солевой вытяжки и добавить при встряхивании кристаллический хлорид натрия до насыщения. В осадок выпадают актомиозин, глобулин X и миоген.
3. В пробирку налить 10 мл солевой вытяжки, добавить 5 мл насыщенного раствора сульфата аммония и перемешать. Отфильтровать осадок актомиозина и к фильтрату добавить 3 мл насыщенного раствора сульфата аммония. При увеличении концентрации соли в осадок выпадают миоген и глобулин X.

Вывод:

Работа 3.Обнаружение ферментов в мышечной ткани.

Методика:

Мышечная ткань богата ферментами. В ней обнаружены катепсины, ускоряющие гидролиз белков, липаза, ферменты гликолиза, клеточного дыхания, реакций синтеза и многие другие. Некоторые ферменты одновременно являются и пластическим материалом (миозин). На действии ферментов основаны процессы созревания и порчи мяса.

В 2 пробирки налить по 1 мл буферного раствора с $pH=7,4$, добавить по 0,5 мл янтарной кислоты, по 0,5 мл раствора 2,6-дихлорфенолаиндофенола. В первую пробирку внести кусочек сырого мяса, во вторую вареного. Поставить пробирки в водяную баню при температуре $37-40^{\circ}C$. Обесцвечивание красителя указывает на протекание ферментативной реакции.

Вывод:

Работа 4.Обнаружение экстрактивных веществ в мышцах.

Методика:

В пробирку налить 10 мл водной вытяжки из мяса, добавить 5 мл 10% раствора соляной кислоты и нагревать на кипящей водяной бане в течение часа. В пробирку отфильтровать 5 мл жидкости, нейтрализовать ее 1н. раствором гидроксида натрия по универсальной индикаторной бумаге, добавить 1 мл раствора пикриновой кислоты и еще 2 мл раствора гидроксида натрия. Оставить пробирку в штативе на 5-10 минут. Появление оранжево-красной окраски указывает на наличие креатинина.

Вывод:

Работа 5.Обнаружение молочной кислоты.

Методика:

В пробирку налить 5 мл водной вытяжки из мяса и нагревать содержимое в кипящей водяной бане 10 минут. Профильтровать мясной экстракт в пробирку с 1 мл реактива Уфельмана.

Появление в пробирке желто-зеленого окрашивания указывает на наличие молочной кислоты.

Вывод:

Работа 6.Обнаружение железа.

Методика:

В пробирку налить 2 мл раствора золы, полученной после сжигания мышечной ткани, добавить 3-4 капли раствора роданида калия. Появление красной окраски указывает на наличие железа в растворе.

Вывод:

Работа 7.Обнаружение фосфатов.

Методика:

В пробирку налить 2 мл раствора золы, добавить 3 мл раствора молибдата аммония и нагреть до кипения. В присутствии фосфатов раствор окрашивается в желтый цвет.

Вывод:

Вопросы для контроля:

1. Каков химический состав мяса?
2. Как можно разделить мышечные белки?
3. Какие ферменты содержатся в мясе и какое значение они имеют?
4. Какие вещества называются экстрактивными?
5. Какое значение имеет запас гликогена в мышцах?

Занятие №11

Определение свежести мяса.

По наличию продуктов порчи в мясе судят о его свежести и пригодности для пищевых целей и промышленной переработки. При гнилостной порче мяса в нем образуются и накапливаются токсичные для организма человека вещества. К ним относятся аммиак, сероводород, летучие жирные кислоты, скатол, индол, различные фенолы, амины, альдегиды, кетоны. Химическими методами их можно обнаружить значительно раньше, чем органолептические изменения.

Работа 1. Проба с сульфатом меди.

Методика:

В колбу налить 15 мл водной вытяжки из мяса и поставить ее в кипящую водяную баню на 10 мин. В чистую пробирку профильтровать 2 мл бульона, добавить 5 капель 5% раствора CuSO_4 перемешать и оставить на 5 минут. В бульоне из несвежего мяса происходит выпадение хлопьев или образование желеобразного сгустка сине-голубого или зеленого цвета.

Вывод:

Работа 2. Проба с бензидином.

Методика:

В пробирку налить 2 мл водной вытяжки из мяса, добавить 10 капель 0,2% спиртового раствора бензидина и перемешать. Вытяжка из свежего мяса дает синюю окраску в течение 1 минуты, а затем переходит в коричневую. Вытяжка из мяса подозрительной свежести дает менее интенсивную синюю окраску и значительно позже (через 2-3 минуты) переходит в коричневую. Вытяжка из испорченного мяса не дает синей окраски, а сразу дает коричневое окрашивание.

Вывод:

Работа 3. Обнаружение сероводорода.

Методика:

В небольшой химический стакан поместить кусочек мяса, накрыть его листом фильтровальной бумаги, нижняя сторона которого смочена щелочным раствором ацетата свинца и оставить его на 15-20 минут. При наличии в мясе сероводорода нижняя сторона бумаги окрашивается в черный цвет.

Вывод:

Работа 4. Обнаружение аммиака.

Методика:

В пробирку налить 2 мл водной вытяжки из мяса и добавить к ней 10 капель реактива Несслера. После добавления каждой капли пробирку следует взбалтывать и наблюдать за изменением цвета и прозрачности раствора.

Вытяжка из свежего мяса после добавления 10 капель реактива Несслера не изменяется или наблюдается слабое пожелтение, но раствор остается прозрачным. Слабое помутнение и пожелтение вытяжки после добавления 6 и более капель реактива с появлением хлопьев и осадка – показатель подозрительной свежести мяса. Помутнение и пожелтение вытяжки после добавления первых капель реактива Несслера с образованием значительного количества красноватого осадка после добавления 10 капель реактива – показатель испорченности мяса.

Вывод:

Вопросы для контроля:

1. Какие вещества обнаруживаются в мясе при его порче?
2. Что является источником аммиака и сероводорода в несвежем мясе?

3. Какие процессы происходят в мышцах после убоя?

Занятие №12

Изменения мяса и мясопродуктов при различных видах обработки.

Работа 1. Определение влагопоглощительной способности мяса (ВПС)

Методика. 10г мяса (одним ровным кусочком) заливается дистиллированной водой при 20°C в соотношении 1:10, настаивается в течение 30 мин. По истечении времени кусочек мяса извлекается из воды на фильтровальную бумагу, слегка подсушивается и взвешивается. ВПС или количество поглощенной воды рассчитывается по формуле:

$$X = (m_1 - m_2)100 / m_1$$

где X – количество поглощенной воды, %; m₁ – масса навески до экстрагирования, г, m₂ – масса навески после экстрагирования, г.

Работа 2. Определение влагоудерживающей способности мяса (ВУС)

Методика. Навеску мяса в 5 г растирают в ступке до однородной массы, затем равномерно наносят стеклянной палочкой на внутреннюю поверхность широкой части молочного жиромера. Жиромер закрыть плотно пробкой и поместить в кипящую водяную баню узкой частью вниз на 15 мин.

Массу выделившейся влаги определяют расчетным путем по числу делений на шкале жиромера.

$$ВУС = В - ВВС$$

ВВС – влаговыделяющая способность, % = $am^{-1} \times 100$, где

В – общая массовая доля влаги в навеске, %; а – цена деления жиромера; а=0,01см³;

п – число делений; m – масса навески, г.

Работа 3. Изменение мяса при термической обработке мяса.

Варка мяса заключается в нагревании в воде или в атмосфере насыщенного пара. При варке под действием высокой температуры происходит денатурация белка. Внутриклеточные белки мышечной ткани (актомиозин, миоген, миоглобин, миоальбумин, глобулин X) коагулируют и становятся нерастворимыми. При этом вес мяса уменьшается на 20-40 %, в основном за счет выделения воды, связанной белками.

Занятие №13

Пищевые добавки и биологически активные вещества.

Определение пищевых консервантов

Цель: ознакомиться с методиками качественного и количественного анализа содержания сорбиновой и бензойной кислот в пищевых продуктах.

В пищевой промышленности широко используются *пищевые добавки*. Это природные или синтезированные вещества, преднамеренно вводимые в пищевые продукты для придания им определенных свойств. Среди специально добавляемых веществ, для консервирования особое значение имеют химические соединения, получившие название *консервантов*. Они предотвращают микробную порчу продуктов. Механизм действия консервантов на возбудителей многообразен, можно выделить из них:

– консерванты, угнетающие определенную фазу прорастания спор микроорганизмов;

– консерванты, снижающие активность воды в субстрате, угнетая тем самым рост и развитие микроорганизмов.

Количество консервирующих веществ регламентируется стандартами, так как их поведение в организме неоднозначно. Их использование разрешается только тогда, когда они технологически необходимы и не представляют риска для здоровья и используются в интересах потребителя. Существует несколько вариантов участия их в обмене веществ:

1) нерастворимые вещества, которые, как правило, проходят неизменными через кишечник;

2) вещества, которые всасываются из желудочно-кишечного тракта, но химическому превращению не подвергаются. Они не дают токсичных метаболитов и выводятся из организма через почки;

3) вещества, всасывающиеся из желудочно-кишечного тракта, но после биохимического разложения выводятся из организма. На первом этапе они окисляются, на втором – приобретают гидрофильность (связываясь с глюкуроновой, серной, фосфорной кислотами или иным путем), то есть способность к выведению из организма. Для данных веществ, метаболизирующих таким образом, характерны достаточно быстрые биохимические превращения и отсутствие накопления метаболитов в организме. Например, бензойная кислота, которая в организме человека образует с глицином гиппуровую кислоту и выводится через почки.

Бензойная кислота (C_6H_5COOH) и ее натриевая соль (C_6H_5COONa) используются в концентрациях до 0,1% для консервирования различных пищевых продуктов. Несмотря на низкий консервирующий эффект, бензоат натрия применяют чаще, чем кислоту из-за лучшей растворимости его в воде. Эффективность консерванта повышается в кислой среде (рН менее 5). Активность против дрожжей выше, чем против плесеней. Бензойная кислота влияет на ферментативную систему микроорганизмов, а также действует на клеточные мембраны. Бензойная кислота хороший консервант для кислой фруктово-овощной продукции. Бензойная кислота и ее соли применяются для консервирования плодово-ягодных пюре, соков, используемых в кондитерском производстве, плодово-ягодного повидла, фруктовых соков, икры рыбной, рыбных пресервов в количестве не более 1000 мг/кг, а также мармелада, пастилы, меланжа, предназначенного для производства печенья в количестве не более 700 мг/кг.

4) соединения, которые всасываются и метаболизируются подобно веществам третьей группы, но их выведение или выведение их метаболитов происходит медленно. Например, борная и салициловая кислоты;

5) соединения, которые после всасывания используются организмом так же, как обычные питательные вещества. Они подвергаются биохимическому разложению, подобно белкам, жирам, углеводам. Например, пропионовая и сорбиновая кислоты. Сорбиновая кислота применяется с целью консервирования и предотвращения плесневения безалкогольных напитков, плодово-ягодных соков, хлебобулочных кондитерских изделий (мармелад, джем, варенье, кремы), а также зернистой икры и предотвращения плесневения сыров, полукопченых колбас и при производстве сгущенного молока для предотвращения его потемнения (эта кислота полностью тормозит развитие шоколадно-коричневой плесени в сгущенном молоке). Сорбиновая кислота применяется также для обработки упаковочных материалов для пищевых продуктов. Сорбиновая кислота не обладает какими-либо вредными свойствами, она подавляет рост большинства микроорганизмов. Наибольшую антимикробную и антигрибковую активность сорбиновая кислота проявляет в кислой среде. При высоких значениях рН (более 5,5) она действует лучше, чем бензойная, а при рН 5 сорбиновая кислота действует в 2–5 раз сильнее, чем бензойная. По своей структуре сорбиновая кислота является простым соединением, близким к ненасыщенным жирным кислотам. Сорбиновая кислота не образуется в животном организме, но цикл ее превращений в организме полностью соответствует превращениям ненасыщенных жирных кислот, в частности

капроновой. Благодаря этому сорбиновая кислота полностью утилизируется организмом до углекислого газа и воды, и может служить источником энергии. В то же время она не оказывает антиметаболического действия на жизненно важные жирные кислоты в организме. Сорбиновая кислота обладает благоприятным биологическим действием на организм, так как она способна повышать иммунологическую реактивность и детоксикационную способность организма.

Работа 1. Количественное определение бензойной кислоты

Сущность метода определения бензойной кислоты и бензоата натрия сводится к приготовлению водной вытяжки из исследуемого продукта, осаждению из нее белковых веществ, экстракции бензойной кислоты из водной вытяжки хлороформом с поледующим титрованием.

Методика. Для проведения анализа готовят водную вытяжку в мерной колбе на 250 мл из навески продукта массой 20-50 грамм (если продукт твердый, его предварительно измельчают. Добавляют 10 % раствор NaOH до щелочной реакции (проверяют лакмусовой бумагой). Для осаждения белковых веществ прибавляют 5-10 мл $K_4[Fe(CN)_6]$ и 5-10 мл ZnSO. Содержимое колбы доводят до метки дистиллированной водой, энергично перемешивают и через 5 минут фильтруют. Затем 100 мл фильтрата помещают в делительную воронку, нейтрализуют 10% раствором HCl до нейтральной реакции, после чего добавляют еще 5 мл HCl. Бензойную кислоту экстрагируют 4 раза хлороформом по 40-50 мл; продолжительность экстракции 15-20 минут. Взбалтывание проводят круговыми вращательными движениями через каждые 5 минут. После каждой экстракции хлороформенные вытяжки собирают в одну колбу и затем отгоняют $\frac{3}{4}$ объема хлороформа на водяной бане при температуре $65^\circ C$. После чего остаток вытяжки переносят в фарфоровую чашку и выпаривают при температуре $40-50^\circ C$. При попадании в вытяжку водного слоя, необходимо хлороформенный слой промыть дистиллированной водой 2 раза по 5 мл. Остаток бензойной кислоты в чашке растворяют в 30-50 мл спирта (нейтрализованного по фенолфталеину), прибавляют 10 мл дистиллированной воды и 2-3 капли фенолфталеина, титруют 0,5 моль/дм³ раствором NaOH. 1 мл раствора NaOH соответствует 0,0061 г бензойной кислоты или 0,0071 г бензоата натрия.

Массовая доля бензойной X (в %):

$$X = 100 \times V_x C_x V_x V_1 / 1000 \times V_2 m,$$

где V – объем NaOH, израсходованный на титрование, мл;

C – молярная концентрация раствора NaOH, моль/дм³;

M – молекулярная масса бензойной кислоты, г/моль;

V₁ – общий объем приготовленного раствора, мл;

V₂ – объем фильтрата, взятый для экстракции хлороформом, мл;

m – масса навески продукта, г.

Контрольные вопросы.

1. Сущность метода определения бензойной и сорбиновой кислот.
2. Растворы, используемые для осаждения белковых веществ.
3. Чем экстрагируют бензойную кислоту из водной вытяжки?
4. Для чего используется раствор HCl?
5. В чем растворяют остаток бензойной кислоты?
6. Понятие «пищевые добавки».
7. Классификация пищевых добавок.
8. Чем отличаются биологически активные добавки от пищевых добавок?
9. Классификация биологически активных добавок.
10. Принцип действия консервантов.
11. Цель введения консервантов в пищевые продукты.
12. Различия красителей и цветокорректоров.
13. Положительные и отрицательные стороны использования пищевых добавок.
14. Опасность отдаленных последствий при использовании пищевой добавки.

15. Сахарозаменители. Требования, предъявляемые к ним.
16. Приведите примеры природных антиокислителей.
17. Приведите примеры пищевых добавок, ускоряющих технологические процессы.
18. Пищевые добавки, запрещенные в России.
19. Главное свойство пищевых добавок.
20. Роль БАД в питании.

Занятие № 14

Липиды: физико-химические свойства

Кислотный метод Гербера широко используется для определения жира в молочных продуктах. Он основан на выделении жира из продуктов под действием концентрированной серной кислоты и изоамилового спирта в виде сплошного слоя и измерения его объёма в градуированной части жироскопа после центрифугирования.

Содержание жира в продуктах можно также найти расчётным способом по разности между сухим веществом продукта и сухим обезжиренным остатком. Содержание влаги (сухих веществ) определяют методом высушивания до постоянной массы в сушильном шкафу (арбитражный метод) или на электрической плитке (ускоренный метод).

В последние годы разработаны *полуавтоматические и автоматические жироскопы*. Их действие основано на измерении степени рассеяния света жировыми шариками или интенсивности их флюоресценции (турбидиметрические приборы и приборы люминесцентного анализа), а также на измерении скорости распространения в продукте ультразвука, степени поглощения компонентами пищи инфракрасного излучения (ультразвуковые и ИК-анализаторы и др.).

Физико-химические свойства жиров определяются свойствами входящих в их состав жирных кислот. Для их характеристики служат так называемые числа: число омыления, йодное число, число Рейхерта - Мейссля, число Поленске, кислотное число и т. д.

Основные физические и химические числа жиров животного и растительного происхождения приведены в таблице 7.

Температурой плавления жира считают температуру, при которой он переходит в жидкое состояние и становится совершенно прозрачным.

Температура отвердевания – температура, при которой жир приобретает твёрдую консистенцию.

Число рефракции характеризует способность жира преломлять луч света, проходящий через него. Чем больше в жире ненасыщенных и высокомолекулярных жирных кислот, тем выше коэффициент преломления или число рефракции.

Число омыления определяется количеством миллиграммов едкого калия (натра), которое необходимо для омыления 1 г жира (то есть для нейтрализации всех как свободных, так и входящих в состав триацилглицеролов жирных кислот). Оно характеризует молекулярный состав жирных кислот жира – чем больше в нём содержится низкомолекулярных кислот, тем оно выше.

Йодное число показывает содержание в жире ненасыщенных жирных кислот. Оно выражается в граммах йода, которые связываются ста граммами жира.

Число Рейхерта-Мейссля характеризует содержание в жире летучих, растворимых в воде жирных кислот (масляной и капроновой). Высокое число Рейхерта-Мейссля в отличие от других жиров имеет молочный жир, поэтому по этой константе можно судить о его фальсификации.

Таблица 7 – Основные физико-химические показатели различных жиров

Жиры и масла	Температура, °С	Показатель преломления	Йодное число	Число омыления	Число Рейхерта–Мейссля
плавления	застывания				

Молочный жир	27–34	18–23	1,4530– 1,4560	28–45	220–234	20–32
Животные жиры:						
говяжий	42–52	30–38	1,4545– 1,4587	32–47	190–200	0,25– 0,5
свиной	36–42	26–32	1,4580– 1,4610	46–66	193–203	0,3– 0,9
бараний	44–55	32–45	1,45–1,452	31–46	192–198	0,1– 0,2
Растительные масла:						
подсолнечное	–	16–19	1,44–1,48	119–145	186–194	0,9
хлопковое	–	0–6	1,476– 1,478	110–116	189–199	0,2– 1,0
кукурузное	–	10–20	1,471– 1,474	111–133	187–190	0–2,5

Число Поленске показывает количество в жире летучих нерастворимых в воде жирных кислот (каприловой, каприновой и частично лауриновой).

Кислотное число – количество миллиграммов гидроокиси калия, требуемое для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира или масла. Кислотное число в свежих жирах не превышает 1,0. Его увеличение свидетельствует о гидролитическом распаде триглицеридов и указывает на изменение вкуса, вызванного образованием низкомолекулярных жирных кислот.

Работа 1. Определение основных свойств и констант жиров

Цель работы: изучение классификации, строения и свойств жиров растительного и животного сырья и продуктов. Освоение методов определения констант (чисел).

Объекты исследования: сливочное масло, подсолнечное масло, кедровое масло и др.

Задание для выполнения: оценить способность липидов растворяться в различных растворителях, образовывать эмульсии. Провести щелочной гидролиз липидов (омыление жира), провести реакции образования свободных жирных кислот и нерастворимых кальциевых мыл. Определить число омыления, кислотное число, эфирное число, йодное число. Охарактеризовать состав и качество жиров и масел с помощью аналитических чисел.

Работа.2. Растворимость липидов и образование эмульсии

Принцип метода: характерным свойством жиров является их хорошая растворимость во многих органических растворителях (ацетон, хлороформ, диэтиловый эфир и др.) и нерастворимость в воде. При смешивании жиров с водой образуются эмульсии, стойкость которых зависит от среды, в которой она образуется. Наличие в воде веществ-эмульгаторов (мыла, желчных кислот, карбонаты) делает эмульсии более стойкими. Образование эмульсии обусловлено тем, что в поверхностный слой, окружающий жировые капельки, устремляются поверхностно-активные частицы желчных кислот, мыла, карбоната, которые обволакивают капельки жира и препятствуют их слиянию.

Материалы и реактивы: растительное масло, спирт, бензол, хлороформ, 1%-ный раствор Na_2CO_3 .

Оборудование: штатив с пробирками, капельницы, пипетки.

Порядок выполнения работы: в четыре пробирки помещают по 0,2...0,3 см³ растительного масла, затем в первую добавляют 5 см³ воды, во вторую 5 см³ спирта, в третью 5 см³ бензола, в четвертую 5 см³ хлороформа. Содержимое всех пробирок

энергично встряхивают. В первой пробирке масло и вода быстро разделяются на два слоя, во второй образуется мутный раствор вследствие недостаточной растворимости масла в спирте, в третьей и четвертой образуются прозрачные растворы. В две пробирки вносят по несколько капель масла. В одну из них добавляют 2 см³ воды, в другую – 2 см³ раствора Na₂CO₃. Содержимое пробирок интенсивно встряхивают и наблюдают образование эмульсии. Отмечают различия в стойкости эмульсии в двух пробирках.

Работа 3. Омыление жира

Принцип метода: жиры под влиянием щелочей гидролизуются с образованием мыла и глицерола.

Материалы и реактивы: 50%-ный спиртовой раствор гидроксида калия (KOH) или натрия (NaOH).

Оборудование: колба ёмкостью 50 см³, пипетки, газовая горелка.

Порядок выполнения работы: в колбу с 1 см³ растительного масла добавляют 20 см³ спиртового раствора KOH (или NaOH), содержимое перемешивают и кипятят в течение 60 мин. После омыления раствор разводят до объёма 20 см³ дистиллированной воды и таким образом получают раствор калиевого мыла (калиевых солей жирных кислот).

Образование свободных жирных кислот

Принцип метода: при добавлении к мылу концентрированной соляной кислоты (HCl) образуются свободные жирные кислоты.

Материалы и реактивы: раствор калиевого мыла (используют полученный ранее при омылении жира), концентрированная HCl.

Оборудование: пробирки, пипетки.

Порядок выполнения работы: в пробирку с 2 см³ раствора калиевого мыла добавляют 0,5 см³ концентрированной соляной кислоты (HCl). Образующиеся жирные кислоты нерастворимы в воде и будут собираться в верхней части содержимого пробирки.

Образование нерастворимых кальциевых мыл

Принцип метода: при добавлении к раствору калиевого мыла раствора солей кальция образуются нерастворимые соли жирных кислот.

Материалы и реактивы: раствор калиевого мыла (используют полученный ранее при омылении жира), 5%-ный раствор CaCl₂.

Оборудование: пробирки, пипетки.

Методика: в пробирку с 2 мл раствора калиевого мыла вносят 1 мл раствора CaCl₂.

Наблюдают образование нерастворимых кальциевых мыл.

Работа 4. Определение числа омыления

Материалы и реактивы: 0,1%-ный раствор фенолфталеина, раствор HCl (0,5 моль/дм³), спиртовой раствор KOH (0,5 моль/дм³). Для приготовления этого реактива растворяют 40 г KOH в 30 мл воды, в зависимости от концентрации спиртового раствора берут соответствующее количество водного раствора KOH и разводят перегнанным в присутствии NaOH (на 100 г спирта 5 г NaOH) спиртом. Спирт с таким соотношением NaOH кипятят с обратным холодильником в течение часа, затем перегоняют. Раствор отстаивают сутки, фильтруют и сохраняют в склянке тёмного стекла, хорошо закупорив (для защиты от углекислоты воздуха).

Оборудование: колбы вместимостью 50мл, обратный холодильник, водяная баня, пипетки, бюретки, капельницы.

Методика: в одну колбу (исследуемая проба) помещают 0,5 г растительного масла, в другую (контрольная проба) – 0,5 мл воды. В обе колбы доливают по 15 мл спиртового раствора KOH и кипятят с обратным холодильником на водяной бане в течение 50 мин до полного омыления глицеридов и нейтрализации свободных жирных кислот. Затем в обе

колбы доливают по 10 капель раствора фенолфталеина и титруют в тёплой воде раствором HCl до исчезновения розовой окраски (до нейтральной реакции).

Количество KOH (мг) или число омыления ($ЧО$), которое пошло на нейтрализацию свободных жирных кислот в 1 г жира, равно:

$$ЧО = \frac{(B - A) \times f \times Q}{a}$$

де $(B - A)$ – разность результатов титрования контрольного и опытного образцов раствором соляной кислоты (0,5 моль/дм³), см³;

f – коэффициент поправки на титр раствора HCl (0,5 моль/дм³);

Q – количество KOH (28,05 мг), эквивалентное 1 см³ раствора KOH (0,5 моль/дм³);

a – навеска исследуемого жира, г.

Работа 5. Определение кислотного числа жира

Кислотностью жира, или кислотным числом, называется число миллиграммов едкого калия, необходимое для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира.

Материалы и реактивы: спирт, нейтрализованный по фенолфталеину, раствор KOH (0,1 моль/дм³), 0,1%-ный раствор фенолфталеина.

Оборудование: колбы ёмкостью 50 см³, пипетки, бюретки.

Методика: к 1 г растительного масла добавляют 5 см³ спирта, нейтрализованного по фенолфталеину, тщательно перемешивают для максимального растворения свободных жирных кислот и титруют раствором KOH до появления не исчезающей после взбалтывания розовой окраски (окраска не должна исчезать в течение 0,5...1 мин).

Количество KOH, мг, или кислотное число ($КЧ$), которое пошло на титрование свободных жирных кислот в 1 г жира, рассчитывают по формуле

$$КЧ = \frac{A \times f \times Q}{a}$$

где A – объём раствора KOH (0,1 моль/дм³), израсходованного на титрование исследуемой пробы;

f – коэффициент поправки на титр раствора KOH (0,1 моль/дм³);

Q – количество KOH (5,61 мг), эквивалентное 1 см³ раствора KOH (0,1 моль/дм³);

a – навеска исследуемого жира, г.

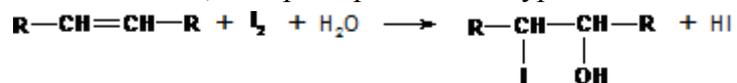
Работа 6. Определение эфирного числа жира

Принцип метода: эфирным числом называется число миллиграммов гидроксида калия, необходимое для нейтрализации всех жирных кислот, образующихся при омылении триацилглицеролов, содержащихся в 1 г жира. Это число определяют как разницу между числом омыления данного жира и его кислотным числом.

Работа 7. Определение йодного числа жира

Принцип метода: йодным числом называется количество граммов йода, которое прореагировало со 100 г жира. Это число указывает на содержание в жире непредельных жирных кислот.

Определение йодного числа основывается на реакции присоединения йода по месту двойной связи, которая протекает по уравнению



Материалы и реактивы: растительное масло, эмерсионное масло, спиртовой раствор йода (0,1 моль/дм³), 1%-ный раствор крахмала, раствор Na₂S₂O₃ (0,5 моль/дм³).

Оборудование: две конические колбы ёмкостью 50 см³, пипетки, бюретки.

Методика: в первую колбу помещают навеску жира от 0,1 до 0,2 г (исследуемая проба), во вторую от 0,1 до 0,2 см³ воды (контрольная проба), прибавляют по 10 см³ спиртового раствора йода и перемешивают. Через 15 мин содержимое колб оттитровывают раствором Na₂S₂O₃ сначала до появления слабо-жёлтого окрашивания, а потом, прибавив 1 см³ раствора крахмала, титруют до исчезновения синего окрашивания.

Йодное число (*ЙЧ*) вычисляют по формуле

$$ЙЧ = \frac{(B - A) \times f \times Q \times 100}{a \times 1000},$$

где (*B – A*) – разность результатов титрования контрольного и опытного образцов в растворе гипосульфита (0,5 моль/дм³), см³;

f – коэффициент поправки на титр раствора Na₂S₂O₃ (0,5 моль/дм³);

Q – количество йода (12,69 мг), эквивалентное 1 см³ раствора Na₂S₂O₃ (0,5 моль/дм³);

a – навеска исследуемого жира, г.

Обсуждение результатов работы

Результаты оценки физико-химических показателей исследованных жиров оформить по типу таблицы 8.

Таблица 8 – физико-химические показатели качества жиров

Наименование объекта исследования	Физико-химические показатели жира			
	число омыления	кислотное число	эфирное число	йодное число

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «липиды» (жиры и масла). На какие группы веществ их можно разделить? Приведите примеры основных групп липидов.
2. Опишите физические свойства и химические превращения ацилглицеринов.
3. Дайте определение реакциям гидролиза, гидрогенизации и переэтерификации масел и жиров. Какова их роль в технологии?
4. Приведите классификацию липидов.
5. Какие функции в организме человека выполняют простые и сложные липиды?
6. Как можно предохранить жир от окислительной порчи?
7. Какие числа жира характеризуют окислительный процесс?
8. Перечислите конечные продукты гидролиза жиров, конечные продукты окисления жиров.
9. Укажите состав природных жиров.
10. Приведите примеры жирных кислот группы ω-3.
11. Приведите примеры основных превращений фосфолипидов. Какова роль фосфолипидов в технологии жиров, питания?
12. Расскажите о методах выделения и анализа жиров.
13. Дайте определение основных констант жиров.

Занятие №15.

«Качественные реакции липидов»

Цель работы: ознакомиться с качественными реакциями липидов.

Работа 1. Акролеиновая проба.

Для обнаружения жиров используют акролеиновую пробу, которая обусловлена присутствием в них глицерина. При нагревании триглицериды жира гидролизуются, «ы делающийся глицерин дегидратируется, образуя ненасыщенный альдегид - акролеин, обнаруживаемый по специфическому, раздражающему запаху. Липиды, не содержащие глицерина, акролеиновой реакции не дают.

Методика: в сухую пробирку поместить 5-7 капель растительного масла, добавить немного сухого си дро сульфата калия и нагревать до появления густых белых паров.

Резкий раздражающий запах говорит об образовании акролеина. Аналогичная реакция с воском не приводит к образованию акролеина, так как молекула воска не содержит остатка глицерина.

Работа 2. Эмульгирование жиров.

Методика: в 4 пробирки внести по 5 капель растительного масла. В первую пробирку добавить 2 мл дистиллированной воды, во вторую - 2 мл 2% раствора Na_2CO_3 , в третью - 2 мл 2% раствора мыла, в четвертую - 2 мл воды и несколько капель желчи. Все пробирки взбалтывают и наблюдают образование в первой пробирке неустойчивой эмульсии масла в воде, быстро расслаивающейся при стоянии, а в остальных - устойчивой эмульсии благодаря действию добавленных эмульгаторов, которые адсорбируются в наружном слое жировых капель и понижают их поверхностное натяжение.

Работа 3. Определение непредельных жирных кислот.

Методика: в пробирку поместить 8-10 капель бромной воды и 2-3 капли растительного масла, перемешать. Происходит обесцвечивание бромной воды за счет¹ присоединения брома по месту разрыва двойных связей.

4. Омыление жира.

Методика: в фарфоровую чашку поместить около 1 мл растительного масла, добавить равный объем 30% раствора NaOH и осторожно нагревать на спиртовке при помешивании до упаривания воды. Получается кусочек белого мыла.

Вопросы:

1. Как классифицируются липиды?
2. Что представляют собой жиры?
3. Напишите реакцию ферментативного гидролиза диолеостеарата глицерина.

Контрольные вопросы.

1. Как можно предохранить жир от окислительной порчи?
2. Какие числа жира характеризуют окислительный процесс?
3. Динамика изменения П.Ч., К.Ч., Й.Ч. в процессе хранения.
4. На какой стадии окисления жира появляются изменения в органолептике?
5. Эссенциальные факторы питания в составе жиров.
6. Приведите схему цепной реакции окисления жира в общем виде.
7. На какой стадии переработки жирсодержащего сырья возможен липолитический процесс?
8. В чем отличие понятий «формальная» кинетика и «химическая» кинетика?
9. Какой показатель характеризует изменение концентраций реагирующих веществ при гидролизе жира?
10. Конечные продукты гидролиза жиров.
11. Состав природных жиров.
12. Роль фосфолипидов в питании.
13. Приведите примеры жирных кислот группы W-3.
14. Конечные продукты окисления жиров.
15. Механизм действия антиокислителей.
16. Чем объясняется наличие индукционного периода при окислении жиров?
17. Чем объясняется обесцвечивание жиров при осаливании?

Занятие №16

Определение клейковины зерна злаковых, изучение ее свойств.

Клейковина - это упругая, вязкая, эластичная масса, которая остается после отмывания теста из муки некоторых сортов (главным образом из пшеницы). Она состоит из белков глиадины и глютенина, которые не растворяются в воде. Клейковина – была открыта в 1745 г итальянским ученым Беккари в пшеничной муке. Клейковинные белки содержатся также в зерне некоторых сортов ячменя, пырея и др. По данным Казакова Е.Д., некоторые сорта пырея содержат более 65% сырой клейковины.

Содержание клейковины в зерне и муке пшеницы является важным показателем качества. Количество клейковины, отмываемой из определенной навески муки, называют выходом клейковины. Различают выход сырой и сухой клейковины. Сырая клейковина содержит 2/3 (66%) воды и 1/3 сухого вещества, которое в основном состоит из белков. Количество сырой клейковины в зерне пшеницы колеблется от 20 до 50% и зависит от сортовых особенностей пшеницы и условий ее выращивания. От количества и реологических свойств клейковины зависит способность пшеничной муки давать при выпечке пышный хлеб с упругим эластичным и пористым мякишем.

Клейковина представляет собой сложный белковый комплекс, состоящий из 2-х фракций - глиадиновой и глутениновой в соотношении 1:1 (белки составляют 80-85%, углеводы 10-15%, липиды 2-8%). Отдельно эти фракции свойствами клейковины не обладают. При этом глиадин легко отделяется от глютенина путем экстракции 60-70%-ным этанолом. Это указывает на то, что две фракции соединены нековалентными связями. Содержащиеся в клейковине крахмал, жиры и сахара прочно связаны с белками.

Клейковина разного качества имеет одинаковый аминокислотный состав и состоит из одних и тех же белковых компонентов. Но прочность их взаимного соединения разная. В крепкой клейковине «плотность упаковки» белковых элементов выше, чем в слабой.

В формировании структуры клейковины и ее свойств важную роль играют дисульфидные ($-S-S-$) и водородные связи. Установлено, что глиадин имеет внутренние $-S-S-$ связи, т.е. состоит из нескольких полипептидных цепей, соединенных дисульфидными связями. Таким образом, клейковина представляет собой единый олигомерный белок, имеющий трехмерную сетчатую структуру.

Прочность и одновременно подвижность структуры молекулы клейковины создают специфические реологические (реология – наука о деформациях и текучести вещества) свойства – упругость, эластичность, растяжимость и др. Это объясняется наличием большого количества нековалентных связей, которые легко разрываются и вновь возникают при различных воздействиях на белок.

Качество клейковины тесно связано с количеством дисульфидных связей, что оценивается соотношением число $-S-S-$ связей к числу SH- групп.

От количества и качества клейковины зависит способность пшеничной муки при замесе теста под действием разрыхлителей (дрожжей) подниматься, образовывать пузырьки, а при выпечке давать пышный, пористый хлеб. Содержание клейковины составляет в зависимости от сорта муки от 20 до 30%.

В зависимости от реологических свойств клейковины сорта пшеницы подразделяются на **твердые** и **мягкие**.

У **твердой** пшеницы клейковина крепкая, при растяжении короткорвущаяся. Тесто получается прочное, с высокой упругостью, малорастяжимое. Такими свойствами должно обладать тесто для изготовления макаронных изделий, манной крупы.

У **мягкой** пшеницы клейковина сочетает упругость с эластичностью и растяжимостью. Тесто имеет хорошую газодерживающую способность и при выпечке дает хлеб пористой структуры. Такие свойства необходимы для производства хлебобулочных изделий.

Группа мягкой пшеницы по свойствам клейковины подразделяется на **сильные, средние и слабые**.

Мука из пшеницы **сильных** сортов дает упругое эластичное тесто, хлеб хорошо сохраняет форму, при выпечке дает пористую структуру мякиша.

Тесто из муки очень сильной клейковины имеет ограниченную способность к растяжению и пониженную газодерживающую способность, поэтому хлеб имеет пониженный объем.

При подмешивании муки из сильной пшеницы к муке с низкими хлебопекарными свойствами, получают муку с хорошими свойствами. Поэтому сорта сильной пшеницы называют сортами – **улучшителями**.

Средняя пшеница сама дает хлеб хорошего качества, но она не сможет эффективно улучшать слабую пшеницу.

Мука из пшеницы **слабых** сортов дает низкий, расплывчатый хлеб с плохой пористостью. Хороший хлеб можно получить, если только добавлять сорта улучшители.

В эндосперме пшеничного зерна клейковина распределяется неравномерно. Больше всего клейковины локализовано в наружном слое эндосперма, меньшего всего – во внутренних слоях. Поэтому мука II сорта будет содержать больше клейковины.

Методика: Для определения количества и качества клейковины из среднего образца исследуемого пшеничной муки (всех сортов) выделяют навеску в 25 г и отвешивают ее на технических весах с точностью до 0,1 г. Навеску помещают в фарфоровую чашку или ступку, куда вливают 14 мл воды (недистиллированной), температура которой должна быть 18 ± 2 °С, и с помощью пестика или шпателя замешивают тесто до тех пор, пока оно не станет однородным. Прилипшие к пестика или ступке частицы теста снимают ножом и присоединяют их к куску теста. По окончании замеса полученное тесто хорошо приминают руками, скатывают в шарик, кладут в чашку, прикрывают стеклом (для предотвращения обветривания) и оставляют его на 20 мин в покое при температуре 18 ± 2 °С для лучшего пропитывания водой.

После этого в тазик или чашку наливают 1-2 л воды температурой 18 ± 2 °С и начинают отмывание крахмала и оболочек, опуская тесто в воду и разминая его пальцами. Отмывание ведут без перерыва таким образом, чтобы вместе с крахмалом не отрывались доли клейковины. Промывочную воду, по мере накопления в ней отмытого крахмала и частиц оболочек, меняют три-четыре раза, причем каждый раз ее процеживают через густое шелковое сито для улавливания случайно отделившихся кусочков клейковины. Последние собирают из сита и присоединяют к общей массе клейковины.

Клейковину отмывают до тех пор, пока промывная вода, стекающая при отжимании, не станет прозрачной. Полноту отмывки контролируют реакцией на крахмал раствором йода в йодистом калии. Отмытую клейковину хорошо отжимают от излишней воды, скатывают в шарик и помещают в бюкс, взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г. После первого взвешивания клейковину вновь промывают в течение 5 минут, затем тщательно отжимают и вновь взвешивают. Отмывку считают законченной, если разница между первым и вторым взвешиванием будет не более 0,1 г.

Содержание сырой клейковины вычисляют, умножая ее массу на 4 (так как была взята навеска 25 грамм). Количество отмытой и отжатой клейковины целесообразно выражать в процентах к массе муки при базисной её влажности (14,5 %).

Для получения сырой клейковины из зерна ржи или ячменя берут 25 г тонко размолотой муки и 12 мл водопроводной воды, подогретой до 50 °С. Замешивают тесто и помещают его в термостат на 2 часа для отлежки при температуре 40 °С.

После выделения сырой клейковины часть ее используют для определения сухой клейковины, а часть – для изучения ее некоторых свойств.

Для определения сухой клейковины сырую клейковину высушивают до постоянной массы при температуре 105 °С в сушильном шкафу.

Методика определения качества клейковины

О качестве клейковины судят по её реологическим свойствам. Существуют субъективные (органолептические) и объективные методы.

При оценке органолептических свойств клейковины различают следующие её качественные группы:

1 *Клейковина очень слабая.* В процессе отмыwania она мажется, прилипает, отсюда её потери; после отмыwania липкая и жидкая по консистенции масса быстро расплывается. Растягивается такая клейковина на большую длину без разрыва, её упругость ничтожно мала. Получается она в основном из муки, смолотой из зерна, поражённого клопом-черепашкой.

2 *Клейковина слабая.* После отмыwania образует связный комок. По консистенции и упругости заметно лучше, чем клейковина очень слабая. Растяжимость и расплываемость после отмыwania высокая. При отлёжке свойства слабой клейковины ухудшаются (она сильно разжижается, быстро расплывается, растяжимость её увеличивается, сопротивление и упругость снижаются).

3 *Клейковина средняя по силе.* Связный комок после отмыwania достаточно упруг, имеет среднюю консистенцию, растяжимость и расплываемость. После отлёжки свойства заметно, но в меньшей мере, чем у слабой клейковины, ухудшаются.

4 *Клейковина сильная.* После отмыwania обладает большой упругостью, незначительной расплываемостью и растяжимостью. После отлёжки эти свойства мало изменяются.

5 *Клейковина очень сильная.* В процессе отмыwania получается в виде губчатого, малосвязного комка. После отлёжки превращается в сплошную однородную массу, крепкую по консистенции, очень упругую, очень мало растяжимую и расплывающуюся. При растяжении оказывает очень большое сопротивление.

Клейковина муки, полученной из зерна, недопустимо перегретого, получается в виде неспособных слипаться и образовывать однородную массу крошек. Эту «крошащуюся» клейковину рассматривают как чрезмерно сильную.

Объективные методы определения качества клейковины, основанные на определении реологических свойств клейковины (растяжимости, расплываемости, упругости и др.).

Количественное определение растяжимости (см) 4 г клейковины осуществляется вручную над масштабной линейкой в течение 10 с. В момент разрыва отмечают длину, на которую она растянулась. По растяжимости различают клейковину 3-х видов: короткую (10 см), среднюю (10-20 см), длинную (свыше 20 см).

Об эластичности судят по растяжимости клейковины, а именно по скорости и восстановлению первоначальной её длины и формы после растяжения на 2 см.

Очень простым методом определения качества клейковины является **расплываемость шарика** из неё массой 10 г за 60 мин. Чем слабее клейковина, тем больше контурный диаметр шарика (D_{60} , мм). Он количественно характеризует клейковину по качеству. Отрицательная сторона этого метода – абсолютные величины слабой и сильной муки меньше, чем та же клейковина при растяжимости. Поэтому диаметр нужно измерять очень точно.

Сила пшеничной муки обуславливает газодерживающую способность теста, наряду с которой определяет объём хлеба, величину и структуру пористости его мякиша. Из муки с достаточной сахаро- и газообразующей способностью объём хлеба возрастает по мере увеличения силы муки. Однако объём хлеба из очень сильной муки в этих условиях обычно меньше, чем из муки сильной и средней по силе. Обусловлено это повышенным сопротивлением теста растяжению и меньшей его способностью растягиваться под давлением увеличивающихся в объёме пузырьков CO_2 , что приводит к снижению газодерживающей способности теста. Для получения из такой муки хлеба максимального объёма реологические свойства теста необходимо ослабить за счёт изменения режима приготовления теста: усилением его механической обработки, некоторым повышением температуры, увеличением количества воды в тесте или добавлением препаратов, форсирующих протеолиз в тесте.

Сила муки определяет формоудерживающую способность теста, а в связи с этим и расплываемость подового хлеба при его выпечке. Сила пшеничной муки является одним из решающих факторов её хлебопекарного достоинства.

Влагоемкость клейковины определяют по разности массы навески сырой клейковины и массы полученной сухой клейковины (на влагомере ВУ и ВУМ, ПИВИ высушиванием навески сырой клейковины массой 4 г при температуре 160 ± 2 °С в течение 8 минут), выраженной в процентах к массе сухой клейковины.

Занятие № 17.

Определение содержания крахмала в зерне. Определение сырой клетчатки.

Определение пищевых волокон

Крахмал, его фракции (амилопектин, декстрины) и модифицированные крахмалы применяются в качестве загустителей, студнеобразователей и желирующих веществ в кондитерской, хлебопекарной промышленности, при производстве мороженого.

Модифицированные крахмалы по строению и свойствам в результате разнообразных воздействий (физического, химического, биологического) отличаются от обычных крахмалов. Модификация позволяет существенно изменить их строение и свойства (гидрофильность, способность к клейстеризации, студнеобразование), а следовательно, и направление использования.

Окисленные крахмалы образуют клейстеры с пониженной вязкостью и повышенной прозрачностью, их используют для стабилизации мороженого, при производстве мармеладов и лукума. Набухающие крахмалы способны набухать и растворяться в холодной воде. Они позволяют быстро готовить желеобразные десерты, кремовые смеси, пудинги, соусы, используются при производстве мясных полуфабрикатов. Крахмалофосфаты образуют клейстеры повышенной прозрачности и вязкости, они устойчивы к нагреванию, воздействию пищевых кислот, перемешиванию. Применяются при производстве майонезов, продуктов детского питания и группы здоровья, соусов, приправ. Клейстеры крахмалофосфатов устойчивы к действию низких температур (замораживание), с их использованием готовят продукты, сохраняемые в замороженном виде (паштеты, замороженные обеды, кремы и т.д.).

Особенно широкое применение модифицированные крахмалы нашли в хлебопечении и кондитерской промышленности, в том числе, для получения безбелковых продуктов питания.

Целлюлоза, простые эфиры целлюлозы. В качестве пищевых добавок широко применяются модифицированная целлюлоза и ее простые эфиры. Целлюлоза (E460) используется в качестве эмульгатора, добавки, препятствующей слеживанию и комкованию пищевых продуктов, в двух модификациях: микрокристаллическая (частично гидролизованная, пластифицированная) целлюлоза и порошкообразная целлюлоза. Из эфиров целлюлозы применяют метилцеллюлозу (E463), гидроксипропил-метилцеллюлозу (E464), метилэтилцеллюлозу (E465) и натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы (E466). Для определения суммарных компонентов (клетчатка, гемицеллюлоза, лигнин) наиболее пригоден метод «сырой» клетчатки по Геннесбергу и Штоману. В состав «сырой» клетчатки входят инкрустирующие вещества (лигнин, кутин, суберин), частично гемицеллюлоза, пентозаны, гексозаны и другие вещества. «Сырую» клетчатку получают в результате последовательной обработки навески кислотой и щелочью в точно определенных условиях, в некоторой степени имитирующих действие среды пищеварительного тракта организма. Под действием кислоты из пробы удаляются простые и сложные сахар, некоторые азотистые соединения. Щелочь омыляет жиры, растворяет белки и часть инкрустирующих веществ.

Работа 1. Определение пищевых волокон. Определение сырой клетчатки.

Цель: ознакомиться с методами определения суммы пищевых волокон.

Под термином «пищевые волокна» понимают химические соединения, входящие в состав пищевых продуктов растительного происхождения, которые не способны расщепляться в пищеварительном тракте человека под действием его тканевых ферментов. По химической природе пищевые волокна представляют собой сложные углеводы: целлюлозу (клетчатку), гемицеллюлозу, пектиновые вещества. К пищевым волокнам относится также лигнин, хотя не является углеводом, всегда сопутствует клетчатке в довольно заметных количествах, химически связан с ней и практически неотделим. В кислотных и других средах не гидролизуются. Лигнин не является индивидуальным химическим соединением. Лигнином называют группу опорных веществ фенольной природы, состоящих из полимеризатов дегидрированных спиртов.

Суммарное количество пищевых волокон можно определить по количеству входящих в пробу отдельных компонентов – клетчатки, гемицеллюлозы, лигнина, пектиновых веществ.

Методика. Берут навеску 3 г на аналитических весах и помещают в химический стакан емкостью 300 мл, добавляют 200 мл 1,25%-ного раствора серной кислоты и кипятят на сетке в течение 30 мин (время фиксируется с момента закипания). Для поддержания данной концентрации кислоты в стакан регулярно доливают горячую дистиллированную воду до метки (200 мл). Воду подливают сильной струей из промывалки так, чтобы она смывала частицы, приставшие к стенкам стакана. По истечении времени стакан снимают с нагревательного прибора, дают осесть осадку, охлаждают при комнатной температуре, затем жидкость отсасывают на воронке Бюхнера. После этого осадок несколько раз промывают горячей дистиллированной водой до нейтральной реакции (проба на универсальную или синюю лакмусовую бумагу).

После промывания осадок вновь переносят с фильтра в тот же химический стакан и добавляют 200 мл 1,25%-ного раствора едкого натрия и кипятят 30 мин, регулярно добавляя воду по аналогии с серной кислотой. Затем жидкость отсасывают на воронке Бюхнера, осадок промывают горячей дистиллированной водой до нейтральной реакции (проба на универсальную или красную лакмусовую бумагу). Только после этого осадок переносят на высушенный и заранее взвешенный на аналитических весах фильтр. Фильтр должен быть высушен в сушильном шкафу при температуре 100–150°C в течение 3–4 часов. Осадок на фильтре промывают смесью спирта и эфира (1:1) для удаления жира. Осадок считается промытым тогда, когда вытекающие капли фильтрата станут бесцветными. Потом осадок вместе с фильтром сушат в сушильном шкафу при температуре 100–150°C в течение 3–5 часов.

Осадок после высушивания охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. По разнице весов осадка с фильтром и самого фильтра находят вес «сырой» клетчатки, и по формуле вычисляют процентное содержание «сырой» клетчатки в пробе (y), %:

$$y = 100 \times b / a$$

где b – вес «сырой» клетчатки, г;

a – навеска пробы, г.

Работа 2. Определение крахмала в зерне по методу Эверса

Реактивы и посуда:

1,124 % раствор соляной кислоты, 10 % раствор молибдата аммония.

Водяная баня, электроплита, поляриметр, поляризационная трубка длиной 200 мм, мерная колба вместимостью 100 см³, коническая колба вместимостью 250 см³, пипетки

вместимостью 25 и 5 см³, фильтровальная бумага, воронка. Расход зерна 5 г на один анализ.

Методика: Ячмень или солод измельчают в муку, берут в стеклянном стакане навеску 5,0 г, переносят в мерную колбу вместимостью 100 см³, в колбу добавляют 25 см³ 1,124 % раствора соляной кислоты, смачивают муку, затем приливают еще 25 см³ 1,124 % раствора соляной кислоты, перемешивают и устанавливают колбу в кипящую водяную баню. Первые 3 минуты нагревания содержимое колбы перемешивают круговыми движениями. Кипение продолжают 15 минут, затем колбу охлаждают проточной водой до 20 °С доливают 25 см³ дистиллированной воды. Для осаждения белков к раствору крахмала добавляют 5 см³ 10 % раствора молибдата аммония и объем в колбе доводят до метки водой. Содержимое колбы перемешивают и фильтруют через бумажный фильтр в сухую коническую колбу, первые порции фильтрата возвращают на фильтр. Прозрачным фильтратом ополаскивают поляризационную трубку, заполняют так, чтобы не остались пузырьки воздуха, немедленно снимают показания поляриметра, так как при отстаивании раствор мутнеет. Перед работой с поляриметром обязательно проверяют нулевую точку, измеряя показания по дистиллированной воде. Содержание крахмала (в % к массе абсолютно сухого зерна) рассчитывают по формуле (при массе навески 5,0 г и длине поляризационной трубки 200 мм):

$$X = \frac{a \cdot K \cdot 100}{100 - W},$$

где: а- показание поляриметра;
К- коэффициент Эверса для ячменя при линейной шкале поляриметра - 1,912, при круговой шкале поляриметра – 5,512;
W- влажность зерна.

В ячмене содержится 55-65 % крахмала на абсолютно сухое вещество.

Контрольные вопросы.

1. Дать определение пищевых волокон. Химическая природа пищевых волокон.
2. Дать определение пектинового вещества.
3. Понятие «сырая» клетчатка.
4. Для чего при определении сырой клетчатки обрабатываем пробу щелочью?
5. Привести примеры пищевого сырья, богатого пищевыми волокнами.
6. Роль пищевых волокон в организме.
7. Какое пищевое сырье богато пектиновыми веществами?
8. Примеры использования пектиновых веществ в пищевой промышленности.
9. Энергетическая ценность пищевых волокон.
10. На чем основан принцип определения сырой клетчатки?
11. Метод определения пектиновых веществ и на чем он основан.
12. Приведите классификацию углеводов растений.
13. Приведите строение и гидролиз крахмала
14. Как протопектин можно перевести в пектин?
15. Приведите строение и гидролиз некрахмальных полисахаридов.
16. Охарактеризуйте восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды.
17. Функции углеводов в организме.
18. Понятие «пектина» и «протопектина».
19. Охарактеризуйте превращения сахарозы при технологической переработке сырья.
20. Какова пищевая и энергетическая ценность углеводов.

Словарь терминов

Автолиз. Распад содержащихся в растительном материале веществ под действием собственных ферментов после механического или какого-либо другого воздействия на материал, разрушивший его клеточную структуру.

Автотроф. Организм, способный синтезировать органические вещества из неорганических путем фото- или хемосинтеза.

Аденин. Пуриновое основание, входящее в состав ДНК, РНК и нуклеотидов ADP и ATP, NAD⁴ и NADP*, FAD и FNM и некоторых других соединений.

Аденозинтрифосфат (АТФ). Нуклеотид, состоящий из аденина, сахара рибозы и трех фосфатных групп, является основным источником химической энергии в обмене веществ живых организмов. При гидролизе АТФ теряет один или два фосфата и превращается в ADP или AMP, высвобождая при этом энергию в доступной клетке форме.

Аденозиндифосфат (ADP) [См. Аденозинтрифосфат].

Азотистое основание. Азотсодержащая молекула со свойствами основания, т. н. молекула, способная присоединять атом водорода; азотистые основания (пуриновое и пиридиноное) входят в состав нуклеиновых кислот.

Азотфиксация. Перевод атмосферного азота (N₂) в растворимую биологически доступную форму с помощью азотфиксирующих организмов.

Активный транспорт. Энергозависимый транспорт растворенного вещества через биомембрану в направлении его повышенной концентрации (против градиента концентрации).

Активный центр. Вещество, присоединяющее электроны в окислительно-восстановительной реакции.

Алейроновые зерна. Цитоплазматические гранулы, окруженные мембраной и содержащие запасные белки в клетках основных тканей семян. Другое название — белковые тела.

Алкалоиды. Азотсодержащие циклические соединения, синтезируемые растениями и оказывающие физиологическое воздействие на человека и животных. Примеры: никотин, кофеин, стрихнин.

Аллостерическое взаимодействие. Изменение пространственной конфигурации белковой молекулы (чаще белковой молекулы фермента) в результате присоединения к ней другой молекулы, не являющейся субстратом. Белок при этом приобретает, как правило, новые свойства.

Аллостерические ферменты. Регулярные ферменты, каталитическая активность которых изменяется при нековалентном связывании специфического вещества не в каталитическом (активном) центре, а в другом участке молекулы фермента.

Аллостерический центр. Специфический участок на поверхности молекулы аллостерического фермента (отличный от активного центра), с которым связывается молекула специфического вещества (эффектора)

Альдоза. Простой сахар, в котором карбонильная группа расположена на конце углеродной цепи.

Аминокислоты. Алифатические, ароматические или гетероциклические карбоновые кислоты с аминогруппой в α -положении; мономеры белка.

Аминотрансферазы. Группа ферментов, катализирующих перенос аминогруппы от одного соединения к другому.

Антипатичское соединение. Соединение, молекула которого содержит как полярные, так и не полярные области.

Амфотерное соединение. Соединение, выполняющее роль либо кислоты, либо основания, т. е. способное быть и донором, и акцептором протонов.

Аномеры. Два стереоизомера одного сахара, отличающиеся только по расположению разных атомов и групп относительно карбонильного (аномерного) атома углерода.

Антикодон. Специфическая последовательность из трех нуклеотидов в тРНК, комплементарная кодону для аминокислоты в мРНК.

Антоцианы. Пигменты из группы флавоноидов красного, фиолетового и голубого цвета.

Ассимилянты. Первичные органические вещества, образующиеся в хлоропластах при фотосинтезе.

АТФ-аза. Фермент, гидролизующий АТФ до АДФ и фосфата в процессах, требующих затрат энергии.

АТФ-синтетаза. Ферментный комплекс, осуществляющий синтез АТФ из АДФ и фосфата в ходе окислительного фосфорилирования на внутренней мембране митохондрии.

Ауксин. Вещество, регулирующее рост растений, контролирует удлинение клеток проростка.

Белок. Сложное органическое соединение, полимер, состоящий из одной или нескольких полипептидных цепей, каждая из которых содержит 100 и более аминокислотных остатков, соединенных пептидными связями. Для каждого белка характерны определенная последовательность аминокислотных остатков в полипептидных цепях и молекулярная масса.

Бислой (липидный бислой). Двойной слой ориентированных амфипатических липидных молекул (фосфолипидов), углеводородные хвосты (ацилы) которых обращены внутрь бислоя и образуют непрерывную неполярную (гидрофобную) фазу.

Брожение. Ферментативное разложение органических веществ на более простые соединения под влиянием микроорганизмов без участия кислорода, сопровождающееся высвобождением энергии. По конечному продукту различают брожение спиртовое, уксуснокислое, молочнокислое и др. Начальные фазы дыхательного метаболизма (гликолиза) в растениях совпадают с брожением.

Буфер (буферный раствор). Система, состоящая из кислотно-основной пары, в которой отношение акцептора к донору протонов равно приблизительно единице; система способна сопротивляться изменениям рН.

Вакуоль. Окруженное мембраной пространство (полость) в цитоплазме клетки, заполненное клеточным соком, в котором содержатся соли, сахара, органические кислоты, белки, пигменты и другие метаболиты.

Векторными молекулами, или векторами, называют молекулы ДНК, способные акцептировать чужеродную ДНК и обеспечивающие ее репликацию.

Векторы позволяют осуществить введение в клетку дополнительной генетической информации. В качестве векторов используют, как правило, плазмиды, бактериофаги, вирусы животных.

Витамины. Органические вещества различной химической природы, присутствие которых в пищевых продуктах в следовых количествах обязательно: большинство витаминов является составной частью коферментов.

Водородная связь. Относительно слабая связь между атомом водорода, ковалентно связанным с атомом кислорода или азота, и другим электроотрицательным атомом. Обусловлена электростатическим притяжением между электроотрицательным атомом и атомом водорода, ковалентно связанным с другим электроотрицательным атомом.

Водородный показатель (pH). Показатель относительной концентрации протонов в растворе; pH изменяется в диапазоне от 0 до 14: у нейтрального раствора pH равен 7, у кислого — менее 7, у щелочного — более 7.

Возбужденное состояние. Состояние атома или молекулы, возникающее в результате поглощения энергии.

Восстановление. Присоединение электрона атомом; этот процесс происходит одновременно с окислением — один атом захватывает электрон, другой теряет.

Вторичная структура белка. Регулярная конформация остова полипептидной цепи.

Вырожденный код. Код, в котором один элемент на каком-то одном языке кодируется несколькими элементами на другом языке, например генетический код,

Вьюкоэнергетическое соединение. Соединение, при гидролизе которого происходит значительное уменьшение свободной энергии.

Ген. Единица наследственного вещества, которая представлена в виде участка хромосомы, содержащей ДНК. Последняя кодирует первичную структуру белка, тРНК или рРНК и регулирует транскрипцию таких последовательностей, обуславливая передачу генетической наследственной информации.

Генетический код. Система нуклеотидных триплетов (колонов) ДНК и РНК, определяющая последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи белка. Каждый кодон, за исключением незначащих колонов, соответствует одной из 20 аминокислот.

Генетическая информация. Наследственная информация живых организмов, содержащаяся в нуклеотидной последовательности хромосомной ДНК или РНК.

Гетеротроф. Организм, не способный синтезировать органические вещества из неорганических, поэтому потребляет органику, образованную другими растениями и животными. См. Антотроф.

Гиббереллины. Растительные гормоны, стимулирующие удлинение стебля растения.

Гидролиз. Расщепление молекул сложных веществ на более простые под действием воды и присоединения ионов H^+ и OH^- .

Гидрофобные взаимодействия. Связывание (сближение) неполярных групп друг с другом в водных системах, обусловленное стремлением молекул окружающей воды достичь наиболее стабильного состояния.

Гистоны. Группа из пяти основных белков, входящих в состав хромосом всех эукариотических клеток. Гистоны образуют в комплексе с ДНК нуклеосомы — структурные единицы хроматина клеточных ядер.

Гликолиз. Анаэробный распад глюкозы с образованием двух молекул пировиноградной кислоты и двух молекул АТФ.

Глиоксилатный цикл. Вариант цикла Кребса (лимонной кислоты) у масличных растений и некоторых других организмов; в этом цикле ацетат превращается в сукцинат.

Глиоксисома. Органелла клетки, содержащая ферменты, катализирующие превращение жиров в углеводы, например у семян масличных растений при прорастании.

Глобулярный белок. Белок, полипептидная цепь которого свернута в пространстве с образованием глобулы.

Гормон. Химическое вещество, синтезируемое в небольших количествах в одной части организма, переносимое в другую его часть и оказывающее там специфическое действие.

Гуанин. Пуриновое основание, входящее в состав ДНК и РНК.

Дальтон (Да). Масса одного атома водорода, равная $1,66 \cdot 10^{-24}$ г,

Дегидрогеназы. Ферменты, катализирующие перенос (удаление) и присоединение к субстрату двух атомов водорода.

Дезоксирибоза. Пятиуглеродный сахар, имеющий на один атом кислорода меньше, чем рибоза; входит в состав ДНК.

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК). Носитель генетической информации в клетке; состоит из цепей молекул, включающих фосфат, сахар дезоксирибозу, пуриновые и пиримидиновые основания. Способна самоудваиваться и направлять синтез РНК.

Денатурированный белок. Белок, утративший свою природную конформацию под воздействием какого-либо внешнего фактора, например при нагревании.

Диктиосома. Комплекс плоских дисковидных емкостей внутри клетки. Совокупность диктиосом всей клетки называют аппаратом *Гольджи*.

Диполь. Молекула, обладающая как положительным, так и отрицательным зарядом, например молекула воды.

Дисахариды. Углеводы, состоящие из двух ковалентно связанных моносахаридов.

Дисульфидный мостик. Ковалентная полярная связь между цистеиновыми остатками двух полипептидных цепей или двух участков одной полипептидной цепи.

Дыхание. Внутриклеточный процесс окисления молекул, в первую очередь пирувата в цикле лимонной кислоты с выделением энергии. Полный распад Сахаров и других органических молекул до диоксида углерода и воды называется *аэробным дыханием*, хотя начальные этапы этого процесса (гликолиз) являются анаэробными.

Дыхательная цепь. Электронпереносная цепь, состоящая из последовательности белков-ферментов и других переносчиков электронов, переносящих электроны от субстрата к молекулярному кислороду в аэробных условиях,

Жидкостно-мозаичная модель. Модель структуры биомембраны, согласно которой мембрана состоит из двойного слоя липидов и погруженных в него глобулярных белков.

Жирная кислота. Органическая кислота с длинной углеродной цепью (число атомов углерода более 6), как правило, неразветвленной.

Жиры. Обобщенное название веществ, являющихся сложными эфирами глицерола и трех молекул кислот. Жидкие жиры называют *маслами*.

Заменимые аминокислоты. Аминокислоты белков, которые могут синтезироваться организмом человека из более простых предшественников.

Изоферменты. Формы фермента одного подподкласса, отличающиеся друг от друга по

степени активности и сродства к субстрату. Изопрен. Углеводород 2-мети л-1,3-бутадиен; повторяющаяся структура терпеноидов.

Изоэлектрическая точка. Значение pH, при котором растворенное вещество не имеет суммарного электрического заряда,

Ингибирование по типу обратной связи. Регулирование процессов в организме, состоящее в том, что при повышении концентрации вещества сверх определенного уровня подавляется дальнейший синтез.

Индолилуксусная кислота. Растительный гормон, ауксин, ИУК.

Иницирующий кодон. Триплет AUG, кодирующий первую аминокислоту в полипептидной цепи, которой у эукариот является метионин.

Иницирующий комплекс. Комплекс рибосомы с мРНК, иницирующий Л/ег-тРНК., готовый для элонгации полипептидной цепи белка.

Интрон. Вставочная последовательность в гене; транскрибируется, но вырезается в процессе трансляции.

Кальвина цикл. Цепь фотосинтетических ферментативных реакций, в ходе которых диоксид углерода восстанавливается до 3-фосфоглицеральдегида, а затем до гексоз и регенерируется рибулозо-1,5-дифосфат, являющийся акцептором CO₂.

Каротиноиды. Жирорастворимые пигменты — желтые, красные и оранжевые каротины и желтые ксантофиллы, выполняющие функции вспомогательных пигментов при фотосинтезе. Образуются из изопреновых остатков. Являются провитаминами витамина А.

Квант. Наименьшая единица световой энергии.

Клетка. Структурная единица организма; у растений состоит из клеточной оболочки и протопласта.

Ковалентная связь. Химическая связь между атомами, возникающая за счет образования общей пары электронов,

Кодон. Последовательность из трех соседних нуклеотидов в молекуле ДНК. или мРНК, кодирующая одну аминокислоту или окончание полипептидной цепи.

Конкурентное ингибирование. Тип ингибирования фермента, которое можно снять, повышая концентрацию субстрата.

Константа Михаэлиса (K_m). Концентрация субстрата, при которой скорость ферментативной реакции равна половине ее максимальной скорости.

Кофактор. Один или более небелковых компонентов, необходимых для течения ферментативной реакции; многие из кофакторов представляют ионы металлов, другие называются коферментами.

Кофермент. Органическая молекула небелковой природы, выполняющая вспомогательную функцию в ферментативных процессах; часто кофермент является донором или акцептором электронов, например NAD^+ , FAD^+ , часто кофермент в качестве составной части содержит витамин.

Кофермент А (CoA). Кофермент, содержащий пантотеновую кислоту, выполняющую роль переносчика ацильных групп в ряде ферментативных реакций.

Крахмал. Нерастворимый полисахарид, состоящий из амилозы и амилопектина, включает более тысячи мономеров глюкозы; запасной углевод растений.

Кребса цикл. Цепь реакций, в ходе которых пировиноградная кислота окисляется с образованием диоксида углерода, водородных атомов (протонов) и электронов; затем электроны проходят через систему электронпереносящих молекул, цепь ферментов окислительного фосфорилирования и заключительную стадию окисления.

Ксантофилл. Желтый пигмент группы каротиноидов.

Кутикула. Защитный восковой (жировой) слой на наружной стенке клеток эпидермиса.

Кутан. Жироподобное вещество, откладывающееся на внешних оболочках растительных клеток и на поверхности клеток эпидермиса, образуя кутикулу — смесь эфиров жирных кислот и спиртов, частично окисленных; через молодую клеточную стенку жидкий кутин выделяется наружу, а затем по мере старения клеточной стенки полимеризуется в плотную массу.

Леггемоглобин. Гемопротейн, обуславливающий красную окраску корней клубеньков бобовых растений, фиксирующих азот; подобно гемоглобину, леггемоглобин обратимо связывает O_2 , регулируя концентрацию свободного O_2 в клетке.

Лигнин. Компонент клеточной стенки растений; наиболее распространенный (после целлюлозы) полимер, образующий клеточную стенку.

Макроэлементы. Неорганические химические элементы, необходимые в больших количествах для роста растений; к ним относят N, K, P, Ca, Mg, S.

Матрица. Макромолекулярный шаблон, в соответствии с которым возникает «обратная» комплементарная копия информационной молекулы.

Матричная РНК. Класс РНК, переносящих генетическую информацию от гена к рибосомам, где она транслируется с образованием белка.

Металлофермент. Фермент, содержащий в качестве простетической группы ион металла.

Микроэлементы. Неорганические химические элементы, необходимые растениям в малых количествах; к ним относятся Fe, Si, Mn, Zn, Mo, B, Cl,

Митохондрии. Органелла, окруженная двойной мембраной; содержит ферменты цикла Кребса и электронтранспортную цепь; является основным источником АТФ в нефотосинтезирующих клетках.

Молекулярная масса. Сумма относительных масс атомов в составе молекулы, выраженная в единицах, равных массы наиболее распространенного атома углерода. Измеряется в дальтонах (Да).

Моносахарид. Сахар, который не может быть гидролизован на более простые сахара.

Монослой. Одинарный слой ориентированных липидных молекул.

Мультиферментная система. Совокупность (последовательность) связанных между собой ферментов, коферментов, витаминов и других соединений, участвующих в данном метаболическом процессе (пути).

Негемовые железосодержащие белки. Белки, содержащие железо, но не имеющие порфириновой группы.

Незаменимые аминокислоты. Аминокислоты, которые не могут синтезироваться организмом человека и должны поступать только с пищей.

Незаменимые жирные кислоты. Группа полиненасыщенных жирных кислот растительного происхождения, которые обязательно должны содержаться в пище человека.

Неконкурентное ингибирование. Тип ингибирования ферментов, которое не снимается при повышении концентрации субстрата.

Нециклический перенос (поток) электронов. Индуцированный светом поток электронов от воды к NADP^* при фотосинтетическом фосфорилировании, протекающем с выделением O_2 ; связан с фотосистемами II и I.

Никотинамндадениндинуклеотид (NAD^+). Кофермент, служащий акцептором электронов во многих окислительных реакциях, чаще всего связанных с дыханием.

Никотинамндадениндинуклеотидфосфат (NADP^*). Отличается от NAD^+ только наличием фосфатной группы.

Нитрогеназа. Фермент, способный восстанавливать атмосферный азот до ионов аммония за счет АТФ.

Нуклеиновая кислота. Органическая кислота, состоящая из соединенных между собой нуклеотидных остатков; известно два типа нуклеиновых кислот — ДНК и РНК.

Нуклеотид. Структурный блок нуклеиновой кислоты, состоящий из остатка фосфорной кислоты, пнтиуглеродного сахара (рибозы или дезоксирибозы), пуриновых или пиримидин овых оснований.

\wedge -Окисление. Окислительное расщепление жирных кислот с образованием ацетил-СоА за счет последовательных стадий окисления р-углеродного атома.

Окислительное фосфорилирование. Ферментативное образование АТФ из АДФ и фосфата; осуществляется в митохондриях, сопряжено с переносом электронов от субстрата к молекулярному кислороду.

Олигомерный белок. Белок, состоящий из двух или нескольких полипептидных цепей.

Оптимум рН. Значение рН, при котором фермент проявляет максимальную активность.

Оптическая активность. Способность вещества вращать плоскость поляризованного луча

Пара оснований. Основания двух нуклеотидов, расположенных в разных цепях нуклеиновой кислоты и взаимодействующих друг с другом за счет водородных связей, например А-Т; А-У; G-С,

Пассивный транспорт. Перенос растворенных веществ через мембрану по концентрационному или электрохимическому градиенту, не требующий затрат энергии.

Пентозофосфатный путь. Путь окисления глюкозо-6-фосфата с образованием пентозофосфатов.

Пептид. Две или более аминокислоты, соединенные пептидными связями.

Пептидная связь. Связь, образующаяся между карбоксильной группой одной аминокислоты и аминогруппой другой с выделением воды.

Переносчик электронов. Белок типа флавопротеинов или цитохромов, который способен приобретать или терять электроны, выполняя роль переносчика электронов от органических субстратов к кислороду.

Пероксисома. Микротельце, в котором происходит фотодыхание.

Пиримидиновые основания. Азотсодержащие гетероциклические основания, являющиеся составной частью нуклеиновой кислоты.

Плазматическая мембрана. Наружная граница протопласта, прилегающая к клеточной оболочке, образована одной элементарной мембраной.

Плазмодесмы. Цитоплазматические тяжи, соединяющие через отверстия в клеточных

оболочках живые протопласты соседних клеток.

Плазмиды. Кольцевые вне хромосомные ДНК, способные к автономной репликации в клетке.

Пластиды. Клеточные органеллы, окруженные двойной мембраной; в них происходит запасание органических веществ.

Полинуклеотид. Одноцепочечная ДНК или РНК.

Полипептид. Молекула, состоящая из аминокислотных остатков, соединенных пептидными связями, но менее сложная, чем белок (число аминокислотных остатков менее 100).

Полисахарид. Полимер, состоящий из множества моносахаридов, соединенных гликозидными связями, например крахмал, целлюлоза.

Полисома (полирибосома). Группа рибосом, одновременно ведущих трансляцию одной и той же молекулы мРНК.

Порфирины. Азотсодержащие соединения, состоящие из четырех замещенных пиррольных циклов, ковалентно соединенных в кольцо; часто в центре порфирина находится атом металла.

Простетическая группа. Ион металла или термостабильное неорганическое соединение (группа), связанные с белком-ферментом и выполняющие функцию его активного центра.

Простой белок- Белок, При гидролизе которого образуются только аминокислоты. Протон. Элементарная частица, имеющая положительный заряд, равный по абсолютной величине заряду электрона, и массу, равную

Реакционный центр. Молекула хлорофилла в фотосистеме, способная использовать световую энергию для фотохимической реакции.

Рекомбинантные ДНК — это ДНК, образованные объединением *in vitro* (в пробирке) двух или более фрагментов ДНК, выделенных из различных биологических источников. Репликация. Получение точной копии, например удвоение молекулы ДНК.

Рибонуклеиновая кислота (РНК). Нуклеиновая кислота, образующаяся на матрице хромосомной ДНК и участвующая в белковом синтезе; представляет собой полинуклеотидную цепь, состоящую из фосфатов, рибозы, пуриновых и пиримидиновых оснований.

Рибосома- Органелла, состоящая из белка и рРНК; на рибосоме идет синтез белков.

мРНК. Матричная (информационная) РНК, которая служит матрицей при синтезе белков на рибосоме.

рРНК. Рибосомальная РНК — компонент рибосом, необходимый для поддержания их структуры и функционирования.

тРНК. Транспортная (трансферная) РНК — класс молекул РНК, участвующих в биосинтезе белка; молекула тРНК содержит участок, к которому присоединяются специфическая аминокислота и антикодон, комплементарный кодону в мРНК.

РНК-полимеразы. Ферменты, синтезирующие РНК различных классов на матрице ДНК.

Сахароза. Дисахарид, состоящий из остатков глюкозы и фруктозы, является транспортной формой углеводов, образующихся при фотосинтезе.

Сведберг (S). Единица скорости седиментации частицы или молекулы в центрифуге.

Световые реакции. Реакции фотосинтеза, которым необходим свет.

Сложный белок. Белок, содержащий в качестве простетической группы металл, органическое соединение или и то и другое.

Стероиды. Класс липидов, содержащих циклопентанфенантроновую кольцевую структуру

Суберин. Жироподобное вещество, откладывающееся в клеточных оболочках.

Субстрат. Вещество, на которое действует фермент.

Темновые реакции. Ферментативные реакции в фотосинтезирующих клетках, не требующие света.

Терпен. Углеводород, состоящий из повторяющихся остатков изопрена.

Тетрагидрофолиевая кислота. Кофермент, представляющий собой восстановленную активную форму фолиевой кислоты.

Токоферолы. Группа соединений, представляющих собой формы витамина E.

Тонопласт. Цитоплазматическая мембрана, окружающая вакуоль растительной клетки.

Транскрипция. Ферментативный синтез молекул РНК, комплементарный одной цепочке ДНК.

Трансляция. Синтез белка из аминокислот на рибосомах в соответствии с информацией, закодированной в мРНК.

Третичная структура белка. Пространственное расположение полипептидной цепи глобулярного белка в нативной свернутой форме.

Триацилглицерол. Сложный эфир глицерола с тремя молекулами жирных кислот.

Трикарбоновых кислот цикл. См, Кребса цикл.

Трипсин. Протеолитический фермент, синтезируемый клетками поджелудочной железы в форме неактивного предшественника — трипсиногена; гидролизует полипептидные цепи белков по остаткам аминокислот лизина и аргинина.

Урацил. Пиримидиновое основание, входящее в состав РНК, но отсутствующее в ДНК. Устье. Микроскопическое отверстие в эпидерме листьев и стеблей, окаймленное замыкающими клетками и предназначенное для газообмена и удаления паров воды.

Фермент. Биологический катализатор, обязательным структурным компонентом которого является белок.

Ферредоксины. Белки, содержащие железо, участвуют в транспорте электронов.

Фибриллярные белки. Нерастворимые белки, у которых полипептидная цепь вытянута или скручена в продольном направлении; выполняют защитную структурную роль.

Флавиномононуклеотид (FMN). Рибофлавинфосфат, кофермент ряда окислительно-восстановительных ферментов.

Флавиновые нуклеотиды. Коферменты FAD и FMN, содержащие рибофлавин.

Фосфорилирование. Образование фосфатного производного молекулы за счет переноса фосфатной группы от АТФ.

Фотодыхание. Потребление O₂ освещенными растениями, происходящее за счет окисления фосфогликолата.

Фотосистема. Система фотосинтезирующих клеток, включающая группу поглощающих свет пигментов и реакционный центр.

Фотофосфорилирование. Синтез АТФ в хлоропластах в ходе фотосинтеза.

Хроматин. Нитевидный комплекс ДНК и белков, образующий основу хромосомы. Хромосома. Одна большая молекула ДНК, ядерная структура, содержащая гены.

Целлюлоза. Полисахарид, образованный микрофибриллами из линейно расположенных остатков глюкозы; является основным компонентом клеточной оболочки растений.

Цикл лимонной кислоты. Циклическая система ферментативных реакций окисления ацетильных остатков до CO_2 , первым этапом которой является образование лимонной кислоты (цитрата).

Цитозин. Пиримидиновое основание, входящее в состав ДНК и РНК.

Цитоплазма. Жидкое вещество клетки с включением внутриклеточных органелл (за исключением ядра).

Цитохром. Гемсодержащий белок, служащий переносчиком электронов при дыхании и фотосинтезе.

Четвертичная структура белка. Пространственное расположение субъединиц олигомерного белка.

Экспрессия гена — проявление генетической информации, записанной в гене, в форме рибонуклеиновой кислоты, белка и фенотипического признака генмодифицированного организма.

Эндофорины. Эндогенные пептиды с морфинным действием, вырабатываемые центральной нервной системой.

Энергия связи. Энергия, необходимая для разрыва связи.

Этилен. Углеводород, который является растительным гормоном; ускоряет созревание плодов.

Эффектор (модулятор). Соединение, которое, связываясь с аллостерическим центром регулярного фермента, меняет его кинетические характеристики.