

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

З. Е. Егорова, Е. Н. Зеленкова

ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ

В 2-х книгах

Книга 2

Допущено

*Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов учреждений
высшего образования по специальности «Физико-химические
методы и приборы контроля качества продукции»*

Минск 2023

УДК 664.014(075.8)

ББК 65.305.6я73

Е30

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра технологии пищевых производств
учреждения образования «Белорусский государственный университет
пищевых и химических технологий» (кандидат технических наук,
доцент кафедры *С. В. Волкова*);
кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры биоорганической
химии учреждения образования «Белорусский государственный
медицинский университет» *Ф. Ф. Лахвич*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Егорова, З. Е.

Е30 Пищевая химия : учеб. пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» : в 2 кн. / З. Е. Егорова, Е. Н. Зеленкова. – Минск : БГТУ, 2023. – Кн. 2. – 127 с.

ISBN 978-985-897-098-7.

Учебное пособие состоит из двух книг. Первая книга вышла в 2023 г. Во второй книге приведен лабораторный практикум, который позволит студентам приобрести навыки работы на современном оборудовании: автоматическом титраторе, анализаторе влажности, вискозиметре и др. Предложенные методические разработки к практическим занятиям при их общей универсальности являются четко индивидуализированными и содержат подробные рекомендации по расчетам пищевой, энергетической и биологической ценности продуктов, а также таблицы для внесения результатов.

УДК 664.014(075.8)

ББК 65.305.6я73

ISBN 978-985-897-098-7 (Кн. 2) © УО «Белорусский государственный технологический университет», 2023
ISBN 978-985-897-096-3

© Егорова З. Е., Зеленкова Е. Н., 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ.....	5
Лабораторная работа № 1	
Количественный и качественный анализ белка	5
Лабораторная работа № 2	
Определение редуцирующих сахаров.....	14
Лабораторная работа № 3	
Определение каротина в пищевых продуктах.....	29
Лабораторная работа № 4	
Определение влажности и активности воды в пищевых продуктах	36
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	52
Практическое занятие № 1	
Определение биологической ценности продовольственного сырья и пищевых продуктов.....	52
Практическое занятие № 2	
Определение коэффициента эффективности метаболизации эссенциальных жирных кислот и оценка адекватности жирового компонента рациона	54
Практическое занятие № 3	
Углеводы и их характеристика. Расчет энергетической ценности продовольственного сырья и пищевых продуктов	57
Практическое занятие № 4	
Минеральные вещества: основные и кислотные. Макро- и микроэлементы. Явления антагонизма и синергизма в процессе усвоения минеральных веществ из пищи организмом человека	59
Практическое занятие № 5	
Водо- и жирорастворимые витамины: строение, основные свойства, источники витаминов. Витаминоподобные вещества и их содержание в продовольственных товарах.....	62
Практическое занятие № 6	
Органические кислоты: строение и свойства, источники получения	64
Практическое занятие № 7	
Вода и ее роль в формировании качества и стойкости пищевых продуктов при хранении.....	70

Практическое занятие № 8	
Антиалиментарные факторы: антивитамины и антиферменты. Влияние на разработку рецептур новых видов пищевых продуктов	73
Практическое занятие № 9	
Антиалиментарные факторы: деминерализующие вещества и природные токсичные компоненты. Ограничения по применению	76
Практическое занятие № 10	
Пищевые добавки: современные тенденции и оценка безопасности применения в производстве пищи. Биологически активные добавки: практика использования их в производстве пищевых продуктов	79
Практическое занятие № 11	
Количественные и качественные изменения белковых веществ мяса, рыбы, зерновых и бобовых культур в процессе технологической обработки.....	84
Практическое занятие № 12	
Химические превращения животных и растительных жиров под воздействием технологических факторов	88
Практическое занятие № 13	
Влияние режимов технологической обработки на состав и свойства простых и сложных сахаров растительного происхождения.....	91
Практическое занятие № 14	
Изменения, происходящие с витаминами, минеральными веществами, органическими кислотами и водой в процессе приготовления пищи	94
Практическое занятие № 15	
Порча мясных, рыбных и молочных продуктов. Сроки годности мясных, рыбных и молочных продуктов. Методы определения сроков годности	97
Практическое занятие № 16	
Химические превращения при хранении растительной продукции.....	99
Практическое занятие № 17	
Современные технологии хранения пищевых продуктов.....	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	104
ПРИЛОЖЕНИЕ. Формы таблиц для расчетов показателей пищевой и энергетической ценности пищевых продуктов.....	107
ЛИТЕРАТУРА	124

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторная работа № 1 КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ И КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ БЕЛКА

Теоретическая часть

Белки (протеины, полипептиды) – высокомолекулярные органические вещества, состоящие из альфа-аминокислот, соединенных в цепочку пептидной связью. Выделяют четыре уровня организации белковых молекул. Первичная структура (последовательность аминокислотных остатков) определяется генетическим кодом, а структуры более высоких порядков (вторичная, третичная и четвертичная) формируются в процессе сворачивания белка.

Поступающие с пищей в организм человека белки распадаются на аминокислоты. Из 20 аминокислот организм сам способен синтезировать двенадцать. Остальные восемь являются незаменимыми: валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин, гистидин. Для детей также незаменимым является аргинин. То есть организм человека не способен вырабатывать их самостоятельно, но не может без них полноценно функционировать. А значит, они должны поступать с пищей. В полноценной белковой пище присутствуют все незаменимые аминокислоты. К ней относят продукты животного происхождения. Растительные белки, которыми богаты бобовые, злаки и орехи, являются неполноценными.

Белки различаются по степени растворимости в воде. Водорастворимые белки называются альбуминами, к ним относятся белки крови и молока. К нерастворимым, или склеропротеинам, относятся, например, кератин (белок, из которого состоят волосы, перья птиц и т. п.) и фиброин, входящий в состав шелка и паутины. Растворимость белка определяется не только его структурой, но и внешними факторами, такими как природа растворителя, ионная сила и pH раствора.

Каждый белок характеризуется изоэлектрической точкой (pI) – кислотностью среды (pH), при которой суммарный электрический

заряд молекул данного белка равен нулю. В изоэлектрической точке гидратация и растворимость белка минимальны.

Важное свойство белков – их способность к денатурации. Аминокислотная последовательность белка при этом не изменяется, а меняется вторичная, третичная и четвертичная структуры белка под воздействием различных дестабилизирующих факторов: нагревания, кислот, щелочей, УФ-лучей, ионизирующей радиации, ультразвука и др. В зависимости от природы денатурирующего агента выделяют механическую (сильное перемешивание или встряхивание), физическую (нагревание, охлаждение, облучение, обработка ультразвуком) и химическую (кислоты и щелочи, поверхностно-активные вещества, мочевины) денатурацию.

Присутствие белков в пищевых продуктах устанавливается с помощью качественных реакций, которые условно разделяют на две группы: цветные реакции; реакции осаждения. Среди первой группы различают универсальные реакции (биуретовая на пептидные связи и нингидриновая на α -аминокислоты) и специфические, обусловленные присутствием в белках остатков определенных аминокислот. Во второй группе реакций белки осаждают действием солей, органических растворителей, концентрированных кислот, щелочей, ионов тяжелых металлов, температуры в изоэлектрической точке.

Количественное определение белка в образце проводят с использованием ряда методов: биуретового; микробиуретового; метода Бредфорда; метода Лоури; спектрофотометрического.

Наиболее удобными являются методы с кумасси синим, биуретовый и Лоури. В основе биуретового метода лежит биуретовая реакция, в основе метода Лоури – восстановление фосфомолибденовой кислоты тирозином и триптофаном с одновременным протеканием биуретовой реакции. Концентрацию белка в растворах находят по оптической плотности с использованием калибровочных графиков.

Унифицированный метод определения содержания белка в пищевых объектах – метод Кьельдаля. Этот метод является стандартизованным применительно к матрице различных пищевых продуктов, например, для мяса и мясных продуктов он описан в ГОСТ 25011–2017, молочной продукции – в ГОСТ 34454–2018. Белок рассчитывают по количеству азота в продукте. Для перевода количества азота в содержание белка используют коэффициент 6,25. Принят он потому, что большинство белков содержит 16% азота ($100 / 6,25 = 16$). Однако более правильным является использование коэффициентов,

соответствующих фактическому содержанию сырого белка в продукте. Так, для пшеницы получен коэффициент 5,7, поскольку ее белки содержат 17,5% азота. Для других белковых ресурсов коэффициенты перевода приняты следующими: 5,7 – рожь, ячмень, овес, семена подсолнечника; 5,8 – соя; 6,25 – кукуруза, мясо; 6,38 – молоко.

Имеются и другие методы определения азота, такие как метод Дюма, нейтронно-активационный и по реакции с фенолятгипохлоритом. Принцип метода Дюма заключается в разложении органического соединения в атмосфере оксида углерода до газообразного состояния с последующим измерением объема азота (N₂). Нейтронно-активационный метод основан на активации ядер атомов азота (путем облучения нейтронами) и исследовании образовавшегося радиоактивного изотопа ¹³N. Содержание белка рассчитывают по количеству гамма-лучей. Определение азота по реакции с фенолятгипохлоритом осуществляется колориметрическим способом, в котором измеряется интенсивность сине-голубой окраски, образующейся при взаимодействии сульфата аммония, выделяющегося в процессе минерализации образца, со щелочным раствором фенола и гипохлорита. Все описанные методы по точности анализа не уступают методу Кьельдаля, однако они являются достаточно дорогими.

В практике испытательных лабораторий широкое распространение получил также метод инфракрасной спектроскопии, в основе которого лежит поглощение белками света с определенной длиной волны и измерение интенсивности его отражения в приборах-анализаторах. Приборы калибруют по образцам зерна (эталонам) с известным содержанием белка, определяемым по методу Кьельдаля.

Методы выделения и очистки белков

Общая схема операций по выделению белков сводится к измельчению биологического материала (гомогенизации), экстрагированию и собственно выделению, т. е. очистке и получению белка в индивидуальном состоянии. Разрушение клеточной структуры осуществляется тщательным измельчением материала в гомогенизаторах, мельницах, попеременным замораживанием и оттаиванием, применением ультразвуковых высокочастотных колебаний и др.

При изучении физико-химических свойств белков и их превращений в пищевых системах широко используют методы фракционирования и очистки от небелковых соединений. Они основаны на

различиях таких свойств белков, как размер молекул, растворимость, заряд и сродство к специфическим химическим группам.

В практике выделения и очистки белков используются различные типы хроматографии: адсорбционная, распределительная, ионообменная и хроматография по сродству.

Гель-фильтрация, или метод молекулярных сит, заключается в пропускании белков через колонку с гелем (торговое название «сефадекс» или др.). Низкомолекулярные белки распределяются в растворенном виде как внутри частиц полимера, так и между ними, а высокомолекулярные – только между частицами, поэтому вторые быстрее проходят через колонку и первыми вытекают из нее. В итоге белки распределяются по молекулярной массе и могут быть собраны в виде отдельных хроматографических фракций.

Принцип методов электрофоретического разделения заключается в способности молекул пептидов и аминокислот, находясь в заряженной форме в виде катионов (+) или анионов (–), передвигаться в электрическом поле с определенной скоростью.

В химии пищевого белка применяют и другие разновидности электрофоретического разделения (иммуноэлектрофорез, изотахофорез), а также метод пептидных карт и ультрацентрифугирование. Метод пептидных карт (отпечатков пальцев) относится к методам двумерного разделения и наиболее часто используется для анализа пептидов. Пептиды получают избирательным гидролизом белков, затем на бумаге их разделяют в горизонтальном направлении электрофорезом, в вертикальном – распределительной хроматографией. Пептиды окрашивают нингидрином, элюируют и определяют аминокислотный состав.

Очистка белков от низкомолекулярных соединений (солей, сахаров, аминокислот) осуществляется методами диализа, гель-фильтрации, кристаллизации, ультрафильтрации и с применением полых волокон. При диализе используют полупроницаемые мембраны (целлофан, коллодийную пленку), через которые белки не диффундируют и остаются внутри диализного мешочка. Более мелкие молекулы проходят через поры диализной мембраны и выходят в диализат. В методе ультрафильтрации, который применяется, например, в производстве сывороточных белков молока, соевых белковых изолятов, по обе стороны мембраны создается разность давлений за счет продавливания фильтруемого белкового раствора. В качестве мембран используются целлюлозные пленки и нецеллюлозные полиэлектролитные комплексы. Аналогично мембранам по принципу молекулярного сита

действуют и полые волокна. Белковый раствор помещается с внешней стороны волокон, при этом создается разность давления за счет повышения его в растворе или понижения внутри их.

Экспериментальная часть

Количественный и качественный анализ белка

Цель: овладеть методикой выделения белка и освоить качественные реакции на функциональные группы белков.

Задачи:

1. Овладеть методом выделения белка.
2. Определить содержание белка в молоке (молочных продуктах).
3. Изучить качественные реакции на белок:
 - биуретовую реакцию (на пептидную группу);
 - реакцию Фоля (на серосодержащие аминокислоты – таурин, цистеин, метионин);
 - реакцию Адамкевича (на триптофан);
 - ксантопротеиновую реакцию (на фенилаланин, тирозин, триптофан).

Определение массовой доли белка в молоке

Принцип метода. Метод основан на нейтрализации карбоксильных групп моноаминодикарбоновых кислот белков раствором гидроксида натрия, количество которого, затраченное на нейтрализацию, пропорционально массовой доле белка в молоке.

Применяемое оборудование и материалы: анализатор потенциометрический (или рН-метр) с диапазоном измерения от 1 до 14 ед. рН и допускаемой абсолютной погрешностью $\pm 0,05$ ед. рН; магнитная мешалка с частотой вращения 800 об/мин; пипетки 1-2-5, 2-2-20; воронки В-75-110 ХС; стаканы В-1-50, В-2-50; бюретки 1-1(2)-1-25-0,05, 1-1(2)-2-25-0,05; цилиндры мерные на 25 или 50 мл; натрия гидроксид, раствор молярной концентрации 0,1 моль/дм³; формальдегид, водный раствор с массовой долей формальдегида 36,5–37,5%; вода дистиллированная.

Порядок выполнения работы

Заполняют бюретку для титрования раствором гидроксида натрия. (! Проверить, чтобы в бюретке не было воздуха).

В стакан помещают 40 см³ молока и стержень магнитной мешалки.

Стакан устанавливают на магнитную мешалку, включают двигатель мешалки и погружают электроды потенциометрического анализатора в молоко. Постепенно добавляют раствор гидроксида натрия из бюретки для титрования.

При достижении точки эквивалентности ($\text{pH} = 9$) и истечении времени выдержки (30 с) определяют количество раствора гидроксида натрия, пошедшего на нейтрализацию молока до внесения формальдегида (V_1). Затем вносят в стакан 10 см^3 формальдегида. По истечении 2,0–2,5 мин продолжают титрование до $\text{pH} = 9$.

По окончании процесса определяют общее количество раствора, затраченного на нейтрализацию (V_2).

Параллельно проводят контрольный опыт по нейтрализации смеси, состоящей из 40 см^3 дистиллированной воды и 10 см^3 раствора формальдегида. Определяют количество раствора гидроксида натрия, пошедшего на титрование (V_0).

Обработка результатов

Массовую долю белка X , %, вычисляют по формуле

$$X = (V_2 - V_1 - V_0) \cdot 0,96,$$

где V_2 – общее количество раствора, израсходованного на нейтрализацию, см^3 ; V_1 – количество раствора, израсходованного на нейтрализацию до внесения формальдегида, см^3 ; V_0 – количество раствора, израсходованного на контрольный опыт, см^3 ; 0,96 – эмпирический коэффициент, $\%/ \text{см}^3$.

За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение результатов двух измерений, выполненных в условиях повторяемости, округленное до второго десятичного знака.

Качественный анализ на функциональные группы белков

Применяемое оборудование и материалы: бумага фильтровальная лабораторная; воронки стеклянные; колбы конические Кн-2-100-18 ТХС; марля; пипетки 2-2-5, 2-2-10; пробирки лабораторные (мерные со шлифом, ПМ2-10-14/23); стаканы лабораторные (высокие с делениями и носиком), ТС В-1-50; цилиндры отливные 1-5, 1-10 или 3-5, 3-10; вода дистиллированная; кислота азотная, ч. д. а., кислота уксусная, ч. д. а., 10%-ный раствор; кислота серная, ч. д. а., натрия гидроксид, ч. д. а., 10%-ный и 30%-ный растворы; меди сульфат, ч. д. а., 1%-ный раствор; свинца ацетат, ч. д. а., 5%-ный раствор; плитка электрическая нагревательная; молоко коровье свежее; яйцо куриное сырое.

Подготовка проб

Выделение казеина из молока. В молоке казеин находится в виде растворимой кальциевой соли, т. е. в виде анионов. Свободный казеиноген в форме электронейтральных молекул отличается достаточно малой устойчивостью в воде. В связи с этим при подкислении молока до pH 4,7 (изоэлектрическая точка казеиногена) казеиноген выпадает в осадок, т. е. молоко свертывается.

К 10 мл молока добавить 10 мл дистиллированной воды и 10 капель 10%-ной уксусной кислоты. Образуется осадок казеина, который нужно отфильтровать. Фильтрат отбросить, а осадок казеина осторожно снять с фильтра стеклянной палочкой.

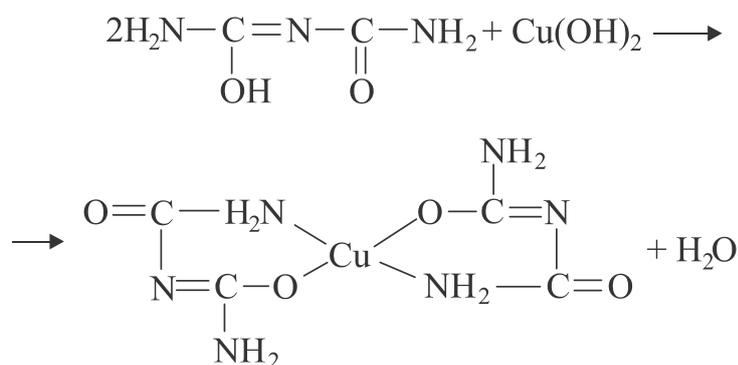
В четыре пробирки поместить примерно одинаковое количество казеина молока (на кончике стеклянной палочки), стараясь не дотрагиваться до стенок пробирки.

Выделение яичного белка. У куриного яйца отделить белок от желтка. Белок фильтровать через марлю. Профильтрованный белок разбавить дистиллированной водой в соотношении 1 : 10. Для этого поместить 1 мл белка в мерную пробирку на 10 мл и долить дистиллированной водой до метки 10 мл. Осторожно перемешать, не допуская вспенивания.

В четыре пробирки поместить по 5 капель подготовленного 10%-ного раствора яичного белка.

1. Биуретовая реакция (белок)

Принцип метода. Основан на способности пептидной группы в белках и полипептидах ($-\text{CO}-\text{NH}-$), а также связи типа ($-\text{CH}=\text{NH}-$) образовывать в щелочной среде с ионами Cu^{2+} комплексное соединение фиолетового цвета с красным или синим оттенком в зависимости от числа пептидных связей в белке (рисунок).



биуретовая реакция

Порядок выполнения работы

В первую из четырех пробирок с раствором яичного белка добавить 10 капель 10%-ного раствора гидроксида натрия и 1 каплю 1%-ного раствора сульфата меди. Появляется красно-фиолетовое (или сине-фиолетовое окрашивание).

В п. 2–4 осуществляется нагрев реакционных смесей. Для этого можно аккуратно (чтобы не лопнуло стекло) поместить пробирки в высокий термостойкий стакан с кипятком!

2. Реакция Фоля (серосодержащие аминокислоты – таурин, цистеин, метионин)

Принцип метода. При щелочном гидролизе серосодержащих аминокислот цистеина и цистина образуется сероводород, который реагирует со щелочью, образуя сульфид натрия (калия). Сульфид натрия взаимодействует с ацетатом свинца с образованием осадка черного или буро-черного цвета сульфида свинца.

Порядок выполнения работы

Во вторую из четырех пробирок с раствором яичного белка добавить 5 капель 30%-ного раствора гидроксида натрия и 1 каплю 5%-ного раствора ацетата свинца. При интенсивном кипячении жидкость темнеет, образуя черный осадок сульфида свинца.

3. Ксантопротеиновая реакция (фенилаланин, тирозин, триптофан)

Принцип метода. Реакция основана на способности аминокислот и аминокислотных остатков полипептидов, содержащих ароматическое кольцо, образовывать при взаимодействии с концентрированной азотной кислотой динитропроизводные желтого цвета. В щелочной среде они переходят в хиноидные структуры, имеющие оранжевое окрашивание.

Порядок выполнения работы

В третью из четырех пробирок с раствором яичного белка добавить 3 капли концентрированной азотной кислоты и (осторожно!) нагреть. Появляется желтое окрашивание. После охлаждения осторожно добавить 10 капель концентрированного раствора аммиака или 30%-ного раствора гидроксида натрия. Желтая окраска переходит в оранжевую.

4. Реакция Адамкевича (триптофан)

Принцип метода. При нагревании триптофан взаимодействует с глиоксиловой кислотой с образованием соединения, окрашенного в красно-фиолетовый цвет.

Порядок выполнения работы

В четвертую из четырех пробирок с раствором яичного белка добавить 5 капель концентрированной уксусной кислоты. Раствор сначала слегка нагреть, затем охладить и осторожно, чтобы жидкости не смешались (подслаивание), долить 10 капель концентрированной серной кислоты. На границе двух слоев жидкости наблюдается красно-фиолетовое окрашивание в виде кольца. Появление окраски можно ускорить нагреванием.

Аналогично выполнить опыты 1–4, используя в качестве объекта исследования казеин молока.

Обработка и оформление результатов

Результаты работы заносятся в таблицу.

Идентификация белков

Название реакции	Особенности реакции					
	Аналит (искомый компонент)	Основной аналитический реагент	Условия реакции	Цвет продукта реакции	Наличие или отсутствие осадка	Поглощение или выделение теплоты
Фоля						
Биуретовая						
Ксантопротеиновая						
Адамкевича						

Формулирование выводов по результатам выполненной работы

Проанализировать полученные результаты, сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Описать строение аминокислот, их номенклатуру (заменимые и незаменимые).
2. Какие пищевые продукты богаты полноценным белком (с незаменимыми аминокислотами)?
3. Охарактеризовать физико-химические свойства аминокислот: амфотерность, растворимость, стереохимия.
4. Изобразить тип связи аминокислот в белках и пептидах. Привести характеристику пептидной связи.

5. Раскрыть суть методов обнаружения аминокислот в растворах. Описать нингидриновую, ксантопротеиновую и другие реакции.
6. Описать уровни организации белковой молекулы (первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры белков).
7. Привести классификацию белков, характеристику простых и сложных белков.
8. Охарактеризовать физико-химические свойства белков и методы их исследования (растворимость, денатурация, амфотерность белков, заряд белковой молекулы, диализ, электрофорез, изоэлектрическое состояние и изоэлектрическая точка белков).
9. Что такое денатурация белка? Какие физические и химические факторы вызывают денатурацию белка?
10. Почему белки при нагревании в изоэлектрической точке быстро выпадают в осадок и не выпадают при нагревании в сильно кислой или сильно щелочной среде?
11. Привести примеры технологических процессов изготовления пищевых продуктов, в основе которых лежит свойство белков коагулировать.
12. Какое свойство белков обуславливает их способность к пенообразованию? От каких факторов зависит устойчивость пены?
13. Как с помощью цветных реакций обнаружить в белке: 1) аргинин; 2) цистеин; 3) триптофан?
14. При помощи каких цветных реакций можно установить различия аминокислотного состава альбумина и желатина?
15. На какой реакции основано количественное определение белка биуретовым методом?
16. Какими методами можно освободить раствор белка от низкомолекулярных веществ?

Лабораторная работа № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДУЦИРУЮЩИХ САХАРОВ

Теоретическая часть

Углеводы – это полигидроксиальдегиды и кетоны (оксо-форма), циклические полуацетали (циклическая форма), а также их олиго- и полимерные аналоги. В растениях и организмах животных углеводы выполняют как структурные, так и метаболические функции.

Моносахариды – это самые простые углеводы, состоящие из одного звена. Обычно это твердые сладкие вещества, хорошо растворимые в воде, хуже – в спиртах и практически не вступающие в реакцию с эфиром. Моносахариды (монозы) являются гетерофункциональными соединениями. В их молекулах одновременно содержатся оксогруппа и несколько гидроксильных групп. Если моносахариды содержат альдегидную группу, то они называются альдозами, если кетонную группу, – кетозами. Например, глюкоза – это альдоза, а фруктоза – это кетоза. Альдозы и кетозы разделяются на триозы, тетрозы, пентозы, гексозы и т. д. Наиболее распространены пентозы и гексозы (рис. 2.1). При обработке пентоз и гексоз спиртами или кислотами образуются аномерные гликозиды. Свободные гидроксильные группы сахаров могут быть полностью ацелированы или метилированы. Сахара восстанавливаются до сахароспиртов и окисляются до сахарных кислот.

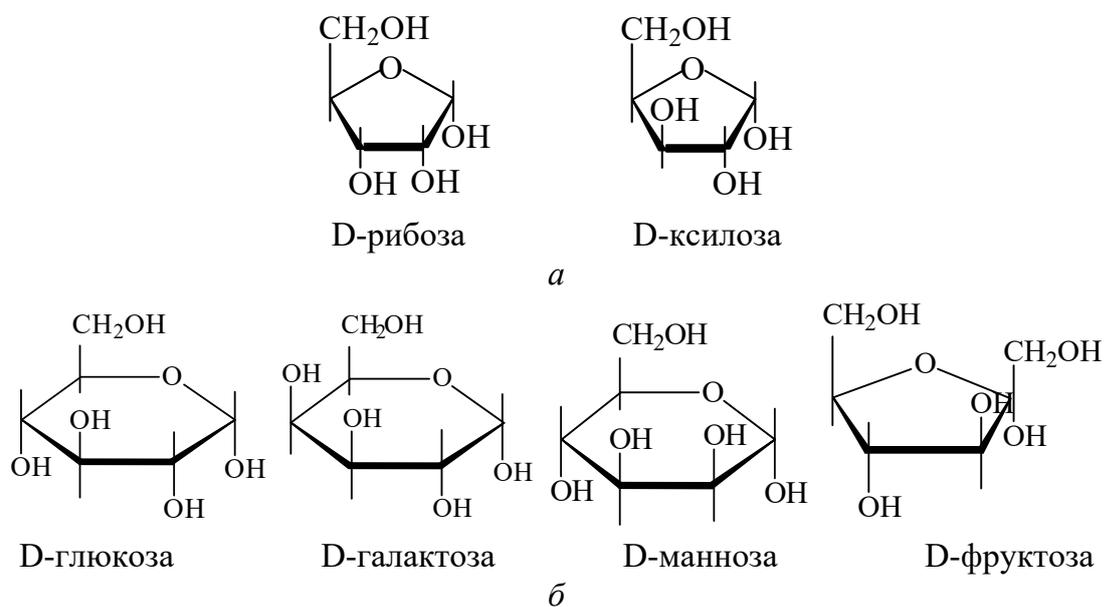
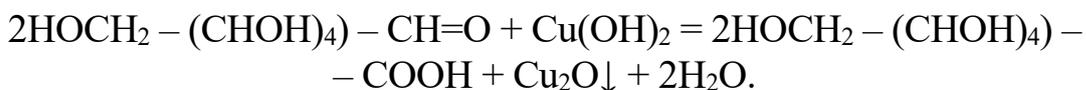


Рис. 2.1. Структурные формулы пентоз (а) и гексоз (б)

Дисахариды состоят из двух моносахаридов, связанных гликозидной связью. Все моносахариды и некоторые дисахариды, в том числе мальтоза и лактоза, относятся к группе редуцирующих (восстанавливающих) сахаров, т. е. соединений, способных восстанавливать металлы (Ag (I); Cu (II) и пр.); при этом углеводы окисляются до соответствующих альдоновых кислот.

Реакция глюкозы с гидроксидом меди



Сахароза представляет собой единственный нередуцирующий сахар среди распространенных в пищевой промышленности дисахаридов. Это объясняется тем, что в отличие от дисахаридов, в которых присутствует свободный полуацетальный гидроксил (мальтоза, целлобиоза), в сахарозе остатки глюкозы и фруктозы связаны через ацетильные центры (рис. 2.2).

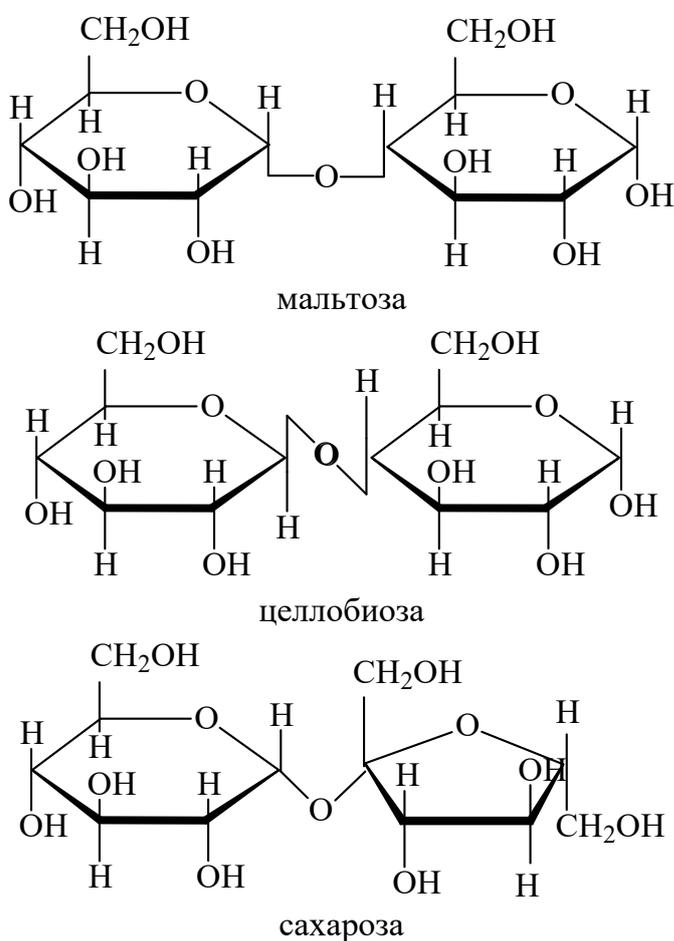


Рис. 2.2. Строение дисахаридов

Полисахариды (гликаны) подразделяются на гомогликаны, содержащие остатки только одного моносахарида (крахмал, гликоген, хитин, целлюлоза), и гетерогликаны, содержащие остатки двух и более различных моносахаридов (гиалуроновая кислота, хондроитинсульфаты, гепарин), связанные гликозидной связью.

Нарушение обмена углеводов приводит к возникновению ряда заболеваний (сахарный диабет, галактоземия, нарушения в системе запаса гликогена), поэтому определение содержания глюкозы в крови человека является важным диагностическим тестом.

Пищевые продукты содержат, главным образом, моносахариды (глюкоза, галактоза, фруктоза), дисахариды (сахароза, мальтоза, лактоза), трисахариды (в основном раффиноза) и полисахариды. Для большинства продуктов нормируется суммарное содержание сахаров (общий сахар), а для некоторых (карамель, патока и др.), кроме того, содержание редуцирующих сахаров, т. е. сахаров, способных легко окисляться. Общий сахар – это суммарное содержание сахарозы и восстанавливающих низкомолекулярных сахаров, выраженное в процентах сахарозы.

Химические методы определения сахаров

Химические методы разнообразны, однако все они, как и большинство физико-химических, основаны на способности сахаров окисляться в щелочной среде, восстанавливая при этом другие химические вещества с образованием альдоновых кислот. Количество восстановленного другого вещества эквивалентно содержанию сахара в испытуемом растворе.

Наиболее часто применяемые химические методы определения содержания сахаров можно разделить на две следующие группы:

1) методы, основанные на окислении сахаров щелочными растворами двухвалентной меди;

2) методы, основанные на окислении сахаров, содержащих свободную альдегидную группу (альдоз), – йодом в щелочной среде. Сахара, содержащие свободные кетонные группы (кетозы), например фруктоза, в этих условиях не окисляются.

Чаще применяют методы, основанные на окислении сахаров щелочным раствором окисного соединения меди с учетом количества восстановленной меди. Реже применяются методы, в которых используются другие окислители.

Метод Бертрана основан на способности альдегидной группы сахаров взаимодействовать с реактивом Фелинга и восстанавливать оксид меди (II) до оксида меди (I), выпадающей в виде осадка красного цвета (рис. 2.3).

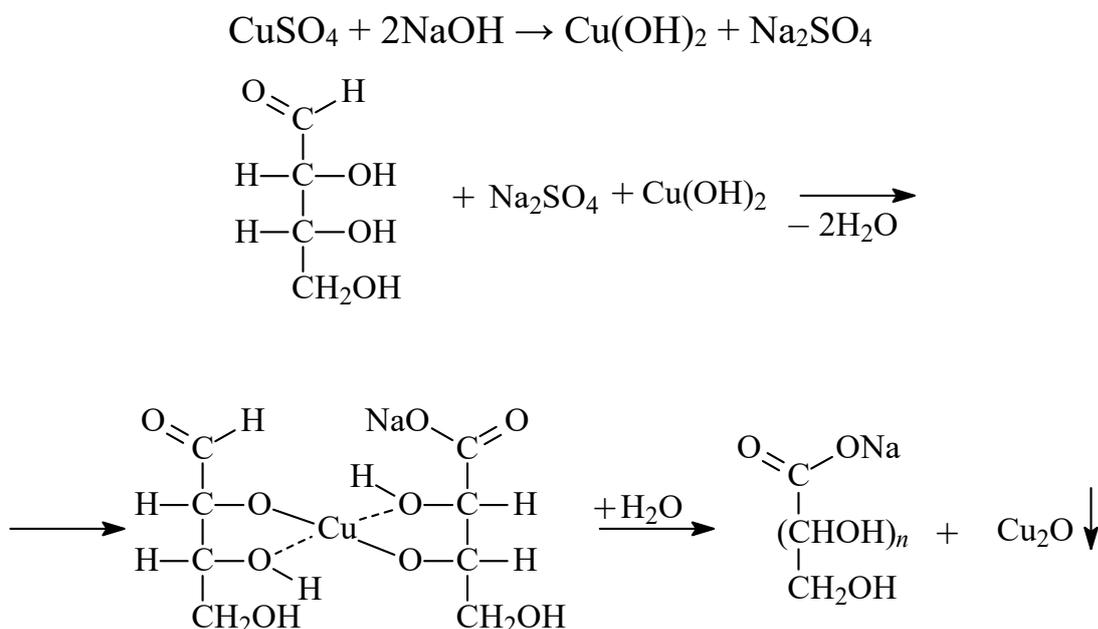


Рис. 2.3. Реакция эритрозы с реактивом Фелинга

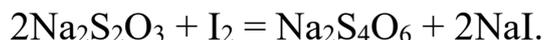
Приведенная реакция не является стехиометрической. Поэтому при пересчете меди на сахар пользуются эмпирическими таблицами, которые составлены при строго определенных условиях протекания реакции.

Количество сахара можно найти перманганатным (арбитражным), йодометрическим (ускоренным) методом, методом Лейна и Эйнона, горячего титрования. В перманганатном методе при растворении сульфатом железа (III) аммония образовавшийся оксид меди (I), окисляясь до оксида меди (II), восстанавливает железо (III) в железо (II), количество которого определяют титрованием раствором перманганата калия.

Йодометрический метод (по Шорлю). Основан на кипячении пробы с жидкостью Фелинга. Так как жидкость Фелинга берется в избытке, то часть меди окажется невосстановленной и останется в окисленной форме. Чтобы определить избыточное количество невосстановленной меди, в охлажденную после кипячения жидкость добавляют раствор йодистого калия и серной кислоты. Происходит реакция



Выделившийся молекулярный йод оттитровывают раствором тиосульфата натрия:



Для определения количества двухвалентной меди, восстановленной сахаром, проводят контрольный опыт, в котором вместо исследуемого раствора берут дистиллированную воду. По результату контрольного опыта определяют количество тиосульфата натрия, эквивалентного всей двухвалентной меди, участвующей в опыте. По разности объемов раствора тиосульфата натрия, пошедшего на титрование йода после взаимодействия с KI со всей двухвалентной медью (контрольный опыт), и той, что осталась после взаимодействия с редуцирующими сахарами, судят о количестве восстановленной сахаром двухвалентной меди. Данный метод отличается простотой, высокой точностью и возможностью определять содержание сахара в довольно широких пределах (от 0,3 до 88 мг в 30 мл раствора).

Определение содержания сахаров по методу Лейна – Эйнона. Метод основан на способности редуцирующих сахаров восстанавливать и превращать в бесцветное лейкосоединение – метиленовую синь. При этом метиленовая синь используется в качестве индикатора при окислении сахаров жидкостью Фелинга. К строго определенному количеству жидкости Фелинга добавляют несколько капель раствора метиленовой сини и титруют исследуемым сахарным раствором. При титровании происходит восстановление двухвалентной меди в одновалентную; после того как вся окисная медь превратится в закисную, незначительный избыток редуцирующего сахара реагирует с метиленовой синью – обесцвечивает ее, благодаря чему резко изменяется окраска жидкости.

Метод горячего титрования. Это ускоренный метод, который основан на способности редуцирующих сахаров восстанавливать в щелочном растворе медь (II) в медь (I). Массовую долю сахара определяют путем титрования медно-щелочного раствора (предварительно доводят до кипения) подготовленным исследуемым раствором сахара до перехода синей окраски медно-щелочного раствора в желтую.

Физико-химические методы определения сахаров

В настоящее время находят широкое применение физико-химические методы определения сахаров. В результате химических реакций сахара превращаются в вещество, физические характеристики которого измеряют (цвет, адсорбируемость и др.). Эти методы быстрые, менее трудоемкие, а в некоторых случаях точнее химических.

Количественное определение сахаров в продуктах растительного происхождения с помощью *хроматографии на бумаге* (по О. А. Павлюшиной). Определение сахаров включает в себя следующие основные операции: фиксацию растительного материала; экстракцию сахаров и очистку вытяжки от белков и других примесей; распределительную хроматографию сахаров на бумаге; элюацию сахаров с бумаги; определение их содержания в элюатах.

Определение восстанавливающих сахаров методом Шомодьи – Нельсона (предшественником метода Фолина – Ву). Колориметрический метод Шомодьи – Нельсона основан на реакции восстанавливающих сахаров с реактивом Шомодьи – Нельсона, в результате которой образуется окрашенное соединение «молибденовая синь» общего состава Mo_nO_{3n-x} голубого цвета. Интенсивность окраски пропорциональна содержанию восстанавливающих углеводов, которые определяют по величинам оптических плотностей при 508 нм, по калибровочной кривой, составленной с применением модельных растворов. Метод неспецифичен, трудоемок.

Определение фруктозы и других кетосахаров по реакции Селиванова. Определение основано на способности кетосахаров давать вишневую окраску с резорцином в кислой среде. При нагревании кетоз с соляной кислотой образуется 5-гидроксиметилфурфурол, который затем дает в реакции с резорцином окрашенный продукт конденсации (рис. 2.4).

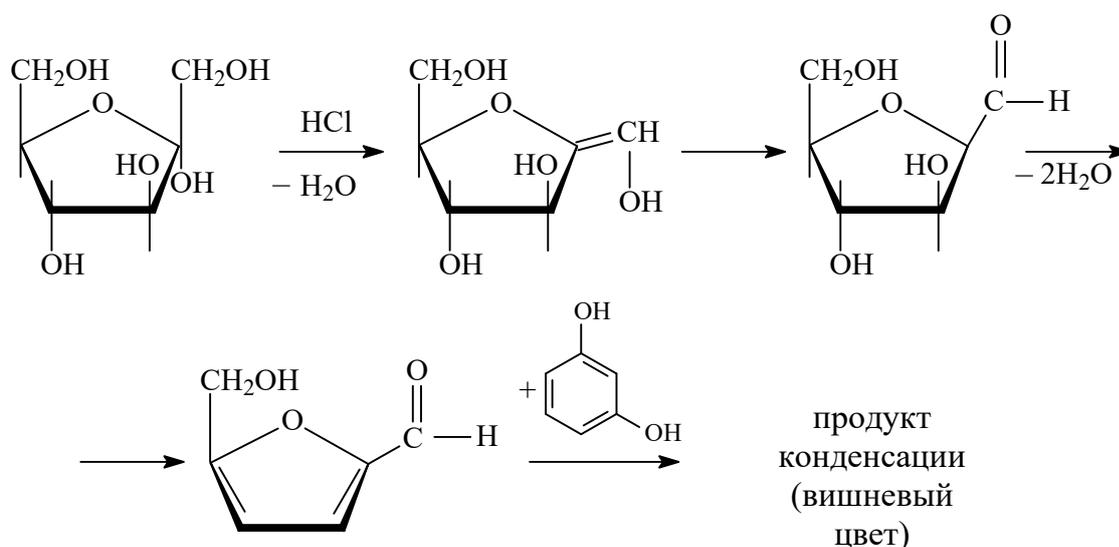


Рис. 2.4. Реакция Селиванова

Газохроматографическое определение отдельных сахаров.

Метод основан на переводе углеводов типа глюкозы, фруктозы, арабинозы, ксилозы, галактозы, сахарозы, мальтозы, лактозы, рафинозы, а также полиолов – сорбита и инозита в пищевых продуктах в триметилсилильные производные с последующей их идентификацией на газовом хроматографе.

Количественное ***определение сахаров по реакции с пикриновой кислотой (по Крезелиусу – Зейферту)***. При взаимодействии редуцирующих сахаров с пикриновой кислотой они окисляются до соответствующих кислот, а пикриновая кислота восстанавливается в пикраминую, обладающую красной или буровато-красной окраской. Метод пригоден для количественного определения глюкозы, галактозы, арабинозы, фруктозы, рамнозы, ксилозы, мальтозы, лактозы и крахмала. Метод быстр, но не очень точен. Ошибка может превышать 10–20%. В связи с этим указанный метод имеет ориентировочное значение.

Антроновый метод определения сахаров (по Моррису-Роэ).

Антроновый реактив образует зеленое окрашивание со всеми растворимыми углеводами, которые в одинаковой концентрации дают окрашенные растворы практически одной и той же оптической плотности. Это позволяет при определении углеводов использовать калибровочную кривую, составленную по глюкозе, для определения других сахаров в небольших концентрациях (до 0,2 мг в пробе). Точные результаты могут быть получены при наличии высокоочищенных химических реактивов и соблюдении постоянной температуры.

Физические методы определения сахаров

Известно не очень много таких методов. Физические методы определения сахаров основаны на измерении явных физических свойств сахаров специальными приборами, градуированными по корреляции «концентрация раствора – сила физического свойства раствора». Достоинства: простота, быстрота, отсутствие дорогостоящих реактивов и химических превращений. Недостатки: не слишком высокая воспроизводимость результатов. К таким методам относятся рефрактометрический, сахарометрический, поляриметрический.

Экспериментальная часть

Цель: приобрести навыки проведения качественной реакции на редуцирующие (восстанавливающие) сахара и овладеть методиками определения редуцирующих сахаров в кондитерской продукции.

Задачи:

1. Изучить качественную реакцию на редуцирующие сахара (реакцию Троммера).
2. Овладеть йодометрическим методом определения редуцирующих сахаров в кондитерской продукции.

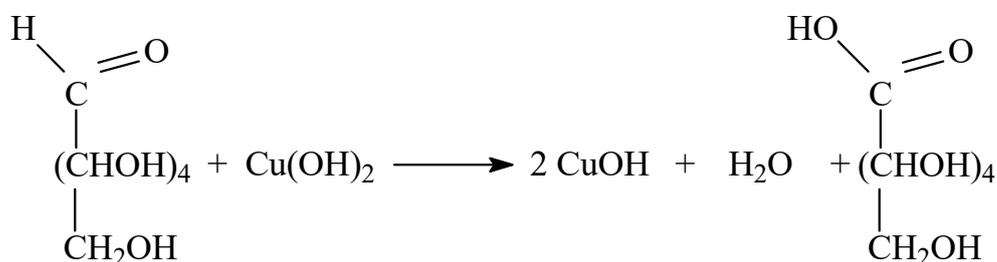
Реакция Троммера (проба на редуцирующие сахара)

Принцип метода. Моносахариды, окисляясь в щелочной среде, восстанавливают ионы меди (II) до меди (I), а также соли серебра до металлического серебра. Эти реакции могут использоваться для количественного определения восстанавливающих моносахаридов, молекулы которых содержат свободные карбонильные группы, которые при восстановлении меди (II) окисляются до карбоксильных.

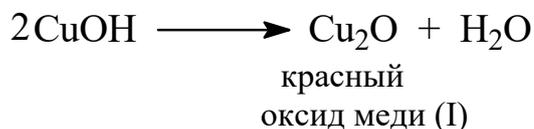
Применяемое оборудование и материалы: пипетки 1-2-5, 2-2-20; пробирки П1-16-150 ХС; глюкоза, 1%-ный раствор; лактоза, 1%-ный раствор; сахароза, 1%-ный раствор; натрия гидроксид, ч. д. а., 5%-ный раствор; сульфат меди (медный купорос), ч. д. а, 5%-ный раствор.

Порядок выполнения работы

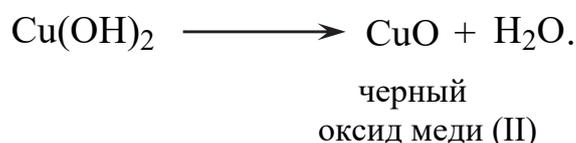
При нагревании смеси сначала появляется желтое окрашивание, обусловленное образованием гидроксида меди (I):



При дальнейшем нагревании желтая окраска раствора в присутствии восстанавливающих сахаров переходит в красную:



Избыток меди может затемнить реакцию, так как при нагревании $\text{Cu}(\text{OH})_2$ теряет воду и превращается в черный оксид меди(II):



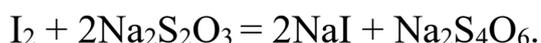
Определение редуцирующих сахаров йодометрическим методом

Принцип метода. Редуцирующими веществами или сахаром до инверсии, называется сумма всех сахаров (глюкоза, фруктоза, мальтоза, лактоза), восстанавливающих щелочной раствор меди или других поливалентных металлов.

Количество редуцирующих веществ выражается в инвертном сахаре. Общим сахаром, или сахаром после инверсии, называется сумма всех сахаров, полученных в результате инверсии исследуемого раствора, содержащего редуцирующие вещества и сахарозу, и восстанавливающих щелочной раствор меди или других поливалентных металлов.

Метод основан на окислении редуцирующих сахаров двухвалентной медью в щелочном растворе. При этом образуется осадок оксида меди Cu_2O в количестве, эквивалентном содержанию редуцирующих сахаров. О содержании Cu_2O судят по количеству невосстановленной меди, которая в кислой среде реагирует с йодистым калием, выделяя свободный йод, определяемый титрованием тиосульфитом натрия.

Реакции протекают по следующим уравнениям:



Вычислив содержание двухвалентной меди до реакции с редуцирующими сахарами (контрольный опыт), по разности между определениями находят количество образовавшейся закиси меди и эквивалентное ему содержание редуцирующих сахаров.

Данный метод применяют при исследовании кондитерских изделий и полуфабрикатов, кроме кондитерских изделий, содержащих сахара (белки, жиры и другие нутриенты – это мучные кондитерские изделия, полуфабрикаты для тортов, пирожных и восточных сладостей).

Применяемое оборудование и материалы: баня водяная; бумага индикаторная универсальная или лакмусовая; бумага фильтровальная лабораторная; бюретки 1-2-25-0,1 или 1-2-50-0,1; весы лабораторные с наибольшим пределом взвешивания 200 г и с наибольшим пределом взвешивания 1 кг; воронки; капельницы; колбы конические Кн-2-250-34 ТС; колбы мерные отливные 1-250-2 или 2-250-2; пестики 1 или 2, или 3; пипетки 2-2-5, 2-2-10, 2-2-25, 2-2-50; плитка электрическая нагревательная; ступка 4 или 5, или 6; стаканы и палочки стеклянные; термометр с диапазоном измерения 0–150°C с ценой деления 1°C; цилиндры отливные 1-5, 1-10, 1-25, 1-50 или 3-25, 3-100; вода дистиллированная; калий двуххромовокислый, стандарт-титр концентрации 0,1 моль/дм³ (0,1 н); калий йодистый, х. ч.; кислота серная, х. ч., 4 н раствор; крахмал растворимый, 1%-ный раствор; медь (II) сернокислая 5-водная, х. ч.; метиловый оранжевый, 0,1 г растворяют в 100 см³ горячей дистиллированной воды; натрий серноватисто-кислый (тиосульфат натрия), стандарт-титр 0,1 моль/дм³ (0,1 н); фенолфталеин, спиртовой раствор с массовой долей 1%.

Порядок выполнения работы

Подготовка проб для испытаний. Карамель предварительно очищают от отделочных материалов, а от карамели с начинкой откалывают уголки так, чтобы в навеску не попала начинка. Карамельную массу измельчают в ступке и навеску берут с таким расчетом, чтобы в 100 см³ раствора было около 0,5 г редуцирующих веществ.

Приготовление раствора сульфата меди (II). 25 г сульфата меди (II) растворяют в 100 см³ дистиллированной воды; 50 г лимонной кислоты растворяют отдельно в 50 см³ дистиллированной воды, 388 г кристаллогидрата карбоната натрия или 143,7 г безводного карбоната натрия также растворяют отдельно в 300–500 см³ горячей воды. Раствор лимонной кислоты осторожно вливают небольшими порциями в охлажденный раствор карбоната натрия. После прекращения выделения углекислого газа смесь раствора переносят в мерную колбу вместимостью 1000 см³, вливают в колбу раствор сульфата меди (II), доводят содержимое колбы дистиллированной водой до метки, перемешивают и, если нужно, фильтруют.

Приготовление раствора карамели для определения редуцирующих веществ. В карамельной массе содержится 15–20% редуцирующих сахаров, поэтому навеска карамели должна быть:

- около 1 г, если пользоваться колбой на 200 см³,
- 1,5–2,0 г, если вместимость колбы 250 см³.

Навеску берут с точностью до 0,01 г. Удобнее всего растворить навеску в стаканчике и полученный раствор с помощью стеклянной палочки и воронки перенести в мерную колбу на 250 см³. При доведении объема колбы до метки температура раствора и дистиллированной воды должна быть 20°C. После тщательного взбалтывания раствор карамели готов для исследования.

Проведение испытаний. Приготовить три конические колбы на 250 мл для проведения трех параллельных исследований:

- 1 – редуцирующих веществ (сахара до инверсии);
- 2 – общего сахара (сахара после инверсии) и сахарозы;
- 3 – контрольного опыта (вместо раствора карамели – дистиллированная вода).

В колбы вносят:

в колбу № 1:

- бюреткой или пипеткой Мора 25 см³ щелочного медно-цитратного раствора;
- и пипетками: 10 см³ карамельного раствора и 15 см³ дистиллированной воды;
- пемзу или пористую глину (для равномерности кипения);

в колбу № 2:

- бюреткой или пипеткой Мора 25 см³ щелочного медно-цитратного раствора;
- и пипетками: 10 см³ карамельного раствора после инверсии и 15 см³ дистиллированной воды;

в колбу № 3:

- бюреткой или пипеткой Мора 25 см³ щелочного медно-цитратного раствора;
- и пипеткой 25 см³ дистиллированной воды (вместо раствора карамели – 10 см³ дистиллированной воды и 15 см³ дистиллированной воды).

Колбы закрывают воронками и нагревают на электроплитке с центрами кипения (асбестом, пемзой) так, чтобы жидкость закипела через 2–4 мин, кипятят в течение 10 мин.

По окончании кипения колбы быстро охлаждают и в них из цилиндров добавляют:

- по 10 см³ раствора йодистого калия;
- и по 30 см³ 4 н. раствора серной кислоты (**во избежание выбрасывания жидкости серную кислоту приливают постепенно!!! Очень бурное пенообразование**).

При этом жидкость в колбах в результате выделившегося свободного йода окрашивается в бурый цвет.

Ее немедленно титруют 0,1 н. раствором тиосульфата натрия:

– сначала до светло-желтого цвета;
– затем, прилив 2–3 см³ 1%-ного раствора крахмала (появляется синяя окраска), до полного исчезновения синей окраски и появления окраски молочного цвета.

Количество редуцирующих веществ в 10 см³ раствора определяют по разности между количествами тиосульфата натрия, пошедшего на титрование контрольного и рабочего растворов, исходя из таблицы (ГОСТ 5903–89).

**Количество миллиграммов инвертного сахара во взятых
10 см³ раствора навески исследуемого изделия**

Масса инвертного сахара, мг										
Объем 0,1 моль/дм ³ раствора тиосульфата натрия, см ³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25
1	2,51	2,77	3,03	3,29	3,55	3,81	4,07	4,33	4,59	4,85
2	5,11	5,37	5,63	5,89	6,15	6,41	6,67	6,93	7,19	7,45
3	7,71	7,97	8,23	8,49	8,75	9,01	9,27	9,53	9,79	10,05
4	10,31	10,57	10,83	11,09	11,35	11,61	11,87	12,13	12,39	12,65
5	12,92	13,19	13,46	13,73	14,00	14,27	14,54	14,81	15,08	15,35
6	15,62	15,89	16,16	16,43	16,70	16,97	17,24	17,51	17,78	18,05
7	18,32	18,59	18,86	19,13	19,40	19,67	19,94	20,21	20,48	20,75
8	21,02	21,29	21,56	21,83	22,10	22,37	22,64	22,91	23,18	23,46
9	23,73	24,01	24,29	24,57	24,85	25,13	25,41	25,69	25,97	26,25
10	26,53	26,81	27,09	27,37	27,65	27,93	28,21	28,49	28,77	29,05
11	29,33	29,61	29,89	30,17	30,45	30,73	31,01	31,29	31,57	31,85
12	32,13	32,41	32,69	32,97	33,25	33,53	33,81	34,09	34,37	34,65
13	34,93	35,21	35,49	35,77	36,05	36,33	36,61	36,89	37,17	37,45
14	37,74	38,03	38,32	38,61	38,89	39,18	39,47	39,76	40,05	40,34
15	40,63	40,92	41,21	41,50	41,79	42,08	42,37	42,66	42,95	43,24
16	43,53	43,82	44,11	44,40	44,69	44,98	45,27	45,56	45,85	46,14
17	46,44	46,74	47,04	47,34	47,64	47,94	48,24	48,54	48,84	49,14
18	49,44	49,74	50,04	50,34	50,64	50,94	51,24	51,54	51,84	52,14
19	52,44	52,74	53,04	53,34	53,64	53,94	54,24	54,54	54,84	55,14
20	55,45	55,76	56,07	56,38	56,69	57,00	57,31	57,62	57,93	58,24
21	58,55	58,86	59,17	59,48	59,79	60,10	60,41	60,72	61,03	61,34
22	61,65	61,96	62,27	62,58	62,89	63,20	63,51	63,82	64,13	64,44

Обработка результатов

Содержание редуцирующих веществ X , %, вычисляют по формуле

$$X = \frac{100 \cdot a \cdot V}{V_1 \cdot 1000 \cdot m},$$

где a – количество инвертного сахара, найденное по таблице, мг; V – объем мерной колбы, см³; V_1 – объем исследуемого раствора, взятого для анализа, см³; 1000 – пересчет миллиграммов инвертного сахара, г; m – навеска изделия, г.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,5%.

Определение содержания общего сахара (после инверсии) йодометрическим методом

После инверсии в растворе карамели определяют общее количество сахаров (редуцирующие вещества плюс инвертный сахар, образовавшийся из сахарозы) йодометрическим методом. Содержание сахарозы рассчитывают по разности между количеством сахаров после инверсии и до нее.

Применяемое оборудование и материалы: те же, что и для определения редуцирующих веществ йодометрическим методом; пипетки на 5, 50 мл (2-2-5, 2-2-50); мерный цилиндр на 10 мл (цилиндр отливной 1-10); мерная колба на 250 мл (колба мерная отливная 1-250-2 или 2-250-2); кислота соляная, х. ч., пл. 1,19 г/см³; натрия гидроксид, ч. д. а. (25 г в 100 мл раствора); метилоранж 0,2%-ный водный раствор.

Порядок выполнения работы

50 мл раствора карамели, приготовленного при определении редуцирующих веществ, пипеткой вносят в мерную колбу на 250 мл (или 40 мл – в колбу на 200 мл), добавляют 50 мл (или соответственно 60 мл) воды и 5 мл концентрированной соляной кислоты и, опустив в колбу термометр, нагревают ее в течение 5 мин на водяной бане при температуре содержимого колбы 60–70°C.

Затем колбу быстро охлаждают до комнатной температуры, удаляют термометр, предварительно ополоснув его дистиллированной водой, нейтрализуют соляную кислоту раствором гидроксида

натрия или калия (25 г в 100 см³), к концу нейтрализации приливают раствор гидроксида натрия или калия с массовой долей 1% до появления желто-оранжевого окрашивания.

Конец нейтрализации проверяют по лакмусовой или универсальной индикаторной бумажке, опущенной в колбу, или приливанием одной капли метилового оранжевого.

Раствор в колбе доводят дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают. В полученном растворе определяют инвертный сахар так же, как и до инверсии.

Обработка результатов

Содержание инвертного сахара X_1 рассчитывают по формуле

$$X_1 = \frac{100 \cdot a \cdot V \cdot V_2}{V_1 \cdot 1000 \cdot V_3 \cdot m},$$

где a – количество инвертного сахара, найденное по таблице данной лабораторной работы, мг; V – объем мерной колбы, в которой растворяли навеску, см³; V_2 – объем мерной колбы, в которой проводили инверсию; V_1 – объем исследуемого раствора, взятого для анализа; 1000 – пересчет миллиграммов инвертного сахара, г; V_3 – объем раствора, взятого для инверсии; m – навеска изделия, г.

Для пересчета общего сахара, выраженного в сахарозе, количество общего сахара умножают на коэффициент 0,95.

Допускаемое расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,5%.

Содержание сахарозы S , %, вычисляют на основании результатов, полученных при определении сахара до инверсии и общего сахара, по формуле:

$$S = 0,95 \cdot (X_1 - X).$$

Формулирование выводов по результатам выполненной работы

Проанализировать полученные результаты, сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Какова биологическая роль углеводов и их распространение в природе?
2. Описать особенности строения углеводов, их классификацию.

3. Привести физические и химические свойства моносахаридов. Гликозиды, сахарные кислоты, аминсахара. Сладость углеводов.
4. Охарактеризовать олигосахариды, основные дисахариды животных и растительных организмов. Их строение и свойства (мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза).
5. Описать строение и свойства основных представителей полисахаридов (крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин, пектиновые вещества).
6. Привести примеры групповых и специфических реакций на углеводы.
7. Какое свойство сахаров положено в основу их определения йодометрическим методом? Описать химизм реакции меди с сахарами.
8. При каких условиях происходит инверсия сахарозы? Привести реакцию. Чем отличается инвертный сахар от обычной сахарозы?
9. В каких пищевых производствах применяют свойство сахарозы образовывать инвертный сахар?
10. Какова пищевая и энергетическая ценность углеводов для организма человека?
11. Содержание каких углеводов придает пищевому продукту функциональные свойства?
12. В каких пищевых продуктах нормируется содержание сахаров? Привести примеры документов.
13. Какова суточная потребность в углеводах для организма человека?
14. Охарактеризовать показатель «гликемический индекс» продуктов. Привести примеры пищевых продуктов с высоким и низким гликемическим индексом.

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАРОТИНА В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

Теоретическая часть

Витамины – низкомолекулярные органические соединения различной химической природы, биорегуляторы процессов, протекающих в живом организме. Для нормальной жизнедеятельности человека витамины необходимы в небольших количествах, но так

как организм не может удовлетворить свои потребности в них за счет биосинтеза (он не синтезирует витамины или синтезирует их в недостаточном количестве), они должны поступать с пищей в качестве ее обязательного компонента. Отсутствие или недостаток витаминов в организме вызывает гиповитаминоз (при длительном недостатке одного или нескольких витаминов) и авитаминоз (характеризующийся полным отсутствием определенного витамина или же его недостаточным усвоением). Авитаминоз является крайней степенью гиповитаминоза.

Витамины условно обозначаются буквами латинского алфавита: *A, B, C, D, E, K*. Современные названия витаминов приняты в 1956 г. Комиссией по номенклатуре биохимической секции Международного союза по теоретической и прикладной химии (IUPAC).

По растворимости витамины могут быть разделены на две группы: водорастворимые (*C, PP*, группы *B*, др.) и жирорастворимые (*A, D, E, K*). В настоящее время синтезированы водорастворимые препараты аналогов жирорастворимых витаминов.

Определение витаминов в пищевых продуктах – достаточно сложный и трудоемкий процесс. Этого обусловлено тем, что в пищевых продуктах, как правило, присутствует группа соединений, имеющих большое химическое сходство и одновременно различающихся по биологической активности. Например, витамин *E* включает 8 токоферолов, сходных по химическим свойствам, но отличающихся биологическим действием; группа каротинов и каротиноидных пигментов, присутствующих в пищевых продуктах, насчитывает >50 соединений, из которых только 10 присутствуют в плазме крови в ощутимых количествах.

Витамины принадлежат к различным классам органических соединений. Поэтому для них не могут существовать общие групповые реакции и общие методы исследования. Витамины в пищевых продуктах можно исследовать с использованием биологических (микробиологических), физических, химических и физико-химических методов. Микробиологические методы основаны на измерении скорости роста бактерий, которая пропорциональна концентрации витамина в исследуемом объекте.

Физико-химические методы исследования витаминов основаны на использовании физико-химических характеристик витаминов (их способности к флуоресценции, светопоглощению, окислительно-восстановительным реакциям и др). Благодаря развитию

аналитической химии и приборостроения физико-химические методы почти полностью вытеснили длительные и дорогостоящие биологические методы. К ним относятся оптические, электрохимические и хроматографические методы анализа.

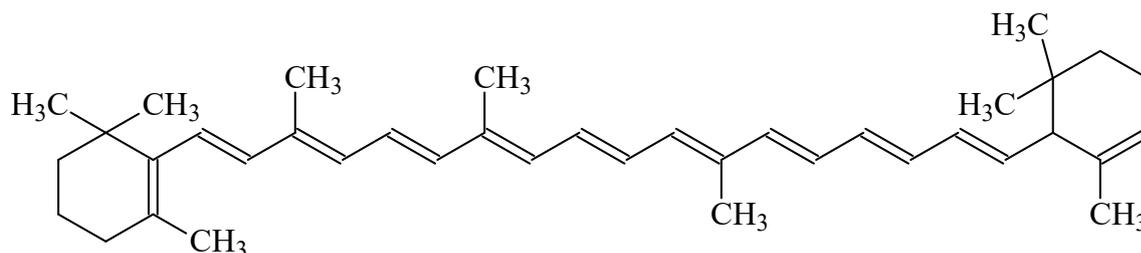
Среди оптических методов наибольшее распространение получили спектрофотометрические и фотоколориметрические методы, основанные на общем принципе – существовании в известных границах концентраций прямой пропорциональной зависимости между светопоглощением раствора и концентрацией растворенного вещества.

В последние годы для определения витаминов в пищевых продуктах с успехом стали использовать метод высокоэффективной жидкостной хроматографии. Этот метод является наиболее перспективным, так как позволяет одновременно разделять, идентифицировать и количественно определять различные витамины и их биологически активные формы, что позволяет сократить время анализа.

Для устранения возможных погрешностей при определении витаминов в пищевых продуктах обычно проводят тщательную очистку экстрактов от сопутствующих соединений и концентрирование витамина. Для этого используют различные приемы: осаждение мешающих анализу веществ, методы адсорбционной, ионообменной или распределительной хроматографии, избирательную экстракцию определяемого компонента и др.

При анализе витаминов необходимо учитывать, что эти соединения очень неустойчивые, легко подвергающиеся окислению, изомеризации и полному разрушению под воздействием высокой температуры, кислорода воздуха, света и других факторов. Следует соблюдать меры предосторожности: максимально сокращать время на предварительную подготовку продукта, избегать сильного нагрева и воздействия света, использовать антиоксиданты и др.

Витамин *A* встречается в качестве четырех индивидуальных представителей: ретинол, ретинилацетат, ретиналь, ретиноевая кислота. В форме ретинола витамин *A* является простетической группой зрительного белка – родопсина. Обнаружен только в продуктах животного происхождения, например в рыбьем жире, печени трески, сливочном масле. В растительной пище присутствует провитамин витамина *A* – β -каротин (рисунок).



Структурная формула β-каротина

Бета-каротин – это растительный пигмент оранжево-желтого цвета. Он относится к классу каротиноидов натурального происхождения. При поступлении в организм расщепляется и синтезируется в витамин *A*. Бета-каротин обладает мощными антиоксидантными, адаптогенными и иммуностимулирующими свойствами.

Экспериментальная часть

Цель: оценить и сравнить каротиноидный статус плодов и овощей, а также консервированной пищевой продукции белорусских производителей.

Задачи:

1. Овладеть методикой экстракции каротиноидов из матрицы продукта.
2. Определить содержание каротина в исследуемых объектах.
3. Проанализировать полученные результаты, сделать вывод.

Определение массовой доли каротина

Принцип метода. Метод основан на фотометрическом определении массовой концентрации каротина в растворе, полученном после экстрагирования каротина из продуктов органическим растворителем.

Применяемое оборудование и материалы: спектрофотометр, подходящий для измерений при длине волны 450 нм, оборудованный кюветным отделением с длиной оптического пути 10 мм; весы лабораторные с наибольшим пределом взвешивания 200 г, 500 г; хроматографическая колонка диаметром 10–20 мм; сетчатый фильтр класса P40; вата, обезжиренная петролейным эфиром; электрошкаф сушильный лабораторный с диапазоном нагрева от 40 до 200°C; лабораторная ступка с пестиком; эксикатор, содержащий

эффективный осушитель; коническая колба вместимостью 500 см³; делительная воронка вместимостью 250–500 см³; фильтры стеклянные (Шотта); стаканы вместимостью 50 см³; мерные колбы с одной отметкой вместимостью 50 и 100 см³; эфир петролейный с температурой кипения 70–90°С или гексан; ацетон, х. ч. или ч. д. а.; кварцевый песок, промытый кислотой и прокаленный в муфельной печи; оксид алюминия : сульфат натрия безводный, смесь 3 : 1 по массе; оксид алюминия : гидроксид кальция, смесь 1 : 1 по массе; калия бихромат, х. ч.; натрий серноокислый безводный, прокаленный в течение 1 ч, при 100°С; бумага фильтровальная лабораторная; вода дистиллированная.

Порядок выполнения работы

Приготовление стандартного раствора. 36 мг бихромата калия растворяют в воде в мерной колбе вместимостью 100 см³ и доводят объем до метки; 1 см³ такого раствора по окраске соответствует 2,08 мкг β-каротина в 1 см³.

Экстракция каротина из жидких продуктов. Тщательно перемешивают лабораторную пробу до однородного состояния.

Жидкие продукты (соки, пюре) в количестве 5,0–10,0 г взвешивают в стакане. Приливают в стакан 5–7 см³ ацетона. Декантируют полученный экстракт на стеклянный фильтр (с фильтровальной бумагой на дне) в делительную воронку.

Фильтровальную бумагу с осадком переносят в стакан, где была навеска сока. Экстракцию проводят до обесцвечивания последней порции ацетона. Обычно достаточно пятикратной экстракции.

Ацетоновый фильтрат встряхивают в делительной воронке с 15 см³ гексана (**встряхивают осторожно во избежание образования эмульсии!**).

Экстракция каротина из продуктов плотной консистенции. Из вязких продуктов (например, мармелады, фрукты в сиропе) и твердых продуктов (например, фрукты и овощи) удаляют семена и кожуру, при необходимости, а затем тщательно перемешивают лабораторную пробу до однородного состояния.

Взвешивают удаленные семена и кожуру для внесения поправки в полученный результат.

Замороженные продукты размораживают в закрытом контейнере. При необходимости также удаляют семена и кожуру.

Присоединяют жидкость, образовавшуюся при размораживании, к продукту и тщательно перемешивают до однородного состояния.

Взвешивают от 1 до 2 г подготовленной пробы с точностью до 0,01 г. Количественно переносят навеску пробы в ступку. Растирают в ступке с равным количеством кварцевого песка и 5–7 см³ ацетона.

Декантируют полученный экстракт на стеклянный фильтр (с фильтровальной бумагой на дне) в делительную воронку. Экстракцию проводят до обесцвечивания последней порции ацетона. Обычно достаточно пятикратной экстракции.

Ацетоновый фильтрат встряхивают в делительной воронке с 15 см³ гексана (**встряхивают осторожно во избежание образования эмульсии!**).

Перезэкстракция каротиноидов. Каротин переходит из нижнего ацетонового в верхний слой второго экстрагента. Если после встряхивания слои полностью не разделяются, добавляют 1–2 см³ воды. После разделения слоев нижний водоацетоновый слой отбрасывают, а верхний слой промывают водой до полного удаления ацетона.

При необходимости производят обезвоживание экстракта каротиноидов на воронке со складчатым фильтром и 1–2 г натрия серноокислого безводного на дне фильтра.

Хроматографическое разделение. На протяжении всей процедуры разделения колонка всегда должна быть заполненной гексаном выше уровня поверхностного слоя адсорбента!

Помещают ватную пробку в широкую, нижнюю часть хроматографической колонки. Аккуратно встряхивая, загружают в колонку суспензию деактивированного оксида алюминия или смеси оксида алюминия с безводным сульфатом натрия на высоту 15–20 см.

Оксид алюминия не является подходящим сорбентом для случая разделения ликопинов. Для продуктов, содержащих в составе ликопиновые каротиноиды (например, томатов и продуктов из них), используют смесь оксида алюминия с гидроксидом кальция в качестве адсорбента.

Для сбора элюата из колонки используют колбу вместимостью 100 см³. Заполняют колонку гексаном. Когда уровень гексана будет находиться на 1 см выше поверхности адсорбента, приливают 5–20 см³ (точно измеренного) раствора пробы (V_2), в зависимости от интенсивности окраски. Когда уровень раствора пробы

опустится около 1 см над поверхностью адсорбента, добавляют 30 см³ гексана. Повторяют добавление до тех пор, пока не будет получен прозрачный элюат (обычно после добавления 20 см³ гексана).

В зависимости от интенсивности окраски полученного элюата корректируют его объем (концентрируя или разбавляя гексаном, при необходимости) таким образом, чтобы в 1 см³ содержалось 0,4–3,0 мкг каротина. Регистрируют конечный объем элюата (V_3).

Измерение. Измерения оптической плотности элюата проводят при длине волны 450 нм, в кюветах с длиной оптического пути 10 мм, используя в качестве раствора сравнения гексан.

Обработка и оформление результатов

Коэффициент молярной абсорбции $A_{1\text{см}}^{1\%}$ для чистого раствора β -каротина в гексане при 450 нм равен 2400.

Содержание каротина (выраженное через β -каротин) в продукте вычисляют по формуле

$$W = \frac{A \cdot V_1 \cdot V_3}{0,24 \cdot V_2 \cdot m},$$

где $W(\text{C}_{40}\text{H}_{56})$ – содержание каротина, мкг/г продукта; A – величина оптической плотности полученного элюата; V_1 – объем раствора пробы, см³ (например, 50 или 100 см³); V_3 – конечный объем элюата, см³; 0,24 – корректирующий коэффициент для β -каротина; V_2 – объем раствора пробы, взятый для хроматографического разделения, см³; m – масса пробы продукта.

Формулирование выводов по результатам выполненной работы

Проанализировать полученные результаты, сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Какова биологическая роль витаминов для организма человека?
2. Привести классификацию витаминов.
3. Перечислить жирорастворимые витамины и их функции.
4. Назвать источники жирорастворимых витаминов в традиционном рационе населения Беларуси.
5. Привести примеры водорастворимых витаминов и пищевые продукты, ими богатые.

6. Какие продукты питания называются витаминизированными в рамках законодательства ЕАЭС?

7. Перечислить основные группы продуктов питания для обогащения витаминами. Привести примеры групп продуктов и витамины, которыми они обогащаются.

8. В каких НПА или ТНПА установлены суточные нормы потребления витаминов различными категориями населения?

9. Какие заболевания возникают при нехватке (избытке) поступления витаминов в организм человека?

10. Привести примеры витаминоподобных веществ.

Лабораторная работа № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ И АКТИВНОСТИ ВОДЫ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

Теоретическая часть

Понятие «**активность воды**» выводится из фундаментальных принципов термодинамики и физической химии. При определении активности воды на основе термодинамического принципа должны выполняться некоторые требования. Этими требованиями являются: чистая вода ($a_w = 1$) в стандартном состоянии, система находится в равновесии и температура определена.

В равновесном состоянии

$$\eta = \eta_0 + RT \cdot \ln \left(\frac{f}{f_0} \right),$$

где η , Дж моль⁻¹, – химический потенциал системы, т. е. термодинамическая активность, или энергия на моль вещества; η_0 – химический потенциал чистого вещества при температуре T (К); R – газовая постоянная (8,314 Дж моль⁻¹ · К⁻¹); f – летучесть (коэффициент летучести), или способность вещества к испарению (улетучиванию); f_0 – способность чистого вещества к улетучиванию.

Активность частиц определяется как $a = f/f_0$. Когда речь идет об активности воды, она обозначается с нижним индексом w , относящимся к веществу, $a_w = f/f_0$, a_w – активность воды, или способность воды к испарению (улетучиванию) в системе, деленная на

способность воды к испарению (улетучиванию) в отсутствие радиуса кривизны.

Для практических целей при большинстве условий, в которых находятся пищевые продукты, коэффициент летучести с очень хорошим приближением сравним с давлением паров воды ($f \sim p$), поэтому

$$a_w = \frac{f}{f_0} \sim \frac{p}{p_0}.$$

Равновесие в системе достигается тогда, когда величина химического потенциала μ одинакова во всей системе. Равновесие между жидкой и паровой фазой подразумевает, что величина μ одинакова в обеих фазах. Это именно тот факт, который позволяет проводить измерение паровой фазы для определения активности воды в образце.

Активность воды определяется так же, как отношение давления паров воды в веществе (p) к давлению чистой воды (p_0) при одной и той же температуре:

$$a_w = \frac{p}{p_0} = \frac{ERH}{100}.$$

Относительная влажность воздуха рассчитывается как отношение давления паров воды в воздухе к его насыщающему давлению паров. При наступлении состояния равновесия температуры и паров активность воды образца равна относительной влажности воздуха, окружающего образец в герметичной (замкнутой) измерительной камере. Умножение величины активности воды на 100 дает равновесную относительную влажность (ERH) в процентах.

Активность воды зависит от температуры. Температурные изменения активности воды обусловлены изменениями в связывании воды, диссоциации веществ в воде, растворимости в воде различных веществ или состоянии матрицы. Поскольку состояние матрицы (стеклообразное в сравнении с резиноподобным) зависит от температуры, неудивительно, что температура влияет на активность воды в пищевых продуктах.

Влияние температуры на активность воды в пищевом продукте является специфичным для конкретного продукта. Активность воды некоторых продуктов повышается с увеличением температуры, у других продуктов величина a_w с повышением температуры снижается, тогда как активность воды у большинства продуктов с

высоким содержанием влаги незначительно меняется с температурой. Поэтому нельзя предсказать даже направление изменения активности воды с температурой, поскольку она зависит от того, как температура влияет на факторы, которые контролируют активность воды в продукте питания.

Активность воды (a_w) является одним из наиболее важных факторов, определяющих качество и безопасность продуктов, потребляемых ежедневно. Активность воды влияет на сроки хранения, безопасность, структуру, вкус и запах продуктов питания. Она важна также для стабильности фармацевтических препаратов и косметической продукции. В то время как температура, pH и некоторые другие факторы могут влиять на то, как и с какой скоростью будет расти (если вообще будет) в продукте микроорганизм, активность воды может быть наиболее важным фактором контроля порчи продуктов. Большинство бактерий, например, не растут при величинах активности воды ниже 0,91, а большинство плесневых грибов прекращают рост при активностях воды ниже 0,80. Измерив активность воды, можно предсказать, какие микроорганизмы будут и какие не будут потенциальными источниками порчи продукта (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Границы роста микроорганизмов в зависимости от величины a_w

Микроорганизм	Нижняя граница активности воды
Большинство бактерий	0,90
Большинство дрожжей	0,86
Большинство плесневых грибов	0,79
Галофитные бактерии	0,70
Осмофильные дрожжи	0,67
Ксерофильные плесневые грибки	0,60

Активность воды определяет нижний предел имеющейся воды, доступной для роста микроорганизмов. Кроме влияния на микробную прочу продуктов, активность воды может играть существенную роль при определении активности ферментов и витаминов в пищевых продуктах и может оказывать решающее влияние на их цвет, вкус, аромат (запах). Она может также оказывать значительное влияние на лекарственное действие и устойчивость фармацевтических препаратов.

Таким образом, можно подытожить, что величина активности воды a_w в большей степени является качественным показателем, чем количественным, и влияет на следующие критерии качества продуктов питания и (или) пищевого сырья:

- возможность роста микроорганизмов;
- органолептические характеристики, такие как цвет, вкус, запах и др.;
- срок хранения (устойчивость продукта при хранении);
- растворимость или структуру;
- стабильность состава;
- реакцию на влажность и температуру окружающей среды;
- процентное содержание белков и витаминов.

Изменять активность воды продукта можно различными способами: добавлением растворимых солей, сахаров и других компонентов, обезвоживанием, повышением осмотического давления, превращением части воды в лед при замораживании и др. В пищевой технологии традиционно в качестве веществ, понижающих активность воды, используют сахар и поваренную соль. В насыщенном растворе сахара при 20°C активность воды составляет 0,864, а поваренной соли – 0,753. В последние годы ассортимент водосвязывающих добавок постоянно расширяется, предлагаются вещества различной природы: соли, полисахариды, аминокислоты, белки, многоатомные спирты и т. п.

Для достижения требуемой активности воды добавляют различные ингредиенты в продукт, обработанный одним из указанных выше способов, и дают ему возможность прийти в равновесное состояние, так как один лишь процесс сушки часто не позволяет получить нужную консистенцию. Применяв увлажнители, можно увеличить влажность продукта, но снизить активность воды. Потенциальными увлажнителями для пищевых продуктов являются крахмал, молочная кислота, сахара, глицерин и др.

Измерение активности воды

Практика работы лаборатории по измерению величины a_w в соответствии с международным стандартом требует измерения при температуре 25°C. При измерении образцов с высокой активностью воды (обычно выше 0,7 единиц a_w для получения точных

и воспроизводимых результатов) необходимо контролировать температуру. Ниже указаны значения активности, при которых происходит рост микроорганизмов и образование токсинов (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Значения активности, при которых происходит рост микроорганизмов и образование токсинов

Организм	Рост	Образование токсинов
<i>Clostridium botulinum</i>		
Тип А	0,95	0,95
Тип В	0,94	0,94
Тип Е	0,97	0,97
<i>Staphylococcus aureus strains</i> (штаммы стафилококков)	0,86	0,87 (Enterotoxin А)

Для определения активности воды пищевых продуктов используют различные методы: манометрические (непосредственное измерение давления паров воды в вакууме), гигрометрические, тензометрические и т. д.

Измерение точки росы на охлаждаемом зеркале

В приборах с измерением точки росы на охлаждаемом зеркале образец уравнивается в пределах области паровой фазы замкнутой (герметичной) камеры, содержащей зеркало, оптический датчик, внутренний вентилятор и инфракрасный температурный датчик. В условиях равновесия относительная влажность воздуха в камере становится одинаковой с активностью воды в образце. Термоэлектрический охлаждающий элемент (принцип действия которого основан на эффекте Пельтье) точно контролирует температуру зеркала. Оптический отражающий датчик точно обнаруживает момент, когда начинается первичная конденсация влаги. Пучок инфракрасного света направляется на зеркало и отражается обратно на фотоприемник, который детектирует изменение в отражающей способности зеркала, когда на нем происходит конденсация влаги. Термопара, присоединенная к этому зеркалу, точно измеряет температуру точки росы. Встроенный и находящийся внутри прибора вентилятор предназначен для циркуляции воздуха, которая уменьшает время уравнивания (достижения равновесия) и контролирует проводимость граничного слоя поверхности зеркала. Кроме того, термоэлемент (инфракрасный термометр) измеряет температуру

определения активности воды. Во время измерения активности воды прибор многократно определяет температуру точки росы до тех пор, пока не достигается равновесие паров. Поскольку измерение основано на измерении температуры, калибровка прибора не обязательна, однако измерение стандартного солевого раствора проверяет правильность работы данного прибора. Если имеется какая-либо проблема, зеркало легкодоступно и может быть очищено за несколько минут.

Экспериментальная часть

Цель: овладеть методиками определения активности воды и влажности пищевых продуктов на современных анализаторах.

Задачи:

1. Изучить порядок работы на анализаторе влажности RADWAG.
2. Определить содержание влаги в исследуемых объектах.
3. Изучить порядок работы на анализаторе активности воды Roremeter RM-10.
4. Определить активность воды в исследуемых объектах.
5. Провести сравнительный анализ полученных результатов, сделать выводы.

Применяемое оборудование и материалы: анализатор активности воды Roremeter RM-10; пластмассовые емкости для помещения образца, которые могут быть использованы в том числе и для хранения (перемещения образца; изотермический контейнер для перемещения образца на большие расстояния; влагомер весовой (весовой анализатор влажности) серии МАХ, модель МАХ 50/1; бумага фильтровальная лабораторная.

Порядок выполнения работы

Получить у преподавателя образцы пищевых продуктов для определения влажности и активности воды из следующего списка:

- пищевые добавки;
- мясные изделия (сосиски, колбасы и т. п.);
- овощи (свекла, морковь, тыква и т. п.);
- фрукты (яблоко, банан);
- хлебобулочные изделия (хлеб, батон).

Определение активности воды

Принцип метода. Метод измерения основан на фиксации «точки росы» на зеркальном датчике прибора Roremeter RM-10.

Условия выполнения измерений: при выполнении измерений в лаборатории на приборе Roremeter RM-10 должны быть соблюдены следующие условия:

- температура эксплуатации: $+15\dots+30^{\circ}\text{C}$;
- температура хранения (прибора): $-20\dots+55^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность: не более 80% (без конденсации влаги).

Питание прибора должно осуществляться от сети переменного тока с параметрами: напряжение $-230\text{ В } (\pm 10\%)$, частота 50–60 Гц.

В месте расположения прибора не должно быть сильных вибраций, прямых солнечных лучей, мощных электрических и магнитных полей, сквозняков, вызывающих перепады температуры в помещении, где проводятся измерения.

Перед проведением измерений анализатор, калибровочные растворы и порошок «Целита», исследуемые образцы должны быть выдержаны в помещении, где проводят калибровку или измерения, не менее 2 ч.

Подготовка к выполнению измерений

Перед выполнением измерений должны быть проведены следующие работы:

- подготовка средств измерений;
- подготовка вспомогательных устройств;
- отбор проб анализируемых объектов.

Подготовка средств измерений, вспомогательных устройств

Подготовка средств измерений и вспомогательных устройств проводится согласно техническому описанию, прилагаемому к прибору Roremeter RM-10. Анализатор прогревают не менее 15 мин. Для получения результатов с заданной точностью необходимо соблюдать следующие условия:

- во время измерения температура помещения должна быть стабильной (все окна закрыты, отсутствует нагрев от нагревательных приборов, выключен кондиционер и (или) вытяжной шкаф и т. д.);
- в измерительной камере и на наружной поверхности пластиковой емкости должны отсутствовать какие-либо загрязнения (например, соль, жидкость и т. д.).

Подготовленные пробы должны иметь такую же температуру, как и прибор.

Если продукт имеет неоднородную структуру (например, в кондитерских изделиях используются разного рода начинки, которые могут быть наиболее скоропортящейся частью продукта), то для определения величины активности воды пищевого продукта берется непосредственно начинка из середины исследуемого продукта.

В случае, если продукт имеет однородную структуру, образец следует брать из середины исследуемого продукта (так как в середине значение активности воды максимально).

Пластмассовые емкости для хранения образца промывают водопроводной водой, ополаскивают дистиллированной водой и высушивают. После каждого анализа использованные пластмассовые емкости подвергают той же обработке. Чистая посуда должна храниться в закрытом виде, и желательно использовать ее только для этого анализа.

Выполнение измерений

Проверка работоспособности прибора. При проведении опробования включают главный переключатель, расположенный на задней панели анализатора. Прибор выполняет самотестирование (около 10 с). На дисплее появляется сообщение «**TEST ... 123...**». По окончании тестирования на дисплее появляется сообщение «**READY**» («Готов к измерению»).

О готовности анализатора для проведения измерений свидетельствуют показания на дисплее, которые не меняются в течение 5 мин.

Необходимо убедиться, что измерительная камера не имеет никаких загрязнений и наружная поверхность пластиковых емкостей сухая и не содержит следов пробы.

Для проведения измерений подготовленную пробу в открытой пластиковой емкости (без крышки) вставляют в держатель пробы и вдвигают в измерительную камеру анализатора. Убеждаются, что камера плотно закрыта. Для получения более точных результатов рекомендуется выдержать пробу в закрытой измерительной камере в течение 10–15 мин.

Далее:

- нажимают кнопку «**START**», затем кнопку «**E**»;
- через 5–15 мин происходит измерение (о чем известит звуковой сигнал).

На дисплее прибора высвечивается измеренное значение активности воды в единицах a_w . Для получения значения активности воды в единицах равновесной относительной влажности (ERN) нажимают два раза кнопку «↓».

Для проведения последующих измерений нажимают кнопку «E». На дисплее появляется надпись «dry sensor» («сухой датчик»). Во второй строке высвечивается значение температуры окружающего воздуха.

Через две минуты анализатор готов для дальнейшего проведения измерений. На дисплее вновь высвечивается слово «READY».

Обработка результатов

Измерение ERN производится трехкратно по каждому из образцов и за результат измерения принимается среднее арифметическое из трех измерений.

Активность воды вычисляется по формуле

$$a_w = \frac{ERN}{100},$$

где a_w – активность воды; ERN – равновесная относительная влажность, %.

Определение влажности на влагомере серии МАХ

Анализатор влажности – устройство, используемое для определения: относительной влажности в небольших образцах различных материалов; сухой массы в небольших образцах различных материалов; массы взвешиваемых объектов. Анализатор гарантирует быстрое и точное определение влаги в тестируемом образце и благодаря графическому дисплею обеспечивает легкое использование и эксплуатацию.

На начальной стадии измерения прибор определяет массу объекта, помещенного на платформу для взвешивания. Затем следует быстрый нагрев образца галогенными или ИК-лампами. Это вызывает испарение влаги из тестируемого образца. Во время тестирования анализатор влажности постоянно фиксирует уменьшение массы и после подсчетов показывает результат на дисплее.

В сравнении с обычными методами определения содержания влаги в материалах анализатор влажности серии МАХ значительно

сокращает время тестирования и упрощает его. Анализатор влажности позволяет настраивать множество параметров, влияющих на тестирование образца, – это температура, время, режимы сушки и т. д.

Измерение влажности в анализаторе влажности

Во время нагрева образец теряет массу (испаряется). Влага измеряется анализатором влажности RADWAG, который состоит из двух частей: самого анализатора и сушильной камеры.

Измерение в галогенном анализаторе проходит быстрее и не требует проведения дополнительных подсчетов (результат отображается во время теста).

Независимо от метода определения влажности подготовка образца и выбор подходящих параметров имеют особое значение:

- размер образца;
- вид вещества;
- температура сушки;
- время сушки.

Скорость измерения можно увеличить после настройки оптимальных параметров прибора в зависимости от тестируемого образца.

Оптимальная температура и сушка зависят от вида и размера образца и ожидаемой точности измерения. **Выбор этих параметров может быть сделан после экспериментальных тестов!**

Подготовка образцов

Характеристики, подготовка и размер образца – это важные факторы, влияющие на возрастание скорости и качества процесса измерения. Подготовка и отбор образцов сильно влияют на воспроизводимость измеряемых единиц. Также важно, чтобы исследуемый образец был репрезентативной частью общего количества тестируемого образца.

Окончательный результат определения влажности зависит от продуманной подготовки образца. Часть образца, используемая для анализа, должна быть репрезентативной относительно общего количества. Подготовка образцов включает такие рабочие процессы, как отбор образца, разделение образца, уменьшение размера, гомогенизация и другие. Все из этих процессов должны проводиться как можно быстрее, без потерь или поглощения влаги.

Для определения способа отбора образцов нужно тщательно продумать подходящие стандарты и направления, так как это зависит от продукта, его консистенции и количества.

Число образцов. Повышение числа образцов всегда ведет к улучшению статической модели надежности в результатах анализа. Размер зависит от однородности тестируемого материала, качества тестируемого материала, правильности способа измерения и требуемой точности результатов измерения.

Механическое дробление. Разделение образца обычно производится при помощи специальных мельниц, что зависит от характеристик образца. Твердые, хрупкие образцы обычно размельчаются при помощи давления, сотрясения, трения, разрезания. Вне зависимости от принципа измельчения во время этой операции не должно происходить потери влаги. Количественный возврат измельчающей камеры должен быть простым и полным.

Использование кварцевого песка. Чтобы добиться оптимального процесса сушки, образцы должны иметь максимально большую площадь поверхности. Результаты веществ, которые формируют глазурь (например, сироп глюкозы) или пастообразные вещества (например, масло), можно значительно улучшить, смешав их с кварцевым песком. Для этого требуются платформы для образцов большого объема с относительно высокими стенками.

Пастообразные, жиросодержащие и плавящиеся вещества. Для пастообразных, жиросодержащих и плавящихся веществ предпочтительно использовать стеклянные волоконные фильтры, чтобы увеличить площадь поверхности образца. Жидкость, содержащаяся в образце, обширно и равномерно распространяется по пространству между волокнами по всей доступной площади. Предварительная сушка стекловолоконного фильтра и хранилища испарителя требуется только для очень точных результатов измерения.

Жидкие вещества. Жидкие вещества часто превращаются в капли на платформе для образцов благодаря поверхностному натяжению жидкости. Использование стекловолоконного фильтра уменьшает время сушки. В результате адсорбирующего действия стекловолоконный фильтр распределяет жидкий образец по большой площади. Предварительная сушка стекловолоконного фильтра и камеры влагоанализатора требуется только для очень точных результатов измерения.

Пленки формирующие и чувствительные к температуре вещества. Использование стекловолоконного фильтра может оказаться полезным для веществ, чувствительных к температуре, и веществ,

образующих пленку. В этом случае образец для сушки накрывается фильтром и получает «новую поверхность». Это предохраняет поверхность образца от прямого ИК-излучения. Плавный нагрев образцов основывается скорее на конвекции, чем на ИК-излучении.

Сахаросодержащие вещества. Образцы, содержащие большое количество сахара, имеют тенденцию карамелизоваться на поверхности. В таких случаях убедитесь, что применяется плавный нагрев. Также выберите умеренную температуру.

Распределение образца на платформе для сушки

Сыпучие материалы. Они сушатся в своей естественной форме. Декомпозиция образцов уменьшает дисперсии между последующими измерениями. Масса образца не может быть слишком большой. Убедитесь, что слой вещества тонкий и равномерный.

Жидкости. Полужидкие вещества сушатся в натуральной форме. Большое количество жира в некоторых веществах затрудняет процедуру определения влажности. В этих случаях используйте дополнительные компоненты (кварцевый песок, оберточная бумага, фильтр). Перед самой сушкой высушите дополнительные компоненты, чтобы минимизировать их влажность.

Сухие вещества. В зависимости от структуры сухих веществ (плотных или сыпучих) определение влажности может идти быстрее или медленнее. Размер твердой поверхности определяет скорость сушки, надежность измерения. Поверхность твердого вещества должна быть как можно большей. Так как твердые вещества испаряют влагу с внешней поверхности, толщина образца крайне важна.

Выбор параметров сушки

Выбор оптимальной массы образца. Вес образца имеет значение для времени и результата измерений. С большим количеством образца должно испариться большее количество воды, и определение влажности занимает больше времени.

Чтобы время измерения было как можно более коротким, нужно выбирать образцы как можно меньшего веса, но, тем не менее, достаточного для получения точного результата.

Влияние массы образца на воспроизводимость результатов. Вес образца влияет на воспроизводимость результата анализатора влажности.

Температура сушки. Температура сушки влияет на время измерения. Значение зависит от вида материала. Слишком низкая температура вызывает частичное испарение воды и ненужное увеличение

времени сушки. Слишком высокая температура сушки вызывает сгорание материала (химическое разложение, перегрев образца). Температура сушки определяется нормами. Если таких норм нет, она должна устанавливаться экспериментально.

Предлагается следующая процедура для выбора температуры:

- определите содержание влаги в продукте;
- определите температуру разложения образца;
- сравните результат измерений с существующим эталонным методом, если такой существует.

У образца с большим процентом влаги можно сократить время измерения, если выбрать ступенчатую или быструю сушку. Здесь большая часть существующей влажности отделяется при повышающейся температуре. Затем температура сушки понижается и поддерживается постоянной до самого конца сушки.

Выбор программы сушки. Существует четыре программы, которые контролируют профиль температуры сушки:

- стандартный;
- быстрый;
- плавный;
- ступенчатый.

Быстрый профиль. Подходит для образцов с содержанием влажности между 5 и 15%. При быстрой сушке мощность радиатора превышает набор температурных значений в течение первой минуты после начала сушки. Это компенсирует эндотермический нагрев испарения и ускоряет процесс сушки. Образец должен содержать достаточно влажности в течение первой минуты, чтобы охладить его.

Плавный профиль. Плавная сушка выбирается, если вещества не стабильны относительно нагрева галогенной лампы в полную силу. При плавной сушке чувствительные образцы предохраняются от разрушения при помощи плавного нагрева. Плавная сушка также может с успехом использоваться для веществ, которые образуют пленку.

Ступенчатый режим сушки. Ступенчатая сушка выполняет примерно те же функции, что и быстрая сушка. Длительность стадии избыточной температуры выбирается свободно. Используется обычно для образцов с содержанием влаги более 15%.

Выбор времени сушки. Время сушки определяется выбором подходящего критерия сушки. Критерий выключения предполагает условие, которое необходимо соблюсти, чтобы сушка прекратилась

автоматически. Автоматическое выключение после установленного времени, вне зависимости от потери массы, используется для веществ, которые разрушаются и не стабильны.

Второй тип автоматически распознает конец сушки. Встроенный анализ постоянно определяет потерю массы образца во время сушки. Если потеря массы в единицу времени менее установленного уровня (менее 1 мг), то сушка прекращается и отображается финальный результат.

Автоматическое выключение. Пользователь имеет возможность выбрать несколько критериев останова процесса.

Различают выключение:

- автоматическое 1 (измен. 1 мг/20 с);
- автоматическое 2 (измен. 1 мг/50 с);
- автоматическое 3 (измен. 1 мг/120 с);
- автоматическое 4 (измен. 1 мг/180 с);
- автоматическое 5 (измен. 1 мг/240 с);
- определенное время (макс. время 9 ч 59 мин);
- вручную (после нажатия кнопки);
- определенное (дает изменение массы $m = 0,1-9,9$ мг и изменение времени t – максимальное 2,55 с);
- тест (позволяет выбрать параметры для автовыключения для образца).

Автоматическое отключение – предопределенные критерии. Критерий автовыключения базируется на определенной пользователем потере массы за единицу времени, или определенном пользователем проценте массы за единицу в 60 с. Как только он падает ниже текущего значения, измерение автоматически останавливается.

Выключение вручную. С этим критерием выключения процесс измерения продолжается, пока вы сами не остановите его нажатием кнопки «Start – Stop».

Выключение-таймер. С этим критерием выключения измерение продолжается до истечения времени сушки.

Анализ профиля сушки

В первом типе профиль сушки асимптотический. Количество потерянной влаги предполагает постоянное значение и больше не изменяется со временем сушки. С этим профилем сушки повторное определение содержания влаги всегда просто. Результат измерений соответствует точному значению асимптоты. Соответственно, так же легко находить подходящий критерий отключения.

Во втором типе сушка производится быстро при старте и затем стабилизируется. Содержание влажности никогда не предполагает постоянного значения. Образец подвергается тепловому разрушению, разрушение производит другие летучие компоненты и ведет к суперпозиционным профилям из-за их более медленного испарения, чем у воды. Трудные для испарения компоненты приводят к медленному продолжительному снижению веса.

Результаты измерения такого профиля сушки можно оптимизировать:

- понизив температуру, что может замедлить реакцию разрушения;
- выбрав подходящий критерий выключения, что позволит распознать конец теста в требуемой точке кривой сушки;
- выбрав постоянное время сушки, что часто обеспечивает хороший результат измерения;
- поддерживая изначальный вес образца постоянным $+(10-20)\%$.

Обработка и оформление результатов

После выполнения измерения прибор издаст звуковой сигнал. На табло будет отображаться значение влажности. Записать полученный результат.

Формулирование выводов по результатам выполненной работы

Проанализировать полученные результаты влажности и активности воды в различных образцах пищевых продуктов, сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Как распределяется влага в структуре пищевого продукта?
2. Охарактеризовать свободную и связанную воду. Как отличаются их физические свойства?
3. Перечислить виды связанной влаги в пищевых продуктах.
4. Раскрыть суть понятия «активность воды».
5. На какие свойства пищевых продуктов влияет активность воды?
6. Как связана активность воды пищевого продукта с ростом микроорганизмов в нем?
7. Описать влияние активности воды на устойчивость продуктов при хранении.

8. Охарактеризовать, как изменяется влажность пищевых продуктов в процессе хранения.

9. Какие приемы используют в пищевой промышленности для снижения значения активности воды в продуктах при сохранении (увеличении) их влажности.

10. Охарактеризовать, как влияет температура на активность воды в пищевом продукте.

11. Как сказывается процесс перекристаллизации на качестве замороженных пищевых продуктов. Каковы способы замедления данного процесса?

12. Как называется зависимость между содержанием влаги в пищевом продукте и активностью воды в нем при постоянной температуре?

13. Назвать методы определения влаги в пищевых продуктах.

14. Описать принцип термогравиметрического метода анализа влажности.

15. Анализ влагосодержания с применением анализатора влажности.

16. Какие реакции лежат в основе определения содержания воды по методу Карла Фишера?

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Практическое занятие № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Теоретическая часть

Биологическая ценность пищевых белков характеризует степень задержки азота, или эффективность его утилизации, для поддержания азотистого баланса у человека. Указанный критерий позволяет установить место тех или иных пищевых белков по степени сравнительной пользы для организма человека. Биологическая ценность белков зависит от следующих факторов: сбалансированного аминокислотного состава; доступности отдельных аминокислот; степени усваиваемости белка.

Состояние белкового обмена целостного организма зависит не только от количества принимаемого с пищей белка, но и от качественного его состава. В организме человека синтезируются только 10 из 20 необходимых аминокислот – это так называемые заменимые аминокислоты (*аланин, аспарагин, аспарагиновая кислота, глицин, глутамин, глутаминовая кислота, пролин, серин, тирозин, цистеин (цистин)*). Они могут быть синтезированы из продуктов обмена углеводов и липидов. Остальные 10 аминокислот (*валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин*) не синтезируются в организме, поэтому они были названы жизненно необходимыми, эссенциальными или незаменимыми аминокислотами.

Биологическая ценность пищевого продукта отражает его способность удовлетворять потребность организма в незаменимых аминокислотах. Для ее определения используют методы оценки качества белка пищевых продуктов.

Среди химических методов наиболее распространен метод аминокислотного сора (*scor* – «счет, подсчет»). Он основан на

сравнении аминокислотного состава белка оцениваемого продукта с аминокислотным составом стандартного (идеального) белка. После количественного определения химическим путем содержания каждой из незаменимых аминокислот в исследуемом белке рассчитывают аминокислотный скор (АС, %) для каждой из них по формуле

$$AC = \frac{C(\text{НАК}_{\text{иссл}})}{C(\text{НАК}_{\text{ст}})} \cdot 100,$$

где $C(\text{НАК}_{\text{иссл}})$, $C(\text{НАК}_{\text{ст}})$ – содержание незаменимой аминокислоты (в миллиграммах) в 1 г исследуемого и стандартного белков соответственно.

Аминокислотный состав эталонного белка сбалансирован и идеально соответствует потребностям организма человека в каждой незаменимой кислоте, поэтому его еще называют «идеальным». Данные ФАО / ВОЗ по содержанию каждой аминокислоты в эталонном белке: валин – 50, изолейцин – 40, лейцин – 70, лизин – 55, метионин + цистин¹ – 35, треонин – 40, триптофан – 10, фенилаланин + тирозин¹ – 60.

Одновременно с расчетом аминокислотного сора выявляют лимитирующую для данного белка незаменимую аминокислоту, т. е. ту, для которой скор является наименьшим. Значение сора этой аминокислоты определяет биологическую ценность и степень усвоения белков.

К показателям биологической ценности продуктов питания по качеству пищевых белков, устанавливаемым простыми расчетными методами, можно отнести следующие:

- отношение содержания незаменимых аминокислот (НАК) и общего азота белка (ОАБ) в 100 г белка, выраженное в граммах незаменимых аминокислот на 1 г азота;
- количество незаменимых аминокислот в 100 г белка;
- индекс незаменимых аминокислот (ИНАК).

Метод определения ИНАК представляет собой модификацию метода химического сора и позволяет учитывать количество всех незаменимых кислот. Индекс рассчитывают по формуле

¹ 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.

$$\text{ИНАК} = \sqrt[n]{\frac{\text{Лиз}_б}{\text{Лиз}_э} \cdot \frac{\text{Три}_б}{\text{Три}_э} \cdot \dots \cdot \frac{\text{Гис}_б}{\text{Гис}_э}},$$

где n – число аминокислот; индексы б, э – содержание незаменимой аминокислоты в изучаемом и эталонном белках соответственно.

Практическая часть

Индивидуальное задание. Рассчитать характеристики биологической ценности (аминокислотный скор, количество незаменимых аминокислот в 100 г белка, индекс незаменимых аминокислот (ИНАК)) конкретного пищевого продукта, используя его рецептуру и справочные данные по химическому составу входящего в состав сырья (см. табл. П1). По результатам расчета сделать вывод о биологической ценности конкретного пищевого продукта.

Контрольные вопросы. 1) Белки в питании человека. 2) Белки животного происхождения. 3) Белки растительного происхождения. 4) Пищевая и биологическая ценность белка. 5) Химические методы определения биологической ценности белков. 6) Биологические методы определения биологической ценности белков.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Характеристика жирового компонента рациона человека. Насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты: строение и пищевые источники».

Практическое занятие № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТАБОЛИЗАЦИИ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ И ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ ЖИРОВОГО КОМПОНЕНТА РАЦИОНА

Теоретическая часть

Жирные кислоты (насыщенные, ненасыщенные, оксикислоты) – компоненты жиров и масел. Жирные кислоты, необходимые организму и не синтезируемые им, называются эссенциальными

жирными кислотами. Их организм получает с пищей. Эссенциальные жирные кислоты входят в состав практически любой клетки организма. Они необходимы для восстановления старых клеток и образования новых. Помимо этого, они используются при синтезе простагландинов, гормоноподобных веществ, передающих различную химическую информацию в организме, регулируя таким образом многие жизненно важные процессы. Выделяют две основные категории эссенциальных жирных кислот – *омега-3* (α -линоленовая, эйкозапентаеновая, докозагексаеновая кислоты) и *омега-6* (линолевая, γ -линоленовая и арахидоновая кислоты).

Более трети жирных кислот в составе липидов клеточных мембран организма представлено полиненасыщенными жирными кислотами с 20 и 22 углеродными атомами, имеющими определенным образом расположенные (от 2 до 6) двойные связи и *цис*-конфигурацию. Наибольшая доля в этой группе приходится на арахидоновую кислоту, содержащую 20 атомов углерода и 4 двойные (ненасыщенные) связи (20 : 4). В обычной пище такие жирные кислоты присутствуют в незначительных количествах.

Жирные кислоты пищи мало пригодны для построения клеточных мембран, поэтому они подвергаются метаболическим превращениям в организме с последующим синтезированием полиненасыщенных жирных кислот, необходимых для построения клеточных мембран и их оптимального функционирования. На этой основе разработан показатель биологической ценности пищевых продуктов питания (с учетом качества входящих в них полиненасыщенных жирных кислот) в виде коэффициента эффективности метаболизации полиненасыщенных жирных кислот (КЭМ). Его определяют в экспериментах на лабораторных животных, получающих в качестве основного корма пищевой продукт, биологическая ценность которого исследуется. По окончании эксперимента в липидах мембран клеток печени подопытных животных определяют количество всех ненасыщенных жирных кислот. КЭМ выражает отношение количества арахидоновой кислоты C_{20}^4 (как главной разновидности жирных кислот в липидах нормально функционирующих клеточных мембран) к сумме всех других полиненасыщенных жирных кислот. КЭМ рассчитывают по формуле

$$\text{КЭМ} = \frac{(C_{20}^4)}{(C_{20}^2) + (C_{20}^3) + (C_{20}^5) + (C_{22}^3) + (C_{22}^5) + (C_{22}^6)}.$$

Для пищевых продуктов высокой биологической ценности значение КЭМ, определяемого при исследовании жирнокислотного состава липидов мембран печеночных клеток крыс, составляет 3–4 ед. Уменьшение этих значений свидетельствует о снижении биологической ценности потребляемых пищевых продуктов по жирнокислотному составу.

У человека в качестве объекта изучения мембранных липидов могут быть использованы эритроциты. Значение КЭМ эритроцитарных липидов у практически здоровых лиц, получающих полноценное по жирнокислотному компоненту адекватное питание, находится в пределах 1,3–1,5 ед.

При оценке биологической эффективности липидов их химический состав сравнивают с «идеальным» (эталонным) липидом, в 100 г которого содержится 6 г полиненасыщенных жирных кислот, 20 г насыщенных жирных кислот, 35 г олеиновой кислоты. При этом находят липидный скор как отношение массовой доли конкретной фракции жирных кислот в липиде исследуемого продукта к массовой доле этой фракции кислот в «идеальном» липиде:

$$ЛС = ЖК_i / ЖК_э,$$

где $ЖК_i$, $ЖК_э$ – содержание исследуемой фракции жирных кислот в 100 г исследуемого и эталонного липида соответственно, г.

Для получения интегральной оценки, характеризующей усвояемость липидов, рассчитывают коэффициент биологической эффективности:

$$КБЭ = 3 \cdot ЛС_{\min} / (ЛС_1 + ЛС_2 + ЛС_3),$$

где $ЛС_{\min}$ – минимальное значение сора фракций жирных кислот в исследуемом липиде, ед.; $ЛС_1$, $ЛС_2$, $ЛС_3$ – значение сора каждой группы жирных кислот в исследуемом липиде, ед.

Рекомендации Института питания РАМН по суточной потребности в линолевой кислоте – 6–10 г, минимальное количество – 2–6 г, суммарное содержание в жирах пищевого рациона – не менее 4% от общей калорийности, а рекомендуемое соотношение *омега-6 / омега-3* кислот в рационе должно составлять для здорового человека – 10 : 1, для лечебного питания – от 3 : 1 до 5 : 1. Состав жирных кислот липидов в пищевых продуктах должен быть сбалансирован: 10–20% – полиненасыщенных, 50–60% – мононенасыщенных и 30% – насыщенных. Это обеспечивается при использовании в рационе 2/3 растительных и 1/3 животных жиров.

Практическая часть

Индивидуальное задание. Используя справочные данные, сравнить пищевую ценность различных видов растительных и животных жиров. Рассчитать их биологическую ценность. Результаты представить в табл. П2.

Контрольные вопросы. 1) Привести формулы насыщенных карбоновых кислот, входящих в состав природных масел и жиров: лауриновой – C_{12}^0 , миристиновой – C_{14}^0 , пальмитиновой – C_{16}^0 , стеариновой – C_{18}^0 , арахидиновой – C_{20}^0 . 2) Привести формулы ненасыщенных карбоновых кислот, входящих в состав природных масел и жиров: олеиновой – C_{18}^1 -9-цис, эруковой – C_{22}^1 -13-цис, линолевой – C_{18}^2 -9-цис, 12-цис, линоленовой – C_{18}^3 -9-цис, 12-цис, 15-цис, арахидиновой – C_{20}^4 -5-цис, 8-цис, 11-цис, 14-цис. 3) Назвать пищевые продукты, являющиеся источниками полиненасыщенных жирных кислот. 4) Рекомендации по содержанию жирных кислот в рационе человека. 5) Коэффициент эффективности метаболизации полиненасыщенных жирных кислот (КЭМ): сущность и способ определения.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Углеводы и их характеристика. Энергетическая ценность пищевых продуктов».

Практическое занятие № 3 УГЛЕВОДЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА. РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Теоретическая часть

Углеводы – наиболее распространенные органические соединения углерода, водорода и кислорода, имеющие в своем составе два типа функциональных групп: альдегидную, или кетонную, и спиртовую. Животные и человек не синтезируют углеводы. В зеленых растениях при участии хлорофилла и солнечного света осуществляется ряд процессов преобразования поглощенной из воздуха двуокиси углерода

и впитанной из почвы воды. Конечным продуктом этих процессов, называемых ассимиляцией или фотосинтезом, является сложная молекула углевода. В клетках растительных и животных организмов углеводы и их производные служат энергетическим, структурным и пластическим материалом, а также регуляторами важнейших биохимических процессов. Функции антигенов и антител, клеточных рецепторов, некоторых гормонов и ферментов определяются наличием в их составе углеводов.

Классификация углеводов:

моносахариды – глюкоза, фруктоза, галактоза, арабиноза, ксилоза, рибоза;

олигосахариды – мальтоза, лактоза, раффиноза;

полисахариды – целлюлоза, гликоген, крахмал, декстраны, пентозаны, инулин, слизи и гумми, пектиновые вещества, гемицеллюлозы, гликозиды.

Энергетическая ценность, или калорийность, – это количество энергии, высвобождаемой в организме человека из продуктов питания в процессе пищеварения. Энергетическая ценность продукта измеряется в килокалориях (ккал) или килоджоулях (кДж) в расчете на 100 г продукта (таблица).

Количество калорий, необходимых человеку, зависит от выполняемой работы, физической активности, пола, возраста, географической широты (холодный или жаркий климат) региона проживания. Общий расход энергии у человека складывается из трех величин: основной обмен (расход энергии на химические процессы обмена веществ внутри организма), затраты энергии на потребление и переваривание пищи и затраты энергии при различных видах деятельности.

Коэффициенты пересчета энергетической ценности основных пищевых веществ пищевой продукции

Основные пищевые вещества пищевой продукции	Коэффициенты пересчета	
	ккал/г	кДж/г
Белки	4	17
Углеводы, в том числе моно- и дисахариды (за исключением сахароспиртов)	4	17
Сахароспирты (за исключением эритрита)	2,4	10
Эритрит	0	0
Жиры, жирные кислоты	9	37
Органические кислоты	3	13
Салатрим	6	25
Этанол	7	29
Пищевые волокна	2	8

Примечание. 1 кал = 4,186 Дж.

В состоянии покоя, при температуре окружающей среды 20–22°C, энергозатраты взрослого человека в среднем составляют 1 ккал за 1 на 1 кг массы тела. Например, при весе тела, равном 70 кг, расход энергии равен 1680 ккал в сутки. У мужчин энергозатраты относительно выше, чем у женщин, у детей выше, чем у взрослых. Наибольший расход энергии наблюдается при физической работе. Например, при ходьбе энергии расходуется на 80–100% больше по сравнению с покоем, при беге – на 400% и более.

Практическая часть

Индивидуальное задание. Рассчитать энергетическую ценность конкретного пищевого продукта по данным рецептуры и результаты представить в табл. ПЗ. Примеры рецептур продуктов для расчета пищевой ценности приведены в табл. П4.

Сравнить данные, полученные при расчете энергетической ценности двумя методами.

Контрольные вопросы. 1) Привести формулы основных моносахаридов. 2) Относительная сладость моносахаридов и их источники среди пищевых продуктов. 3) Привести формулы основных олигосахаридов и назвать их источники среди пищевых продуктов. 4) Классификация полисахаридов, строение и функции.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Минеральные вещества: классификация, суточная потребность, содержание в пищевых продуктах, физиологические функции, усвоение из пищи организмом человека».

Практическое занятие № 4 МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА: ОСНОВНЫЕ И КИСЛОТНЫЕ. МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ. ЯВЛЕНИЯ АНТАГОНИЗМА И СИНЕРГИЗМА В ПРОЦЕССЕ УСВОЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПИЩИ ОРГАНИЗМОМ ЧЕЛОВЕКА

Теоретическая часть

Минеральные вещества – элементы, которые в виде минеральных солей, ионов, комплексных соединений и органических

веществ входят в состав живой материи и являются незаменимыми нутриентами. Минеральные вещества должны ежедневно потребляться с пищей в определенных количествах и таких же количествах выводиться из организма, поскольку их содержание в нем находится в относительном постоянстве.

Минеральный обмен является составной частью общего обмена веществ в организме, так как, во-первых, атомы макро- и микроэлементов входят в структуру многих витаминов, ферментов и других органических веществ, участвующих в регулировании жизненных процессов, во-вторых, они функционируют в метаболическом цикле не изолированно, а в тесной связи не только между собой, но и со всеми биологически активными веществами на всех уровнях жизнедеятельности организма, т. е. в органах, тканях и клетках.

Классификация минеральных веществ в зависимости от их количества в организме человека: *макроэлементы* – не более $10^{-2}\%$, в пищевых продуктах – сотни и десятки миллиграммов на 100 г; *микроэлементы* – 10^{-3} – $10^{-5}\%$, в пищевых продуктах концентрация их составляет десятые, сотые и тысячные доли миллиграммов.

Поступление макро- и микроэлементов с пищевыми продуктами по количеству должно соответствовать рекомендуемым нормам, устанавливаемым для разных категорий населения в зависимости их возраста, вида профессиональной деятельности и т. д., а по соотношению – оптимальному для усвоения организмом человека: Na : K – 1 : 3; Ca : Mg : P – 1,0 : 0,5 : 1,5.

Антагонизм (от греч. *atagoisma* – «борьба, соперничество») веществ – вид взаимодействия в организме, характеризующийся тем, что одно из них ослабляет действие другого.

Синергизм (от греч. *synergia* – «сотрудничество, содействие») веществ – комбинированное действие на организм, при котором суммированный эффект превышает действие, оказываемое каждым компонентом в отдельности.

Антагонизм и синергизм в процессе усвоения минеральных веществ из пищи организмом человека. При содержании фосфора, превышающего уровень кальция в пище более чем в 2 раза, образуются растворимые соли, которые извлекаются кровью из костной ткани.

Кальций конкурирует за всасывание с железом, медью, магнием, цинком.

Медь конкурирует за всасывание с цинком, марганцем, кальцием, кадмием.

Фосфаты ухудшают всасывание кальция, магния, меди, свинца.

Железо является антагонистом цинка, конкурирует за всасывание с медью, магнием, свинцом, фосфатами, цинком. Усвоению железа способствует аскорбиновая и фолиевая кислоты.

Цинк, медь, селен, кальций препятствуют всасыванию кадмия.

Марганец вытесняет магний; молибден – медь.

Фосфор может образовывать нерастворимый магний-кальций-фосфатный комплекс и, соответственно, понижать эффективность всасывания магния.

Практическая часть

Индивидуальное задание 1. На основе изучения свойств минеральных веществ составить карту основных макро- и микроэлементов (заполнить табл. П5).

Индивидуальное задание 2. На основании справочных данных определить содержание и соотношение основных макроэлементов (Na, K, Ca, Mg, P) в конкретном пищевом продукте. Результаты представить в табл. П6 и сделать вывод о пищевой ценности продукта.

Индивидуальное задание 3. На основе расчетных данных, полученных при выполнении индивидуального задания 2, определить целесообразность обогащения рассматриваемого пищевого продукта и, при необходимости, предложить варианты обогащающих минеральных комплексов.

Задание 4. Мозговой штурм.

Какие продукты (богатые какими макро-, микроэлементами) следует употреблять в пищу, если:

– у ребенка наблюдается повышенная раздражительность и проблемы со сном, мышечные спазмы;

– пожилой человек чувствует постоянную усталость, боль в суставах, подвержен инфекционным заболеваниям ввиду снижения иммунитета;

– у мужчины наблюдаются трудности с кожей, она становится бледной, тусклой, бесцветной, с серым оттенком, снижаются репродуктивные процессы, отмечается ломкость волос и ногтей;

– у пожилого человека обнаруживается замедление углеводного обмена, снижение усвоения глюкозы, грозящее развитием сахарного диабета, увеличивается риск развития ишемической болезни сердца.

Контрольные вопросы. 1) Минеральные вещества: характеристика и классификация. 2) Характеристика основных макроэлементов (Ca, Mg, P, S, Cl, K, Na): суточная потребность, физиологические функции, реакция организма на их дефицит, содержание в пищевых продуктах. 3) Характеристика основных микроэлементов (Fe, Cu, I, F, Cr, Mn, Ni, Zn, Se): суточная потребность, физиологические функции, реакция организма на их дефицит, содержание в пищевых продуктах.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Витамины: классификация, строение, свойства, источники в пищевых продуктах. Витаминоподобные вещества».

Практическое занятие № 5

ВОДО- И ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ: СТРОЕНИЕ, ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА, ИСТОЧНИКИ ВИТАМИНОВ. ВИТАМИНОПОДОБНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ИХ СОДЕРЖАНИЕ В ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРАХ

Теоретическая часть

Витамины – низкомолекулярные органические соединения различной химической природы, биорегуляторы процессов, протекающих в живом организме. Это важнейший класс незаменимых пищевых веществ. Для нормальной жизнедеятельности человека витамины необходимы в небольших количествах (таблица), но так как организм не может удовлетворить свои потребности в них за счет биосинтеза (он не синтезирует витамины или синтезирует их в недостаточном количестве), они должны поступать с пищей в качестве ее обязательного компонента.

**Суточная потребность в основных витаминах
некоторых категорий населения**

Категория населения	Группа	Суточная потребность в витаминах							
		С, мг	А, мкг	Е, мг	В ₁ , мг	В ₂ , мг	В ₆ , мг	В ₁₂ , мг	Фолат, мкг
Дети	0–12 мес.	40,0	400	4,0	0,5	0,6	0,6	0,5	60,0
Дети	1–3 года	45,0	450	5,0	0,8	0,9	0,9	1,0	100
Женщины трудоспособного возраста	I	70,0	800	8,0	1,1	1,3	1,8	3,0	200
	II	70,0	800	8,0	1,1	1,3	1,8	3,0	200
	III	80,0	1000	8,0	1,3	1,5	1,8	3,0	200
	IV	80,0	1000	8,0	1,5	1,8	1,8	3,0	200
Мужчины трудоспособного возраста	I	70,0	1000	10,0	1,2	1,5	2,0	3,0	200
	II	70,0	1000	10,0	1,4	1,7	2,0	3,0	200
	III	80,0	1000	10	1,6	2,0	2,0	3,0	200
	IV	80,0	1000	10,0	1,9	2,2	2,0	3,0	200
Женщины пенсионного возраста	–	80,0	800	12	1,4	1,6	2,2	3,0	200
Мужчины пенсионного возраста	–	80,0	1000	15	1,3	1,5	2,0	3,0	200

Примечание. I группа – работники преимущественно умственного труда (врачи, педагоги, студенты, секретари); II группа – работники, занятые легким физическим трудом (ИТР, машинисты, медсестры, продавцы); III группа – работники среднего по тяжести труда (станочники, слесари, водители, железнодорожники); IV группа – работники тяжелого физического труда (строители, горнорабочие, плотники, механизаторы).

Классификация витаминов: водорастворимые (витамины С, Н, В₁, В₂, В₃, фолиевая кислота, группы витаминов В₆, РР, В₁₂), жирорастворимые витамины (группы витаминов А, D, Е, К). Витаминоподобные соединения – холин, биофлавоноиды, катехины.

Практическая часть

Тестовая работа. Для подготовки необходимо изучить следующие вопросы:

- 1) классификация витаминов;
- 2) строение, физиологические функции и источники основных водо- и жирорастворимых витаминов;
- 3) характеристика (представители и их физиологические функции, источники в продуктах питания) основных групп витаминоподобных соединений.

Индивидуальное задание 1. На основании справочных данных определить содержание витаминов *C*, *B*₆, *A*, *E*, фолиевой кислоты в конкретном пищевом продукте. Результаты представить в табл. П7 и сделать вывод о пищевой ценности продукта.

Индивидуальное задание 2. На основании расчетных данных, полученных при выполнении индивидуального задания 1, определить необходимость обогащения рассматриваемого пищевого продукта витамином *C* и (или) фолиевой кислотой препаратами «Арвит» (содержание фолиевой кислоты – 250 мг/100 г) или «Вита-С» (содержание витамина *C* – 98,8%) для обеспечения его соответствия потребностям различных категорий населения.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Органические кислоты: строение и свойства, источники получения».

Практическое занятие № 6 ОРГАНИЧЕСКИЕ КИСЛОТЫ: СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА, ИСТОЧНИКИ ПОЛУЧЕНИЯ

Теоретическая часть

Почти во всех продовольственных товарах содержатся кислоты или их кислые и средние соли. В продукты переработки кислоты переходят из сырья, они также образуются при брожении, их часто добавляют в процессе производства. Кислоты придают продуктам специфический вкус и тем самым способствуют их усвоению.

Из органических кислот в растительных продуктах чаще всего встречаются яблочная, лимонная, винная, щавелевая, пировиноградная кислоты, а в животных продуктах распространены молочная, фосфорная и др. Органические кислоты широко используют в пищевой промышленности. Так, лимонную, винно-каменную, яблочную, молочную и уксусную кислоты в небольших количествах применяют в кондитерской, безалкогольной, ликеро-водочной и консервной промышленности для улучшения вкуса продуктов. Уксусную, сорбиновую, молочную и бензойную кислоты добавляют к некоторым продуктам в качестве консервантов.

В продовольственных товарах наряду с нелетучими могут находиться и летучие органические кислоты – уксусная, муравьиная,

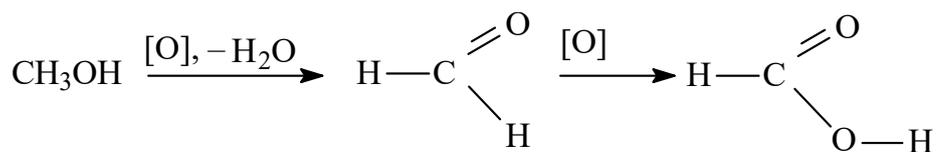
масляная и другие, по количеству которых можно судить о качестве вина, пива, плодово-ягодных и овощных соков и др.

Муравьиная кислота (метановая кислота) – первый представитель в ряду насыщенных одноосновных карбоновых кислот (НСООН).

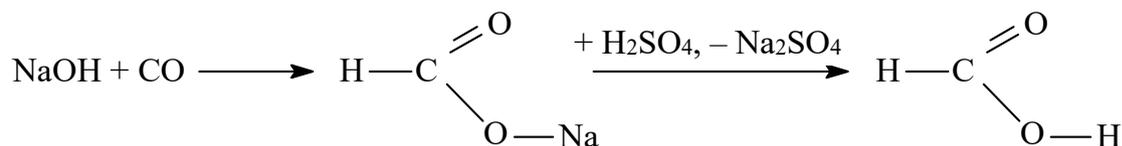
Получение:

1) как побочный продукт в производстве уксусной кислоты жидкофазным окислением бутана;

2) окислением метанола:



3) реакцией монооксида углерода с гидроксидом натрия:



Это основной промышленный метод, который осуществляют в две стадии: на первой стадии монооксид углерода под давлением 0,6–0,8 МПа пропускают через нагретый до 120–130°C гидроксид натрия; на второй стадии проводят обработку формиата натрия серной кислотой и вакуумную перегонку продукта;

4) разложением глицериновых эфиров щавелевой кислоты. Для этого нагревают безводный глицерин со щавелевой кислотой, при этом отгоняется вода и образуются щавелевые эфиры. При дальнейшем нагревании эфиры разлагаются, выделяя углекислый газ, причем образуются муравьиные эфиры, которые после разложения водой дают муравьиную кислоту и глицерин.

В природе муравьиная кислота обнаружена в пчелином меде, малине, черешне, хвойных иглах, едких выделениях пчел и муравьев (в последних впервые обнаружена в XVII в., отсюда название).

В основном муравьиную кислоту используют как консервирующий и антибактериальный агент при заготовке корма, а в некоторых зарубежных странах для консервирования фруктовых соков и пюре, мяса и других продуктов в количестве 0,15–0,25% их массы.

Уксусная кислота (этановая кислота) – слабая, предельная одноосновная карбоновая кислота (СН₃СООН). Производные – ацетаты.

Получение:

1) уксусную кислоту можно получить окислением ацетальдегида кислородом воздуха. Процесс проводят в присутствии

катализатора – ацетата марганца (II) $Mn(CH_3COO)_2$ при температуре 50–60°C;

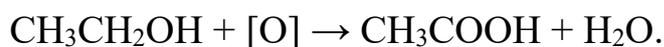
2) важным способом промышленного синтеза уксусной кислоты является каталитическое карбонилирование метанола монооксидом углерода:



Этим способом получают более 50% всей промышленной уксусной кислоты. Важной особенностью метода является большая скорость, а также высокая селективность (99% по метанолу и 90% по CO);

3) при биохимическом производстве уксусной кислоты используется способность некоторых микроорганизмов (*Acetobacter aceti*) окислять этанол. Этот процесс называют уксуснокислым брожением. В качестве сырья используются этанолсодержащие жидкости (вино, забродившие соки) либо просто водный раствор этилового спирта.

Реакция окисления этанола до уксусной кислоты протекает при участии ферментов алкогольдегидрогеназы и альдегиддегидрогеназы:



Применение: 70–80%-ный водный раствор уксусной кислоты называют уксусной эссенцией, а 3–6%-ный – уксусом. Водные растворы уксусной кислоты широко используются в пищевой промышленности (пищевая добавка E260) при консервировании, для приготовления маринадов, майонезов, пресервов, в качестве добавки к приправам в кулинарии.

Яблочная кислота (*гидроксиянтарная кислота*) – двухосновная оксикарбоновая кислота ($HOOC-CH(OH)-CH_2-COOH$). Соли и эфиры яблочной кислоты называются малатами.

Получают D, L-яблочную кислоту восстановлением виноградной кислоты, гидролизом D, L-бромантарной кислоты, восстановлением оксалилуксусной кислоты $HOOC-CO-CH_2-COOH$ амальгамой Na или восстановлением ее эфиров с последующим гидролизом, а также гидратацией фумаровой и малеиновой кислот при 150–200°C либо, с использованием NaOH, при 100°C. D-яблочная кислота образуется с небольшим выходом при восстановлении D-винной кислоты HI при 130°C, а также наряду с L-яблочной кислотой при расщеплении рацемата алкалоидом цинхонином.

L-яблочную кислоту выделяют из природного сырья. Она содержится в кислых плодах, например незрелых яблоках, крыжовнике,

плодах рябины, ревеня, в виде кальциевой соли в табаке, а также в небольшом количестве в вине. В промышленности L-яблочную кислоту используют при производстве вин, фруктовых вод и кондитерских изделий как вкусовую добавку и регулятор pH.

Винная кислота (*дигидроксиянтарная кислота, 2,3-дигидроксипропанандиовая кислота*) – двухосновная гидроксикислота ($\text{HOOC}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$). Известны три стереоизомерные формы. Применяется в пищевой промышленности (пищевая добавка E334). Винная кислота – распространенное природное соединение. В значительном количестве она содержится в кислом соке многих фруктов, например винограде (0,3–1,7%) и его соке.

Молочная кислота (*α -гидроксипропионовая, 2-гидроксипропановая кислота*) – ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$). Молочную кислоту получают ферментацией углеводсодержащего сырья (смесь тростникового сахара-сырца, рафинадной патоки и свекловичной мелассы) молочнокислыми бактериями *Lactobacillus delbrueckii*.

Молочная кислота присутствует во многих продовольственных товарах и образуется при молочнокислом брожении сахаров, в частности в прокисшем молоке, при брожении вина и пива, а при производстве кондитерских изделий и безалкогольных напитков ее добавляют специально как консервант (пищевая добавка E270).

Щавелевая кислота (*этандиовая кислота*) – двухосновная предельная карбоновая кислота ($\text{HOOC}-\text{COOH}$). Принадлежит к сильным органическим кислотам. Соли и эфиры щавелевой кислоты называются оксалатами. В промышленности щавелевую кислоту получают окислением углеводов, спиртов и гликолей смесью HNO_3 и H_2SO_4 в присутствии V_2O_5 либо окислением этилена и ацетилена HNO_3 в присутствии PdCl_2 или $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$, а также окислением пропилена жидким NO_2 . В природе содержится в щавеле, ревеня и некоторых других растениях в свободном виде и в виде оксалатов калия и кальция.

Лимонная кислота (*2-гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновая кислота, 3-гидрокси-3-карбокспентандиовая*) – слабая трехосновная кислота. Соли и эфиры лимонной кислоты называются цитратами. Лимонную кислоту раньше получали из сока лимона и биомассы махорки. В настоящее время основной путь промышленного производства – биосинтез из сахара или сахаристых веществ (меласса) промышленными штаммами плесневого гриба *Aspergillus niger*.

Вещество чрезвычайно распространено в природе: содержится в ягодах, плодах цитрусовых, хвое, стеблях махорки, особенно много ее в китайском лимоннике и недозрелых лимонах. Сама кислота, как и ее соли (цитрат натрия, цитрат калия, цитрат кальция), широко используется как вкусовая добавка, регулятор кислотности и консервант в пищевой промышленности (пищевые добавки E330–E333), для производства напитков, сухих шипучих напитков.

Бензойная кислота – простейшая одноосновная карбоновая кислота ароматического ряда (C_6H_5COOH). Получают бензойную кислоту окислением толуола перманганатом калия, оксидом хрома (VI), азотной или хромовой кислотой, а также декарбоксилированием фталевой кислоты. В промышленных масштабах бензойную кислоту получают окислением толуола кислородом при участии катализатора (нафтената марганца или кобальта).

Большое количество бензойной кислоты содержится в бруснике (до 0,20% в спелых ягодах) и клюкве (до 0,063%). Бензойную кислоту и ее соли используют при консервировании пищевых продуктов (пищевые добавки E210, E211, E212, E213).

Сорбиновая кислота (от лат. *Sorbus* – рябина) (*гексадиеновая кислота*) – транс,транс-2,4-гексадиеновая кислота. В настоящее время в промышленности сорбиновую кислоту получают конденсацией кетена с кротоновым альдегидом в присутствии кислотных катализаторов (например, BF_3), образующийся при этом лактон 3-гидроксигексеновой кислоты далее гидролизуют и дегидратируют в сорбиновую кислоту.

Много сорбиновой кислоты содержится в рябине. Сорбиновую кислоту используют в качестве консерванта при производстве продовольственных товаров. Она подавляет деятельность плесеней и дрожжей. Наиболее ярко выражается антимикробное действие сорбиновой кислоты при pH около 4,5. Ее применяют для консервирования соков, плодово-ягодных пюре. Лучше сохраняются сыры и творог при обработке сорбиновой кислотой упаковочных материалов. Для консервирования продуктов сорбиновую кислоту применяют в количестве 0,01–0,02%. Она не изменяет вкусовые свойства продуктов, не оказывает вредного влияния на организм человека и быстро усваивается.

Область применения органических кислот и их допустимые количества регламентируются:

– ТР ТС 029/2012. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств;

- ГН от 12.12.2012 № 195. Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности для человека применения пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств»;
- СанПиН от 12.12.2012 № 195. Санитарные нормы и правила «Требования к пищевым добавкам, ароматизаторам и технологическим вспомогательным средствам»;
- ГН от 05.03.2021 № 37. Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности для человека применения пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств».

Ежесуточная потребность человека в органических кислотах составляет в среднем 2 г и удовлетворяется в основном за счет потребления фруктов, ягод, солено-квашеных и кисломолочных продуктов.

Практическая часть

Индивидуальное задание. На основании справочных данных определить содержание каждой в отдельности и общего количества органических кислот в конкретном пищевом продукте. Результаты представить в табл. П8 и сделать вывод о количестве продукта, употребление которого покрывает ежесуточную потребность человека в органических кислотах. Задание выполнить по вариантам (табл. 6.1 и 6.2).

Таблица 6.1

Вариант 1. Рецепт салат овощного

Рецептура	Содержание на 100 г продукта
Капуста белокочанная	50
Морковь	5
Огурцы грунтовые	5
Лук репчатый	2
Перец красный сладкий	18
Томаты грунтовые	15
Лимон	5

Таблица 6.2

Вариант 2. Рецепт салат фруктового

Рецептура	Содержание на 100 г продукта
Яблоки	20
Виноград	10
Апельсины	15
Персики	10
Груша	20
Абрикосы	20
Лимон	5

Контрольные вопросы. 1) Кислотность продукта. 2) Органические кислоты: характеристика и классификация. 3) **Муравьиная** кислота: строение, источники получения, применение в пищевой промышленности. 4) **Яблочная** кислота: строение, источники получения, применение в пищевой промышленности. 5) **Винная** кислота: строение, источники получения, применение в пищевой промышленности; 6) **Молочная** кислота: строение, источники получения, применение в пищевой промышленности. 7) **Уксусная** кислота: строение, источники получения, применение в пищевой промышленности. 8) **Бензойная** кислота: строение, источники получения, применение в пищевой промышленности. 9) **Сорбиновая** кислота: строение, источники получения, применение в пищевой промышленности. 10) **Масляная** кислота: строение, источники получения, применение в пищевой промышленности. 11) **Щавелевая** кислота: строение, источники получения, применение в пищевой промышленности.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Вода и ее роль в формировании качества и стойкости пищевых продуктов при хранении». Подготовить доклады на следующие темы:

1. Структура и свойства воды и льда.
2. Свободная и связанная влага в пищевых продуктах и ее влияние на сроки годности.
3. Активность воды в пищевых продуктах, принципы ее измерения.

Практическое занятие № 7 ВОДА И ЕЕ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ КАЧЕСТВА И СТОЙКОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ХРАНЕНИИ

Теоретическая часть

Вода – самое распространенное вещество в природе (гидросфера занимает 71% поверхности Земли) и обязательный компонент практически всех технологических процессов как промышленного, так и сельскохозяйственного производства. В производстве продуктов питания применяется вода, соответствующая установленным требованиям, в следующих формах: жидкая, твердая (лед), газообразная (пар – 100,0°C).

Вода, содержащаяся в пищевой продукции в значительных количествах, не только участвует в формировании ее качества (структурно-механических, физико-химических, органолептических свойств), но, взаимодействуя с белками и углеводами, делает эту продукцию нестойкой при хранении, создавая хорошую питательную среду для развития микроорганизмов (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Характеристики влажности и режимов хранения некоторых групп пищевых продуктов

Наименование продукта	Обозначение ТНПА	Массовая доля влаги, %	Температура хранения, °С	Срок годности
Овощи сушеные	ГОСТ 32065–2013	Не более 14	Не выше 25	Не более 12 мес.
Пряники	ГОСТ 15810–2014	11,5	18 ± 5	Не более 20 дней
Кофе	ГОСТ 32776–2014	Не более 6	–	Не более 24 мес.
Колбасы полукопченые	СТБ 196–2016	53–60	0–6	10–15 сут (в зависимости от сорта)
Вареные колбасы	СТБ 126–2016	73–75	4 ± 2	Не более 3 сут (натуральная оболочка)
Сычужные сыры	СТБ 1373–2016	43–52	0–6	30 сут

Показатели, которые формируют качество продукции и ее стабильность в процессе хранения, в значительной степени зависят от того, насколько прочно вода в продукции связана с пищевыми веществами (белками, углеводами, жирами).

Вода может находиться в продукции в связанном и свободном состояниях. **Связанная вода** – это ассоциированная вода, которая прочно связана с различными компонентами (белками, углеводами, жирами) за счет химических и физических связей. **Свободная вода** – это вода, не связанная полимерами и доступная для протекания химических, биохимических и микробиологических процессов. Чем больше в продукции свободной воды, тем менее стойка она в процессе хранения.

Практическая часть

Индивидуальное задание 1. На основании справочных данных определить содержание влаги в конкретном пищевом продукте (табл. П9) и каждом его рецептурном компоненте. Результаты

представить в виде табл. 7.2 и сделать вывод о предполагаемых причинах снижения или увеличения массовой доли влаги при производстве данного пищевого продукта.

Таблица 7.2

Данные о содержании воды в конкретном пищевом продукте

№ п/п	Наименование продукта:		
	Наименование рецептурного компонента	Рецептура, г/100 г продукта	Массовая доля влаги, %
1			
2			
...			
Готовый продукт (справочные данные), %			
Вывод:			

Индивидуальное задание 2. Технологические расчеты при производстве макарон. По заданному содержанию влаги теста рассчитать необходимое количество воды (дм³) для замеса (B):

$$B = M \cdot (W_T - W_M) / (100 - W_T),$$

где M – дозировка муки, кг (номер студента по журналу $\times 100$); W_T и W_M – содержание влаги в тесте и муке соответственно (I вариант – 28 и 12%, II – 30 и 13%, III – 32 и 14%).

Индивидуальное задание 3. Технологические расчеты при производстве плодоовощных консервов. Рассчитать массовую долю влаги (ω , %) в плодоовощном консервированном продукте по конкретной рецептуре используя справочные данные и следующую формулу:

$$\omega_{\text{СВ(ГП)}} = (A_1 \cdot m_1 + A_2 \cdot m_2 + \dots + A_n \cdot m_n) / 100,$$

где $\omega_{\text{СВ(ГП)}}$ – массовая доля сухих веществ в готовом продукте, %; m_1, m_2, \dots, m_n – масса каждого составного компонента соответственно, в расчете на 100 кг готового продукта, кг; $\omega_{\text{СВ1}}, \omega_{\text{СВ2}}, \dots, \omega_{\text{СВn}}$ – массовая доля сухих веществ каждого составного компонента готового продукта, %; 100 – масса нетто готового продукта, принятого в основу расчета, кг.

Командное задание. Команды по четыре-пять студентов составляют кроссворд из 12 слов на тему «Основные нутриенты пищи» по пройденному материалу, обмениваются кроссвордами и

отгадывают их на время. Счетная комиссия проверяет результаты. За каждое правильно отгаданное слово ставится балл. Команда, быстрее всего отгадавшая кроссворды других команд, получает дополнительно 5 баллов. Побеждает команда, набравшая большее число баллов.

Контрольные вопросы. 1) Вода в пищевых продуктах. 2) Структура и свойства воды. 3) Структура и свойства льда. 4) Свободная влага в пищевых продуктах. 5) Связанная влага в пищевых продуктах. 6) Активность воды пищевых продуктов. 7) Влажность, активность воды и стабильность пищевых продуктов.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Антиалиментарные факторы: антивитамины и антиферменты».

Подготовить доклады на следующие темы:

1. Виды, характеристика и принцип действия антивитаминов, источники в пищевых продуктах.
2. Распространение антиферментов и их роль в пищевой промышленности.

Практическое занятие № 8 АНТИАЛИМЕНТАРНЫЕ ФАКТОРЫ: АНТИВИТАМИНЫ И АНТИФЕРМЕНТЫ. ВЛИЯНИЕ НА РАЗРАБОТКУ РЕЦЕПТУР НОВЫХ ВИДОВ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Теоретическая часть

Антиалиментарные факторы – это вещества природного происхождения, являющиеся составной частью пищевых продуктов, не обладающие токсичностью, но способные приводить к нарушению усвоения необходимых человеку нутриентов (А. А. Покровский). Среди антиалиментарных факторов выделяют антиферменты, антивитамины, деминерализующие вещества и др.

Как правило, антиалиментарные факторы при соблюдении общепринятой диеты не имеют заметного значения. Они могут проявляться в случае уже имеющихся проблем (например, дефицита каких-нибудь веществ) либо в случае использования человеком продолжительное время нерациональной диеты, при которой действие антиалиментарных факторов более выражено.

С другой стороны, традиционные (сложившиеся) подходы к приготовлению пищевых продуктов (тепловая обработка, ограниченное или дополнительное введение тех или иных компонентов и пр.), выбору состава рациона уже сводят действие антиалиментарных факторов к минимуму. При разработке же новых рационов и диет действие антиалиментарных факторов должно максимально учитываться.

Антивитамины (от *анти...* и *витамины*) соединения, близкие к витаминам по химическому строению, но обладающие противоположным биологическим действием. При попадании в организм они включаются вместо витаминов в реакции обмена веществ и тормозят или нарушают их нормальное течение. Это ведет к витаминной недостаточности даже в тех случаях, когда соответствующий витамин поступает с пищей в необходимом количестве или образуется в самом организме. Антивитамины известны почти для всех витаминов. Например, антивитамином витамина B_1 (тиамина) является пиритиамин, вызывающий явления полиневрита. Избыточное потребление лейцина нарушает обмен триптофана, что, в свою очередь, приводит к проблемам синтеза из триптофана водорастворимого витамина PP (ниацина). Такими же эффектами обладают также индолилуксусная кислота и ацетилпиримидин (содержатся в кукурузе). Чрезмерное потребление пищевых продуктов, содержащих указанные антивитамины, приводят к гиповитаминозу – нехватке ниацина.

Для аскорбиновой кислоты (витамина C) антивитаминами являются факторы, способствующие ее окислению, – ферменты аскорбатоксидаза, полифенолоксидазы и другие (содержатся в овощах, фруктах и ягодах). В организме человека продукт окисления (дегидроаскорбиновая кислота) способен восстанавливаться до витамина C . Но вне организма дегидроаскорбиновая кислота крайне нестойка и быстро необратимо разрушается до других продуктов. Все это, в конечном счете, снижает содержание витамина C в пищевых продуктах, содержащих как сам витамин, так и аскорбатоксидазу.

Антиферменты (от *анти...* и *ферменты*), специфические вещества белковой природы, вырабатываемые организмом и тормозящие или блокирующие действие ферментов путем образования с ними неактивных комплексов. Присутствующие в органах и тканях антиферменты предохраняют их от разрушающего действия соответствующих

ферментов; этим, например, объясняется устойчивость стенок желудка и кишечника к действию пищеварительных ферментов.

Такие вещества содержатся в пищевых продуктах, не подвергшихся тепловой обработке (в процессе последней, как правило, все белки теряют свои свойства). Например, антиферменты содержатся в сырых бобовых культурах, пшенице, ячмене, яичном белке и др.

При тепловой обработке пищевых продуктов белковые молекулы антифермента денатурируют и не оказывают своего антиферментного влияния. При этом антиферменты растительного происхождения требуют более длительного и интенсивного нагревания, проявляя нехарактерную для белковых веществ стойкость. Так, полное разрушение антиферментов соевых бобов достигается при кипячении в течение 2–3 ч.

Изучение антиферментов помогло синтезировать новые лечебные средства, обладающие антиферментными свойствами, например, эзерин, прозерин, фокурит (диакарб), трасилол и др.

Практическая часть

Индивидуальное задание 1. На основании литературных данных определить влияние антивитаминов и антиферментов на организм человека и сделать вывод об их значимости. Результаты занести в таблицу.

Контрольные вопросы. 1) Антивитамины. 2) Механизм действия антивитаминов. 3) Примеры антивитаминов. 4) Антиферменты. 5) Механизм действия антиферментов. 6) Примеры антиферментов.

Характеристика антиалиментарных факторов питания

№ п/п	Антивитамин / антифермент	Ингибируемое вещество	Источники
1			

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Антиалиментарные факторы: деминерализующие вещества и природные токсичные компоненты. Ограничения по применению».

Практическое занятие № 9 АНТИАЛИМЕНТАРНЫЕ ФАКТОРЫ: ДЕМИНЕРАЛИЗУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА И ПРИРОДНЫЕ ТОКСИЧНЫЕ КОМПОНЕНТЫ. ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Теоретическая часть

К деминерализующим веществам относятся:

- щавелевая кислота и ее соли (оксалаты);
- фитин (инозитолгексафосфорная кислота);
- таннины;
- некоторые балластные вещества;

Щавелевая кислота (ЩК) и ее соли (оксалаты) наиболее изучены. Она резко снижает утилизацию кальция путем образования нерастворимых в воде солей. Смертельная доза для собаки – 1 г ЩК на 1 кг массы, для человека – 5–150 г. Интоксикация щавелевой кислотой проявляется в большей степени на фоне дефицита витамина *D*. Известны случаи смертельных отравлений как самой ЩК, так и от избыточного употребления продуктов, содержащих ее в больших количествах. Содержание, мг/100 г:

- шпинат – 1000;
- портулак – 1300;
- ревеня – 800;
- щавель – 500;
- красная свекла – 275.

В остальных овощах, фруктах ее немного. Способность связывать кальций зависит от пропорции содержания кальция и оксалатов в продуктах.

Дубильные вещества чая – снижение усвояемости железа (хелатные соединения, не всасывающиеся в тонком кишечнике). Такое воздействие дубильных веществ не распространяется на гемовое железо мяса, рыбы и яичного желтка. Неблагоприятное влияние дубильных и балластных соединений на усвояемость железа тормозится аскорбиновой кислотой, цистеином, кальцием, фосфором, т. е. необходимо их использовать совместно.

Серосодержащие соединения ингибируют усвоение йода.

Кофеин (кофе) – активизирует выделение из организма кальция, магния, натрия и других элементов, увеличивая тем самым потребность в них.

Фитин образует труднорастворимые комплексы с ионами Ca, Mg, Fe, Zn, Cu. Деминерализующий эффект – способность снижать адсорбцию металлов в кишечнике. Содержание фитина: пшеница, фасоль, горох, кукуруза – 400 мг/100 г.

Высокий уровень в злаках не представляет опасности, так как в зерне присутствует фермент, расщепляющий фитин. Хлеб из рафинированной муки практически не содержит фитина. В хлебе из ржаной муки его мало, благодаря высокой активности фитазы. Деминерализующий эффект фитина тем выше, чем меньше соотношение кальция и фосфора в продукте и ниже обеспеченность организма витамином D.

К другим **антиалиментарным компонентам** относятся природные соединения, избыточное поступление которых может отрицательно повлиять на здоровье.

Лектины – группа гликопротеиновых веществ (бобовые, проростки растений, арахис, икра рыб) – повышают проницаемость стенок кишечника для чужеродных веществ, нарушают всасывание нутриентов, вызывают склеивание эритроцитов (агглютинацию).

Цианогенные гликозиды (токсичный компонент – цианид HCN, присутствующий в форме цианогидрина, который связан с сахаром).

В процессе приготовления пищи или при длительном хранении ее образуются специфические ферменты, отделяющие цианогидрин от молекул сахара и расщепляющие его до цианида, альдегида или кетона.

Представители:

- лимарин (белая фасоль),
- амигдалин (косточки персиков, абрикосов),
- соланин и чаконин (зеленый картофель, баклажаны, томаты, табак).

Обладают антихолинэстеразной активностью, поэтому употреблять в пищу зеленые клубни нежелательно.

Практическая часть

Задание 1. Представить рефераты. Проверить усвоение темы реферата, задав 5–7 вопросов студентам. Темы рефератов:

1. Деминерализующие вещества и их действие на организм человека (щавелевая кислота, фитин, танины, дубильные и балластные вещества, кофеин).

2. Природные токсичные компоненты и их действие на организм человека (токсичные циклопептиды, лектины, алкоголь, цианогенные гликозиды).

Задание 2. Найти пары в таблице.

Перечень антиалиментарных факторов и ингибируемых ими веществ

Антиалиментарный фактор	Ингибируемое вещество
1. Ингибитор трипсина	1. Аскорбиновая кислота
2. Ингибитор химотрипсина	2. Пантотеновая кислота (<i>B5</i>)
3. Ингибитор альфа-амилазы	3. Аскорбиновая кислота
4. Редуцирующие сахара	4. Никотинамид (<i>B3</i>)
5. Лейцин	5. Фолиевая кислота
6. Аскорбатоксидаза	6. Железо
7. Полифенолоксидаза	7. Витамин <i>PP</i>
8. Хлорофилл	8. Лизин, триптофан и др.
9. Биофлавоноиды	9. Магний
10. Индолуксусная кислота	10. Ниацин
11. Авидин	11. Биотин
12. Гидрогенизированные жиры	12. Химотрипсин
13. Полиненасыщенные жирные кислоты	13. Токоферол
14. Щавелевая кислота, фитин, кофеин, избыток фосфора	14. Трипсин
15. Щавелевая кислота, фитин, кофеин	15. Кальций
16. Балластные вещества	16. Триптофан
17. Дубильные вещества, серосодержащие соединения	17. Йод
18. Тиаминаза, окситиамин, пиритиамин	18. Тиамин (<i>B1</i>)
19. Липооксидаза	19. Провитамин <i>A</i> – каротин
20. Гидразид изоникотиновой кислоты	20. Аскорбиновая кислота
21. Изорибофлавин, дихлоррибофлавин	21. Рибофлавин (<i>B2</i>)
22. Дезоксипиридоксин, циклосерин	22. Пиридоксин (<i>B6</i>)
23. Метилпантеновая кислота	23. Альфа-амилаза
24. Кумарин-3-сульфокислота, ацитопиридин	24. Ретинол
25. Аминоптерин, сульфаниламид	25. Аскорбиновая кислота
26. Акрихин, левомецин, тетрамоцин	26. Рибофлавин (<i>B2</i>)
27. Салициловая кислота	27. Витамин <i>K</i>

Контрольные вопросы. 1) Деминерализующие вещества. 2) Щавелевая кислота и ее соли. 3) Фитин. 4) Дубильные вещества чая. 5) Кофеин. 6) Лектины. 7) Цианогенные гликозиды. 8) Механизм действия деминерализующих веществ. 9) Содержание деминерализующих веществ в продуктах питания.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Пищевые добавки. Биологически активные добавки».

Практическое занятие № 10

ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩИ. БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ДОБАВКИ: ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Теоретическая часть

Согласно ТР ТС 029, **пищевая добавка (ПД)** – это любое вещество (или смесь веществ), имеющее или не имеющее собственную пищевую ценность, обычно не употребляемое непосредственно в пищу, преднамеренно используемое в производстве пищевой продукции с технологической целью (функцией) для обеспечения процессов производства (изготовления), перевозки (транспортирования) и хранения, что приводит или может привести к тому, что данное вещество или продукты его превращений становятся компонентами пищевой продукции; пищевая добавка может выполнять несколько технологических функций.

Как правило, к пищевым добавкам не относят:

- соединения, повышающие пищевую ценность пищевых продуктов;
- посторонние загрязняющие вещества, непреднамеренно попадающие в пищевые продукты из окружающей среды.

Могут добавляться в пищевой продукт на различных этапах его производства, хранения, транспортирования; могут оставаться в пищевых продуктах полностью или частично в неизменном виде или в виде веществ, образовавшихся в результате химической реакции с компонентами пищи; по остроте, частоте и тяжести возможных заболеваний относят к разряду веществ минимального риска.

На национальном уровне требования к применению пищевых добавок при производстве пищевых продуктов установлены Гигиеническим нормативом «Показатели безопасности и безвредности для человека применения пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» № 195 от 12.12.2012 и Санитарными нормами и правилами «Требования к пищевым добавкам,

ароматизаторам и технологическим вспомогательным средствам» № 195 от 12.12.2012.

Международные стандарты на пищевые добавки и примеси определяются Объединенным комитетом экспертов Международной сельскохозяйственной организации (JECFA) и Кодексом Алиментариус (Codex Alimentarius), принятым Международной комиссией ФАО/ВОЗ и обязательным к исполнению странами, входящими во Всемирную торговую организацию (ВТО).

Для классификации пищевых добавок в странах Евросоюза разработана система нумерации (действует с 1953 г.). Каждая добавка имеет уникальный номер, начинающийся с буквы «Е». Система нумерации была доработана и принята для международной классификации Кодекс Алиментариус. Все пищевые добавки, применяемые в соответствии с Codex Alimentarius, имеют свой цифровой код (список INS – International Numeral System) (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Перечень групп пищевых добавок

Группа индексов	Технологические функции	
E100–E199 Красители	100–109	Желтые
	110–119	Оранжевые
	120–129	Красные
	130–139	Синие и фиолетовые
	140–149	Зеленые
	150–159	Коричневые и черные
	160–199	Другие
E200–E299 Консерванты	200–209	Сорбаты
	210–219	Бензоаты
	220–229	Сульфиты
	230–239	Фенолы и формиаты (метаноаты)
	240–259	Нитраты
	260–269	Ацетаты (этанаты)
	270–279	Лактаты
	280–289	Пропиноаты (пропаноаты)
	290–299	Другие
E300–E399 Антиокислители	300–305	Аскорбаты (витамин С)
	306–309	Токоферол (витамин Е)
	310–319	Галлаты и эриторбаты
	320–329	Лактаты

Окончание табл. 10.1

Группа индексов	Технологические функции	
E300–E399 Антиокислители	330–339	Цитраты
	340–349	Фосфаты
	350–359	Малаты и адипаты (адипинаты)
	360–369	Сукцинаты и фумараты
	370–399	Другие
E400–E499 Стабилизаторы, загустители, эмульгаторы	400–409	Альгинаты
	410–419	Камеди
	420–429	Другие природные вещества
	430–439	Соединения полиоксиэтилена
	440–449	Природные эмульгаторы
	450–459	Фосфаты
	460–469	Соединения целлюлозы
	470–489	Соединения жирных кислот
490–499	Другие	
E500–E599 Регуляторы pH и вещества против слеживания	500–509	Неорганические кислоты и основания
	510–519	Хлориды и сульфаты
	520–529	Сульфаты и гидроксиды
	530–549	Соединения щелочных металлов
	550–559	Силикаты
	570–579	Стеараты и глюконаты
	580–599	Другие
E600–E699 Усилители вкуса и аромата, ароматизаторы	620–629	Глютаматы
	630–639	Инозинаты
	640–649	Другие
E700–E799 Антибиотики	710–713	
E800–E899 Резерв		
E900–E999 Прочие	900–909	Воски
	910–919	Глазирователи
	920–929	Вещества, улучшающие мучные изделия
	930–949	Газы для упаковки
	950–969	Подсластители
	990–999	Пенообразователи
E1100–E1999 Дополнительные вещества	Новые вещества, не попадающие в стандартную классификацию	

Краткое название – E-нумерация:

- E100–E182 – красители;
- E200–E299 – консерванты;
- E300–E399 – антиокислители;
- E400–E449 – стабилизаторы консистенции;

- E450–E499 – эмульгаторы;
- E500–E599 – регуляторы рН и вещества против слеживания;
- E600–E699 – усилители вкуса и аромата;
- E700 – антибиотики
- E800 – резерв;
- E900 – глазирователи, размягчители и прочие;
- E1000–E1999 – дополнительные вещества, в том числе антифламинги.

Особенностью Кодекса Алиментариус является то, что **в нем не учитываются токсикологические особенности пищевых добавок**, т. е. в Кодексе **ничего не говорится о безвредности или вредности добавки при ее наличии!**

БАД – концентраты натуральных или идентичных натуральным биологически активных веществ (включая эссенциальные пищевые вещества), предназначенные для непосредственного приема и (или) введения в состав пищевого продукта. БАД получают: из растительного, животного и минерального сырья; химическими или биотехнологическими способами. По функциональной роли условно делятся:

- на нутрицевтики;
- парафармацевтики.

Нутрицевтики, с одной стороны, – это пищевые продукты, которые обеспечивают здоровье, с другой стороны, они обладают лечебными возможностями для профилактики и предупреждения болезней.

Парафармацевтики (от лат. «*par*» – «около», «*pharmaceuticals*» – «лекарственные средства») – это биологически активные вещества, которые регулируют процессы жизнедеятельности и применяются для профилактики, вспомогательной терапии и поддержки в физиологических границах функциональной активности органов и систем в количестве, не превышающем суточной терапевтической дозы. Парафармацевтики содержат биофлавоноиды, алкалоиды, гликозиды, сапонины, органические кислоты, эфирные масла, полисахариды, биогенные амины и другие биологически активные вещества. К парафармацевтикам относят растительные экстракты с высокой концентрацией физиологически активных веществ (женьшень, элеутерококк, золотой корень – радиола, лимонник, различные морские водоросли), минеральные и органические субстраты

(мумии), продукты жизнедеятельности животных и пчел (панты, животные и растительные яды, желчь, мед, прополис), различные фиточаи и травяные сборы.

Практическая часть

Индивидуальное задание 1. Подготовить рефераты на следующие темы:

1. Пищевые добавки, назначение, классификация, гигиеническая экспертиза.
2. Пищевые добавки: красители, консерванты и регуляторы кислотности.
3. Пищевые добавки: антиокислители; подсластители; ферментные препараты, ароматизаторы.
4. БАД в производстве пищевых продуктов.

Индивидуальное задание 2. Провести анализ различных пищевых продуктов на наличие в них пищевых добавок в соответствии с информацией, указанной на этикетке. Выписать в рабочую тетрадь, к какой группе по списку INS они относятся. Определить, не входят ли они в группу запрещенных (неразрешенных) пищевых добавок в Российской Федерации, Европейском союзе либо Республике Беларусь. Результаты оформить в виде табл. 10.2.

Таблица 10.2

Характеристика пищевых добавок, присутствующих в конкретных пищевых продуктах

№ п/п	Наименование пищевого продукта	Наименование пищевой добавки	Цифровой код по INS и группа	Краткая характеристика ПД
1				
2				
Вывод:				

Контрольные вопросы. 1) Пищевые добавки. 2) Классификация. 3) Кодирование. 4) Красители. 5) Консерванты. 6) Регуляторы кислотности. 7) Антиокислители. 8) Подсластители. 9) Ферментные

препараты. 10) Ароматизаторы. 11) Вспомогательные материалы. 12) Биологически активные добавки.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Количественные и качественные изменения белковых веществ мяса, рыбы, зерновых и бобовых культур в процессе технологической обработки».

Практическое занятие № 11 КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ВЕЩЕСТВ МЯСА, РЫБЫ, ЗЕРНОВЫХ И БОБОВЫХ КУЛЬТУР В ПРОЦЕССЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Теоретическая часть

Глубина физико-химических изменений белков определяется их природными свойствами, характером внешних воздействий, концентрацией белков и другими факторами. Наиболее значительные изменения белков связаны с их гидратацией, денатурацией и деструкцией.

Гидратация белков. На поверхности молекул нативного белка имеются так называемые полярные группы. При контакте с белком диполи воды адсорбируются на поверхности белковой молекулы, ориентируясь вокруг полярных групп белка. Таким образом, основная часть воды, более или менее прочно связываемая в пищевых продуктах белками, является адсорбционной.

Адсорбционная вода удерживается белками вследствие образования между их молекулами и водой водородных связей. Водородные связи относятся к слабым, однако это компенсируется значительным количеством связей: каждая молекула воды способна образовывать четыре водородные связи, которые распределяются между полярными группами белка и соседними молекулами воды. В результате этого адсорбционная вода в белке оказывается довольно прочно связанной: она не отделяется от белка самопроизвольно и не может служить растворителем для других веществ.

Гидратация белков имеет большое практическое значение при производстве полуфабрикатов: при добавлении к измельченным

животным или растительным продуктам воды, поваренной соли и других веществ и при перемешивании измельченных компонентов гидратация белков состоит из протекающих одновременно процессов растворения и набухания. При гидратации повышается липкость массы, в результате чего она хорошо формуется в изделия (полуфабрикаты), предназначенные для тепловой кулинарной обработки. Еще одним примером гидратации является приготовление теста, в процессе которого белки муки при контакте с водой набухают, образуя клейковину.

Разрушение нативной структуры, сопровождающееся потерей биологической активности (ферментативной, гормональной), называют **денатурацией**.

Денатурация включает диссоциацию полимерных структур, разворачивание мономерных структур, агрегацию белков и гелеобразование.

Нагрев выше 100°C вызывает частичный гидролиз белка с образованием свободных аминокислот, распадающихся затем до аммиака, амидов, сероводорода, что снижает биологическую ценность продукта. С увеличением температуры и особенно продолжительности нагрева скорость распада полипептидов возрастает более интенсивно, чем скорость распада белковых веществ до полипептидов.

Повышение температуры и увеличение продолжительности нагрева вызывают усиление распада коллагена до глютина и гидролиз глютина до глютоз (это уменьшает жесткость мяса и способствует лучшему усвоению организмом). При длительном нагревании в воде и органических растворителях коллаген (фибрилярный белок – кость, сухожилие, хрящи, связки) денатурирует и превращается в желатин.

Деструкция белков. При тепловой обработке продуктов изменения белков не ограничиваются только денатурацией. Для доведения продукта до полной готовности денатурированные белки нагревают при температурах, близких к 100°C , более или менее продолжительное время. В этих условиях наблюдаются дальнейшие изменения белков, связанные с разрушением их макромолекул. На первом этапе изменений от белковых молекул могут отщепляться такие летучие продукты, как аммиак, сероводород, фосфористый водород, углекислый газ и др. Накапливаясь в продукте и окружающей среде, эти вещества участвуют в образовании вкуса и аромата готовой пищи.

При длительном гидротермическом воздействии происходит деполимеризация белковой молекулы с образованием водорастворимых азотистых веществ. Примером деструкции денатурированного белка является переход коллагена в глютин.

Воздействие высокого давления на белки рыбы. Денатурация белков, вызываемая действием высокого давления, включает в себя перестройку и (или) разрушение нековалентных связей – водородных связей и гидрофобных взаимодействий, а также ионных связей четвертичной и третичной структуры белков (при этом ковалентные связи не нарушаются).

Основными белками мышечной ткани рыб являются миофибриллярные и саркоплазматические белки. Миофибриллярные составляют 65–80% общего содержания белков и состоят в основном из сократительных белков (актина и миозина), а также из регуляторных, эластичных и некоторых других второстепенных белков. Миозин денатурирует при давлении 100–200 МПа, актин – при 300 МПа. Лишь некоторые растворимые белки выдерживают давление порядка 800 МПа.

Гидролиз белков мышечной ткани рыбы после вылова. Под действием ферментов эндогенных протеаз на ключевые связывающие белки происходит нарушение целостности структуры миофибрилл. Гемсодержащие белки, обуславливающие яркий красный цвет мяса свежей рыбы, – оксимиоглобин и оксигемоглобин окисляются. Их продукты окисления метмиоглобин и метгемоглобин обуславливают коричневый цвет испорченного мяса. Может наблюдаться позеленение мяса (тунца, например, это неферментативное окисление миоглобина под действием триметиламинооксидазы (оксидоредуктазы) и некоторых сульфгидрильных соединений).

Практическая часть

Задание 1. Подготовить доклады на следующие темы:

1. Изменения белков при тепловой кулинарной обработке продуктов – денатурация и деструкция белков.
2. Количественные и качественные изменения белковых веществ рыбы, зерновых и бобовых культур в процессе технологической обработки.

Задание 2. Определить содержание белка в пищевом продукте после его кулинарной обработки. Задание выполнить по вариантам (таблица):

- вариант I – плов грузинский;
 - вариант II – рагу овощное с мясом;
 - вариант III – биточки рыбные;
 - вариант IV – штрудель.
- Результаты внести в табл. П10.

**Примеры рецептов продуктов для расчета содержания белка
после кулинарной обработки**

Блюдо	Наименование рецептурного компонента (способ обработки)	Рецептура, г/100 г продукта
Плов грузинский	Баранина (приготовление плова)	20
	Кролик (тушение)	20
	Рис (варка без слива воды)	30
	Морковь (пассерование)	10
	Лук репчатый (пассерование)	10
	Лук зеленый (мойка, нарезка)	10
Рагу овощ- ное с мясом	Баранина (тушение мелким куском с овощами)	10
	Свинина (тушение мелким куском с овощами)	10
	Капуста белокочанная свежая (тушение)	20
	Капуста белокочанная квашеная (тушение)	20
	Картофель (тушение с овощами)	30
	Лук зеленый (мойка, нарезка)	10
Биточки рыбные	Скумбрия атлантическая (биточки)	25
	Минтай (биточки)	25
	Хек (биточки)	25
	Лук репчатый (пассерование)	10
	Яйца (жарка)	10
	Лук зеленый (мойка, нарезка)	5
Штрудель	Вишня / малина / яблоки / смородина	500
	Сливочное масло	60
	Мука пшеничная	220
	Яйцо куриное	50
	Вода	100
	Сахар	60

Контрольные вопросы. 1) Изменения белков при кулинарной обработке продуктов. 2) Деструкция белков. 3) Денатурация белков. 4) Воздействие высокого давления на белки рыбы. 5) Гидролиз

белков мышечной ткани рыбы после вылова. б) Влияние денатурации и деструкции на изменение свойств продукта.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Химические превращения животных и растительных жиров под воздействием технологических факторов».

Практическое занятие № 12 ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЖИВОТНЫХ И РАСТИТЕЛЬНЫХ ЖИРОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Теоретическая часть

Липиды широко используются при производстве многих продуктов питания, являются важными компонентами пищевого сырья, полуфабрикатов и готовых продуктов, во многом определяющих их пищевую и биологическую ценность и вкусовые качества.

Жиры не только являются необходимой составной частью многих кулинарных изделий, но и выполняют роль теплопередающей и антиадгезионной среды при тепловой обработке продуктов. Входя в состав того или иного кулинарного изделия, жир должен хорошо сочетаться по вкусу, запаху и консистенции с остальными его компонентами. Так, рыба хорошо сочетается с растительными маслами, но плохо с животными жирами (говяжьим, бараньим и свиным); высокоплавкие термостойкие жиры ухудшают консистенцию холодных блюд, воспринимаемую полостью рта.

Главными направлениями превращения липидов являются:

- гидролиз (ферментативный и неферментативный);
- окислительное прогоркание (автокаталитическое и ферментативное);
- биохимическое прогоркание.

Также при термическом воздействии (температура свыше 200°C) в жирах может протекать процесс пиролиза (термическое разложение с выделением дыма). Различные жиры имеют разную

температуру дымообразования, например, для свиного жира она составляет 221°C, хлопкового масла – 223°C, пищевого саломаса – 230°C.

Гидролиз масел и жиров осуществляется под действием кислорода воздуха, воды, ферментов, микроорганизмов. Процесс протекает ступенчато: на первом этапе образуются диглицерины, на втором – моноглицерины и в конечном итоге – глицерин и жирные кислоты.

Окислительному прогорканию (ферменты, микроорганизмы, кислород, вода, свет) подвергаются как масла и жиры, так и жировые компоненты пищевых продуктов. Образуются первичные (пероксиды и гидропероксиды) и вторичные (спирты, альдегиды, кетоны) продукты окисления, присутствующие одновременно.

При **биохимическом прогоркании** (температура, свет, механические воздействия) жировые компоненты пищевого сырья и пищевых продуктов взаимодействуют с белками и углеводами, образуя липидбелковые и липидуглеводные комплексы. При этом с белками и углеводами реагируют глицерин, жирные кислоты, вторичные продукты окисления, образуя вышеуказанные комплексы.

Все реакции проходят одновременно и разделить их сложно. Глубина и интенсивность этих процессов зависят от следующих факторов:

– химического состава липидов (с увеличением степени ненасыщенности жирных кислот, входящих в состав ацилглицеринов, скорость их окисления возрастает);

– характера сопутствующих, добавляемых и образующихся веществ, например антиоксидантов, меланоидинов (при введении антиоксидантов в количестве 0,01% стойкость жиров к окислению увеличивается в 10–15 раз);

– влажности;

– присутствия микроорганизмов;

– активности ферментов (линоксигеназ);

– контакта с кислородом воздуха.

В липидах при нагреве в результате гидролиза накапливаются жирные кислоты, которые окисляются быстрее, чем триглицериды, что приводит к окислительной порче продукта. Согласно теории Баха – Энглера и Н. Н. Семенова, процесс окисления включает следующие основные стадии:

– инициирование цепных реакций;

– образование свободных радикалов;

- развитие цепи;
- вырожденное разветвление цепи;
- самопроизвольный обрыв цепи;
- образование вторичных продуктов окисления.

Так, в консервах для детского питания из мяса птицы уже при бланшировании начинаются гидролитические изменения липидов. Одновременно происходят и окислительные процессы с образованием перекисей, карбонильных соединений, со снижением содержания НЖК.

Окисление липидов в рыбе. Содержание липидов в мышечных тканях рыбы зависит от ее вида. Особенно чувствительна к прогорклости жирная рыба из-за высокого содержания ПНЖК (омега-3-ЖК – эйкозапентаеновая, докозагексаеновая ЖК). Реакции окисления липидов ускоряются при высоких температурах, связанных с горячим копчением или прямой сушкой на солнце.

Практическая часть

Задание 1. Подготовить доклады на следующие темы:

1. Гидролиз жиров при технологической обработке продуктов.
2. Окислительное прогоркание животных и растительных жиров под воздействием технологических факторов.
3. Биохимическое прогоркание липидов при тепловой кулинарной обработке продуктов.

Задание 2. Определить содержание жиров в пищевом продукте после его кулинарной обработки. Результаты внести в табл. П11.

Контрольные вопросы. 1) Изменения жиров при кулинарной обработке продуктов. 2) Гидролиз жиров. 3) Окислительное прогоркание жиров. 4) Биохимическое прогоркание жиров. 5) Факторы, от которых зависят глубина и интенсивность процессов порчи жиров. 6) Процесс окисления жиров согласно теории А. Н. Баха и Н. Н. Семенова. 7) Окисление липидов в рыбе.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Влияние режимов технологической обработки на состав и свойства простых и сложных сахаров растительного происхождения».

Практическое занятие № 13 ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ПРОСТЫХ И СЛОЖНЫХ САХАРОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Теоретическая часть

Гидролиз углеводов. Во многих пищевых продуктах происходит гидролиз пищевых гликозидов, олигосахаридов и полисахаридов. Он зависит от температуры, pH, аномерной конфигурации, комплекса ферментов.

Гидролиз крахмала протекает под действием кислот. Вначале происходит ослабление и разрыв ассоциативных связей между макромолекулами амилозы и амилопектина. В результате нарушается структура крахмальных зерен и образуется гомогенная масса. Далее разрываются связи альфа-D-(1,4)- и альфа-D-(1,6)- с присоединением по месту разрыва молекулы воды. Нарастает число свободных альдегидных групп, уменьшается степень полимеризации. Конечный продукт гидролиза – глюкоза. На промежуточных стадиях образуются декстрины, три- и тетрасахара, мальтоза.

Гидролиз под действием амилитических ферментов (альфа- и бета-амилазы, глюкоамилаза, пуллуланаза).

Альфа-амилаза, действуя на целое крахмальное зерно, атакует его, разрыхляя поверхность и образуя каналы и бороздки, т. е. раскладывает зерно на части. Клейстеризованный крахмал гидролизуется с образованием низкомолекулярных альфа-декстринов (много), мальтозы и глюкозы (мало).

Бета-амилаза практически не гидролизует нативный крахмал, клейстеризованный крахмал гидролизуется до мальтозы (54–58%) и бета-декстрина (42–46%).

Гидролиз сахарозы. При нагревании в присутствии небольшого количества пищевых кислот образуются редуцирующие сахара (глюкоза, фруктоза), которые далее участвуют в реакции дегидратации, меланоидинообразования и карамелизации. Ферментативный гидролиз сахарозы используется в производстве (действие бета-фруктофуранозидазы): помадных конфет – для предупреждения черствения, хлебопекарных изделиях – способствует улучшению аромата.

Этот процесс присутствует на начальной стадии производства виноградных вин. Инвертные сиропы, полученные действием бета-фруктофуранозидазы на сахарозу, используются при производстве безалкогольных напитков.

Реакции образования коричневых продуктов. Карамелизация. Прямой нагрев углеводов, особенно сахаров и сахарных сиропов, способствует протеканию комплекса реакций, называемых карамелизацией. Реакции катализируются небольшими концентрациями кислот, щелочей и некоторых солей. Регулируя условия, можно получить: определенный аромат продукта или определенный цвет (желто-коричневых оттенков). Происходит разрыв гликозидных связей и образование новых, а также образование ангидроколец, или включение в кольца двойных связей. При этом образуются дегидрофураноны, циклопентанолонны, циклогексанолонны, пироны и др.

Реакция Майяра. Редуцирующие сахара из-за наличия карбонильной группы легко вовлекаются при нагреве в реакции с аминокислотами, а также белками и пептидами, содержащими свободные аминные группы. Конечными продуктами этих реакций являются меланоидины – вещества сложного состава и строения, имеющие цвет от желтого до темно-коричневого. Активность аминокислот в реакциях с сахарами и интенсивность потемнения зависят от: температуры; рН среды; общей концентрации сухих веществ в растворе; природы реагирующих компонентов; других факторов.

Степень окрашивания убывает в следующем ряду аминокислот: глицин – аланин и аспарагин – цистин и тирозин.

Активность углеводов возрастает в следующей последовательности: глюкоза – галактоза и лактоза – ксилоза, арабиноза.

Реакции меланоидинообразования протекают, даже когда отношение аминокислот к сахарам составляет 1 : 300. Интенсивность меланоидинообразования повышается при увеличении рН. При рН меньше 3 меланоидинообразование проявляется слабо, однако при нагреве ускоряется даже в таких средах.

Сбраживание углеводов. Процесс брожения – процесс (в котором участвуют углеводы), используемый в ряде пищевых технологий: тестоприготовление, пивоварение, производство кваса, производство спирта, виноделие и др.

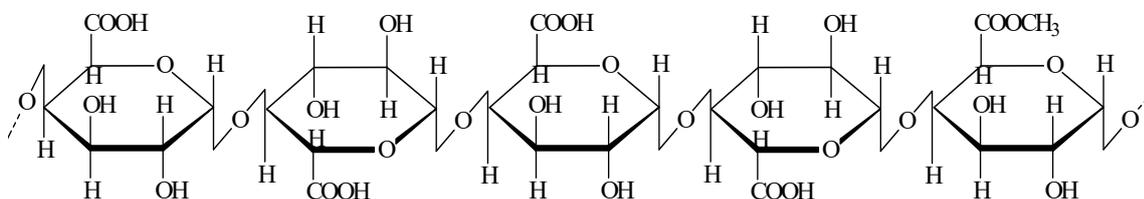
Спиртовое брожение осуществляется благодаря жизнедеятельности ряда микроорганизмов (дрожжей). Оно может быть выражено уравнением: $\text{гексоза} = \text{углекислый газ} + \text{этиловый спирт}$.

Помимо этанола образуются также янтарная и лимонная кислоты, смесь амилового, изоамилового, бутилового и других спиртов, уксусная кислота, diketоны, уксусный альдегид, глицерин и ряд иных соединений.

Углеводы по снижению скорости сбраживания можно расположить следующим образом: глюкоза и фруктоза – манноза – галактоза.

Молочнокислое брожение. Применяется при производстве: кисломолочных продуктов (простокваши, ацидофилина, кефира и др.), квасов, «жидких дрожжей» для хлебопечения, квашении капусты, огурцов, при силосовании кормов. Из одной молекулы гексозы образуются две молекулы молочной кислоты. Помимо молочной кислоты образуются уксусная кислота, этиловый спирт, углекислый газ, метан, водород.

Превращение полисахаридов. Важным компонентом растительных клеток являются пектиновые вещества, состоящие из остатков альфа-галактуроновой кислоты, связанных альфа-1,4-гликозидной связью (рисунок).



Формула пектина

К пектиновым веществам относятся: пектиновые и пектовые кислоты, пектин, протопектин. Нагревание разрушает водородные связи в молекуле протопектина и может вызвать его деметилирование. В зависимости от свойств исходного протопектина и условий тепловой обработки получают пектины, состоящие из полигалактуроновых кислот, различных по степени полимеризации и содержанию метоксильных групп. Расщепление протопектина соответствует кинетике реакции первого порядка (прямолинейная зависимость). Расщепление протопектина приводит к уменьшению прочности срединных пластин. Вследствие этого ослабляется связь между клетками паренхимной ткани и изменяется консистенция продукта. Этот процесс может быть охарактеризован величиной сопротивления разрыву тканей: чем выше температура обработки растительной ткани, тем меньше сопротивление разрыва.

Практическая часть

Задание 1. Подготовить доклады на следующие темы:

1. Превращения углеводов в пищевых продуктах при их кулинарной обработке (гидролиз).
2. Превращения сахаров в пищевых продуктах при их тепловой кулинарной обработке (реакции карамелизации, меланоидинообразования).
3. Изменения, происходящие с углеводами в процессе брожения, используемом в ряде пищевых производств.
4. Изменения полисахаридов (клетчатки, гемицеллюлозы, пектиновых веществ), содержащихся в растительных продуктах.

Задание 2. Определить содержание углеводов в пищевом продукте после его кулинарной обработки. Результаты внести в табл. П12.

Контрольные вопросы. 1) Гидролиз углеводов. 2) Гидролиз крахмала. 3) Гидролиз сахарозы. 4) Карамелизация. 5) Реакция Майяра (сущность, схема, условия протекания). 6) Сбраживание углеводов. 7) Спиртовое и молочнокислое брожение. 8) Превращение полисахаридов растительных клеток.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Изменения, происходящие с витаминами, минеральными веществами, органическими кислотами и водой в процессе приготовления пищи».

Практическое занятие № 14 ИЗМЕНЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ С ВИТАМИНАМИ, МИНЕРАЛЬНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ, ОРГАНИЧЕСКИМИ КИСЛОТАМИ И ВОДОЙ В ПРОЦЕССЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИЩИ

Теоретическая часть

Разрушение витаминов. Наиболее значимыми факторами, влияющими на разрушение витаминов, являются: рН; температура; присутствие или отсутствие кислорода; наличие или отсутствие

УФ-излучения. Наиболее термолабильными являются витамин С; тиамин; фолиевая и пантотеновая кислоты. Витамин В₆ (пиридоксол, пиридоксаль, пиридоксамин) термолабилен только в форме пиридоксаля. Витамин А довольно чувствителен к нагреву, а его про-витамины (бета-каротин и др.) более термостойки.

Разрушение пигментов. После тепловой обработки окраска пищевых продуктов может сохраняться или изменяться, причем чаще всего это изменение нежелательно. Интенсивный нагрев приводит к необратимому изменению таких термочувствительных пигментов, как ликопин, бета-каротин, ксантофил и флавоноиды, присутствующих в томатах. Миоглобин мяса в процессе нагревания обесцвечивается. Цвет плодов и овощей изменяется в процессе их стерилизации.

Антоцианы – это пигменты от розового до фиолетового цвета (слива, вишня, красный виноград, черная смородина, малина, брусника, краснокочанная капуста, баклажаны и др.). Они принадлежат к группе флавоноидов и содержат один или несколько остатков сахаров (глюкозы, рамнозы или галактозы). В пределах температур 45–110°С существует линейная зависимость между количеством разрушенных антоцианов и повышением температуры. Стабильность антоцианов снижается при переходе от оранжевого цвета к фиолетовому.

Хлорофиллы – пигменты, обуславливающие зеленый цвет шпината, щавеля, зеленого горошка и др. Известны две разновидности: хлорофилл *a* и *b*. Это сложный эфир двухосновной кислоты и двух различных спиртов: метилового и фитола. При нагреве овощей ярко-зеленые хлорофиллы превращаются в тускло-оливковые феофетины (результат реакции между хлорофиллом и кислотами клеточного сока растений). Стерилизация приводит к 100%-ному разрушению хлорофилла *a*, хлорофилла *b* остается 10%.

Беталаины – пигменты, обуславливающие цвет свеклы, состоят из пурпурных бетацианинов и желтых бетаксантинов. Основной пигмент этой группы – бетанин (его изомер – изобетанин), он является моногликозидом. Беталаины довольно термолабильны.

Каротиноиды – групповое название пигментов, включающих каротины, ликопин и ксантофиллы. Каротины – непредельные углеводороды с общей формулой C₄₀H₅₆, нерастворимые в

воде, но легко растворяющиеся в жирах. В овощах, имеющих оранжевую или желтую окраску (морковь, тыква), они присутствуют в виде оранжевых кристаллов, находящихся во взвешенном состоянии в бесцветном клеточном соке. Каротиноиды довольно устойчивы к действию высокой температуры и изменениям реакции среды. При стерилизации томатного сока в зависимости от ботанического сорта томатов разрушается 1–13% ликопина и 1–32% каротина.

Изменения содержания минеральных веществ. При переработке пищевого сырья, как правило, происходит снижение содержания минеральных веществ (кроме добавления пищевой соли). В растительных продуктах они теряются с отходами. Например, при получении крупы и муки после обработки зерна содержание минеральных веществ снижается, так как в удаляемых оболочках и зародышах их больше, чем в самом зерне. При очистке овощей и картофеля теряется от 10 до 30% минеральных веществ. Мясные, рыбные продукты и птица в основном теряют такие макроэлементы, как кальций и фосфор, при отделении мякоти от кости. При тепловой кулинарной обработке (варке, жарении, тушении) мясо теряет от 5 до 50% минеральных веществ.

Минеральные вещества являются наиболее стабильными в процессе стерилизации. Они теряются лишь в операциях до стерилизации (мойка, бланширование, варка), особенно, если используется вода, а не пар. При стерилизации значительная часть минеральных веществ переходит в жидкую фазу.

Практическая часть

Задание 1. Представить доклады на следующие темы:

1. Изменения, происходящие с водорастворимыми витаминами в процессе технологической переработки сельскохозяйственного сырья.
2. Изменения, происходящие с жирорастворимыми витаминами в процессе технологической переработки сельскохозяйственного сырья.
3. Изменения, происходящие с минеральным составом сельскохозяйственного сырья в процессе его технологической переработки.

4. Изменения, происходящие с пигментами (хлорофиллами, каротиноидами, антоцианами) в процессе технологической переработки сельскохозяйственного сырья.

Задание 2. Определить содержание витаминов и минеральных веществ в пищевом продукте после его кулинарной обработки. Результаты внести в табл. П13.

Контрольные вопросы. 1) Разрушение витаминов. 2) Разрушение пигментов. 3) Антоцианы. 4) Хлорофиллы. 5) Беталаины. 6) Каротиноиды. 7) Разрушение минеральных веществ.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Порча мясных, рыбных и молочных продуктов. Сроки годности мясных, рыбных и молочных продуктов. Методы определения их сроков годности».

Практическое занятие № 15 ПОРЧА МЯСНЫХ, РЫБНЫХ И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ. СРОКИ ГОДНОСТИ МЯСНЫХ, РЫБНЫХ И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРОКОВ ГОДНОСТИ

Теоретическая часть

Все пищевые продукты состоят из первичных биоматериалов, которые со временем неизбежно разлагаются и портятся. Порча пищевого продукта проявляется в ухудшении цвета, вкуса и аромата до такой степени, что он становится неприемлемым. При этом в продукте снижается содержание питательных веществ настолько, что он больше не соответствует требуемой пищевой ценности, а также продукт становится неприемлемым для потребителя, так как может вызвать его болезнь или смерть.

Срок годности – период, по истечении которого продукт считается непригодным для использования по назначению.

Процессы, приводящие к порче пищевых продуктов, могут быть классифицированы по трем основным группам:

- физические;
- химические;
- микробиологические.

Между ними существует некоторая корреляция: порча, вызванная протеканием процессов определенного типа, может способствовать развитию порчи другого типа. Существует несколько основных факторов, определяющих большинство видов порчи – температура, рН, активность воды, воздействие кислорода и света, наличие в пищевом продукте тех или иных пищевых веществ или продуктов их деградации.

Практическая часть

Задание 1. Подготовить доклады на следующие темы:

1. Сроки годности пищевых продуктов. Методы установления.
2. Порча мясных, рыбных и молочных продуктов.

Задание 2. Студенты делятся на три подгруппы и заполняют табл. П14:

- 1-я подгруппа – мясные продукты;
- 2-я подгруппа – рыбные продукты;
- 3-я подгруппа – молочные продукты.

Задание 3. Разработать программу испытаний органолептических и физико-химических показателей для определения срока годности следующих продуктов:

- 1) рыбы горячего копчения;
- 2) вареной колбасы;
- 3) йогурта.

Результаты оформить в виде табл. П15.

Задание 4. На основании результатов расчета пищевой ценности продукта до и после кулинарной обработки, полученных в ходе выполнения заданий практических занятий № 11–14, заполнить табл. П16.

Контрольные вопросы. 1) Порча пищевого продукта. 2) Срок годности ПП. 3) Физические процессы, приводящие к порче пищевых продуктов. 4) Химические процессы, приводящие к порче пищевых продуктов. 5) Микробиологические процессы, приводящие к порче пищевых продуктов. 6) Срок годности пищевых продуктов.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Химические превращения при хранении растительной продукции».

Практическое занятие № 16

ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Теоретическая часть

Причиной порчи пищевых продуктов в числе прочих являются химические реакции, или реакции деградации их химических компонентов (белков, жиров, углеводов). Скорость этих химических реакций зависит от активности воды, температуры хранения, pH, освещения, присутствия кислорода. Для каждой реакции существуют оптимальные условия протекания. Продукты реакций влияют на цвет, вкус, аромат и (или) текстуру пищевого продукта.

Активность ферментов во фруктах и овощах вызывает потемнение и размягчение тканей. Эти реакции катализируются ферментами под названием фенолоксидазы. Они вступают в реакцию с фенольными соединениями и кислородом с образованием пигментов коричневого цвета. Деятельность фенолоксидаз активируется при повреждении клеток от удара, резки или удаления их кожуры.

Неферментативное потемнение (реакция Майяра) – процесс, протекающий между белками (точнее, аминокетонами белков) и редуцированными сахарами: происходит образование нестабильных оснований Шиффа; трансформация их посредством перегруппировки Амадори; последующее расщепление – реакция Штекера и реакции полимеризации приводят к образованию летучих веществ и темных пигментов.

В ходе неферментативного потемнения быстро расходуется лизин, относящийся к незаменимым аминокислотам. Он активно реагирует с редуцирующими сахарами. Скорость реакции Майяра зависит от активности воды, максимальная – в диапазоне активности воды от 0,6 до 0,8 (вне этого диапазона скорость снижена). Данная реакция редко протекает при низких значениях pH, и катализаторами ее являются ионы металлов (медь и железо). Реакция Майяра является основной причиной деградации углеводов.

Химические реакции, приводящие к деградации углеводов, включают также реакции клейстеризации (ретроградации). Реакции карамелизации для хранения не типичны, так как высокие температуры в этом процессе не применяются.

Клейстеризация (желатинизация) – одна из важнейших особенностей крахмалов – разбухание зерен крахмала в воде с последующей потерей кристалличности и оптических свойств. Степень желатинизации зависит:

- от температуры;
- величины сдвига;
- активности воды;
- присутствия других компонентов (сахаров, липидов).

Ретроградация крахмалов – процесс перекристаллизации, или образования вторичных ассоциатов. Амилоза легче подвергается ретроградации, чем амилопектин (структура ее молекулы мельче и не так разветвлена). Следовательно, использование воскообразных крахмалов (с низким содержанием амилозы) может уменьшить степень их ретроградации.

Крахмал различных видов муки клейстеризуется и стареет не одинаково. Крахмал ржаной муки клейстеризуется при более низкой температуре, легко впитывая значительное количество влаги. Клейстеризованный в процессе выпечки крахмал с течением времени выделяет поглощенную им влагу и переходит в прежнее состояние, характерное для крахмала муки. Крахмальные зерна при этом уплотняются и значительно уменьшаются в объеме, между ними образуются воздушные прослойки. Поэтому черствеющий мякиш становится крошковатым. Свободная влага, выделенная крахмалом, при черствении хлеба впитывается белками и частично испаряется, а также остается в образовавшихся воздушных прослойках. Следовательно, при черствении протекает процесс ретроградации крахмала, т. е. переход из аморфного состояния, в котором он находится в горячем хлебе, в кристаллическое, идентичное тому состоянию, в котором крахмал находился в тестовой заготовке перед выпечкой.

При хранении растительной продукции также протекают процессы прогоркания жиров. Ферментативное окислительное прогоркание характерно для липидного комплекса хранящихся масличных семян, зерна, продуктов их переработки (мука, крупа). Оно протекает при участии ферментов липазы и липоксигеназы.

В результате протекания описанных процессов пищевые продукты приобретают неприятный вкус и запах, в них накапливаются

вредные для организма человека вещества. При этом снижается их пищевая и биологическая ценность, и они могут оказаться непригодными для употребления. Поэтому при хранении растительной продукции необходимо предпринимать все меры для недопущения ее порчи, обеспечивая условия, замедляющие протекание нежелательных биохимических процессов.

Практическая часть

Задание 1. Подготовить доклад на тему «Химические реакции, приводящие к деградации белков и углеводов при хранении растительной продукции (реакция Майяра, ферментативного потемнения, клейстеризации / ретроградации крахмалов)».

Задание 2. Закрепление знаний. На основании прослушанных докладов (практические занятия № 11–16) заполнить таблицу.

Химические превращения при кулинарной обработке и хранении пищевых продуктов

Вид процесса (реакция)	Краткая характеристика процесса (реакции)	Пищевые продукты, подверженные названным процессам
Прогоркание жиров (окислительное, биохимическое) Гидролиз липидов Термическое разложение жиров Денатурация, деструкция белков Гидратация белков Сбраживание углеводов Карамелизация сахаров Гидролиз углеводов Реакция Майяра (неферментативное потемнение) Ферментативное потемнение Реакция клейстеризации, ретроградации Разрушение витаминов, пигментов Изменения содержания минеральных веществ И т. д.		

Задание 3. Описать реакции, которые протекают при производстве следующих пищевых продуктов:

- 1) творога;
- 2) чипсов картофельных;
- 3) варенья;
- 4) майонеза;
- 5) белого хлеба;
- 6) паштета свиного;
- 7) сыра сычужного;
- 8) чая черного;
- 9) красного вина.

Контрольные вопросы. 1) Реакции деградации химических компонентов (белков, жиров, углеводов). 2) Реакция Майяра. 3) Реакции карамелизации; 4) Клейстеризация (желатинизация). 5) Ретроградация крахмалов.

Домашнее задание. Изучить лекционный материал по теме «Современные технологии хранения пищевых продуктов». Подготовить презентации на следующие темы:

1. Хранение пищевых продуктов в модифицированной газовой среде.
2. Упаковка, позволяющая увеличить сроки хранения пищевых продуктов, «умная» упаковка.

Практическое занятие № 17 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Теоретическая часть

Презентации на темы:

1. Хранение пищевых продуктов в модифицированной газовой среде.
2. Упаковка, позволяющая увеличить сроки хранения пищевых продуктов, «умная» упаковка.

Практическая часть

Задание 1. Студенты делятся на три подгруппы и заполняют табл. 17.1–17.3.

Таблица 17.1

Хранение пищевых продуктов в модифицированной газовой среде (МГА)

Продукты, хранящиеся в МГА	Состав МГА	Режимы (условия) хранения	Срок хранения	Механизм действия

Таблица 17.2

Упаковка для пищевых продуктов

Виды (группы) продуктов	Вид упаковки	Сроки хранения	Механизм действия

Таблица 17.3

ТНПА по хранению пищевых продуктов

Виды (группы) продуктов	Обозначение ТНПА	Наименование ТНПА	Условия хранения	Срок хранения (если имеется)

Контрольные вопросы. 1) Современные тенденции и технологии в «умной» упаковке. 2) Примеры «умной» упаковки для пищевых продуктов. 3) Модифицированные газовые среды, применяемые для хранения пищевых продуктов. 4) Преимущества и недостатки хранения продукции в модифицированной газовой среде. 5) Техническое регулирование в сфере упаковывания пищевых продуктов.

Заключительная часть. Проверить выполнение задания. Ответить на вопросы. Подвести итоги занятия. Подвести итоги семестра.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При завершении изложения разносторонних аспектов пищевой химии целесообразно затронуть проблемы и перспективы развития продовольствия как в целом в мире, так и в нашей стране в отдельности. Очевидно, что агропродовольственные системы способны укреплять здоровье человека и поддерживать экологическую устойчивость. Основные задачи, стоящие перед ними сегодня, заключаются в том, чтобы обеспечить достаточное количество продовольствия для растущего населения, защищая планету, сельскохозяйственных животных и оправдывая ожидания потребителей. Согласно Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года, стратегия устойчивого обеспечения населения продовольствием для полноценного питания и здорового образа жизни заключается в развитии конкурентоспособного аграрного производства и создании социально-экономических условий для поддержания потребления основных продуктов питания на рациональном уровне. Достижение этих целей предусмотрено государственной политикой в области здорового питания населения, учитывающей изменения социально-экономической ситуации, демографического состава и появление новых научных представлений о здоровом питании.

Современными исследованиями установлено, что население развитых стран, например Европейского Союза, потребляет красного мяса, сахара, соли и жиров, а следовательно, и энергии больше, чем предусмотрено рекомендуемыми нормами. При этом потребление фруктов и овощей, бобовых, цельнозерновых злаков и орехов является недостаточным. Переход на более растительную диету с меньшим количеством красного и переработанного мяса и большим количеством фруктов и овощей снизит не только риск опасных для жизни заболеваний, но и воздействие продовольственной системы на окружающую среду. С учетом этого одной из наиболее важных целей стратегии Европейской комиссии «От фермы к столу» (F2F) является «расширение доступности здоровых и экологически чистых продуктов питания». Аналогичные задачи определены и государственной политикой в области здорового питания населения Республики Беларусь, а именно создание условий

для дальнейшего развития агропродовольственного сектора, обеспечивающего получение достаточного объема и широкого ассортимента качественных и безопасных пищевых продуктов, в том числе для детского и диетического питания.

Оптимизация инновационных пищевых технологий в рамках концепции устойчивости агропродовольственных систем требует использования новых подходов, в которых также следует учитывать аспекты здоровья. Существуют различные методологические подходы к оценке воздействия на здоровье, что позволяет осуществлять содержательное сравнение пищевых продуктов, произведенных с использованием различных технологий. Косвенный подход заключается в рассмотрении питательной ценности пищевых продуктов, например, с помощью моделей продуктов, богатых питательными веществами. В качестве альтернативы используется метод индекса здорового питания для оценки влияния потребления таких продуктов на продолжительность жизни с поправкой на инвалидность и учетом связанных с диетой рисков для здоровья.

В дополнение к вышесказанному отметим особенности отечественных исследований в области здорового питания, которые заключаются в разработке биомаркеров адекватного питания и технологий нормирования нутриентной обеспеченности, создании национальных таблиц химического состава и энергетической ценности отечественных пищевых продуктов.

Одним из примеров современных исследований в рассматриваемой нами области следует назвать проект компаний FoodTech, которые работают над прорывной инновацией – культурой мышечных клеток для производства «мяса» в больших масштабах без животноводства. «Культивированное мясо» рекламируется как безопасное, поскольку оно производится в полностью контролируемой среде, без загрязнения из внешних источников. Однако, как указывают ученые, отсутствует осведомленность обо всех проблемах безопасности и здоровья, связанных с «культивируемым мясом», поскольку это новый продукт. Сами частные компании определили следующие приоритеты исследований в области безопасности:

- стандарты для безопасных уровней остатков соответствующих материалов;
- концентрация материалов (например, стимуляторов роста);

- переработка сред, которые могут концентрировать опасные молекулы;
- последствия любой генетической модификации;
- оценка характеристик конечного продукта.

Что касается питательной ценности, хотя теоретически возможно имитировать состав мяса, пока не ясна степень этой имитации, особенно в отношении железа и витаминов. Кроме того, необходимы исследования питания для проверки усвояемости макро- и микроэлементов «культивированного мяса» в пищеварительном тракте человека. Потребители ожидают, что «культивированное мясо» будет не только безопасным, вкусным и мало воздействующим на окружающую среду, но и дешевым и с высоким питательным качеством. При этом производственные компании пока не могут гарантировать указанные потребности и ожидания.

Таким образом, будущее продовольствия требует разработок и инноваций, которые дадут возможность фундаментальным и прикладным исследованиям быть использованными для создания инновационных продуктов питания и новых технологий, позволяющих производить более экологичные и полезные для здоровья продукты питания, а также для формирования устойчивых рационов питания.

Таблица П2

**Данные о содержании жирных кислот в различных видах растительных
и животных жиров**

Обозначение и наименование жирной кислоты	Содержание ненасыщенных жирных кислот, г/100 г продукта						
	Масло подсолнечное рафинированное	Масло оливковое рафинированное	Масло кукурузное рафинированное	Масло рапсовое	Маргарин столовый	Жир кулинарный	Майонез «Провансаль»
Мононенасыщенные							
<i>Всего</i>							
Полиненасыщенные							
<i>Всего</i>							
<i>Итого ненасыщенных</i>							
Насыщенные							
<i>Всего</i>							
Липидный скор							
Полиненасыщенные ЖК							
Насыщенные ЖК							
Олеиновая кислота							
Коэффициент биологической эффективности							

Вывод.

Результаты расчета энергетической ценности продукта

№ п/п	Наименование рецептурного компонента	Рецептура, г/100 г продукта	Белки		Жиры		Углеводы		Энергетическая ценность	
			Справочные данные, %	Пересчет по рецептуре, г	Справочные данные, %	Пересчет по рецептуре, г	Справочные данные, %	Пересчет по рецептуре, г	Справочные данные, ккал (кДж)	Пересчет по рецептуре, ккал (кДж)
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
<i>Итого</i>										
<i>Результат расчета ЭЦ по содержанию белков, жиров и углеводов</i>										
									ккал	кДж
									ккал	кДж

Вывод.

Таблица П4

Примеры рецептов для расчета энергетической ценности продукта

№ п/п	Рецептура	Содержание, г/100 г
1	Кукурузная мука Яйца куриные цельные Маргарин твердый с растительными жирами Молоко стерилизованное Черная смородина	25 10 15 25 25
2	Кунжутное масло Овсяная мука Молоко обезжиренное Абрикосы Яйца перепелиные	10 45 25 15 5
3	Кокосовое масло Ржаная мука Молоко топленое Вишня Яичный порошок	15 40 10 20 5
4	Подсолнечное масло Пшеничная мука белая обыкновенная Сметана 25%-ной жирности Персики Меланж	40 20 15 10 5
5	Кукурузное масло Молоко стерилизованное Кукурузная мука Слива Сухой белок	15 20 25 35 5
6	Пшеничная мука непросеянная Растительно-жировой спред (5% жира) Молоко стерилизованное Шпинат Сухой желток	45 15 15 10 5
7	Растительно-жировой спред с оливковым маслом Молоко обезжиренное Кукурузная мука Вишня Яйца куриные цельные	10 25 25 35 5
8	Масляная паста Молоко топленое Пшеничная мука непросеянная Яблоки Меланж	15 45 25 10 5

Окончание табл. П4

№ п/п	Рецептура	Содержание, г/100 г
9	Сметана 20%-ной жирности	10
	Лисички свежие	10
	Пшеничная мука для хлебопечения	55
	Лук репчатый	20
	Яйца куриные цельные	5
10	Пшеничная мука для хлебопечения	15
	Молоко стерилизованное	15
	Брусника	35
	Растительно-жировой спред с оливковым маслом	25
	Яйца перепелиные	10
11	Оливковое масло	25
	Молоко обезжиренное	45
	Пшеничная мука для хлебопечения	15
	Укроп	10
	Сухой желток	5
12	Арахисовое масло	15
	Сметана 30%-ной жирности	15
	Ржаная мука	45
	Черемша	20
	Яйца перепелиные	5
13	Пальмовое масло	25
	Молоко сгущенное с сахаром	30
	Овсяная мука	15
	Спаржа	25
	Яичный порошок	5
14	Пшеничная мука непросеянная	20
	Жировой спред с массовой долей жира 70%	35
	Петрушка корень	25
	Молоко стерилизованное	15
	Меланж	5
15	Растительно-жировой спред с массовой долей жира 40%	15
	Сметана 20% жирности	35
	Пшеничная мука белая обыкновенная	25
	Чеснок	15
	Сухой белок	10
16	Молоко топленое	10
	Пшеничная мука непросеянная	50
	Жировой спред с массовой долей жира 70%	25
	Черника	10
	Яичный порошок	5

Таблица П5

Характеристика минеральных веществ как нутриентов

Элемент	Суточная потребность, мг		Физиологические функции	Результат дефицита	Источники элементов
	Взросл.	Дети			
<i>Макроэлементы</i>					
Ca					
Mg					
P					
S					
Cl					
K					
Na					
<i>Микроэлементы</i>					
Fe					
Cu					
I					
F					
Cr					
Mn					
Ni					
Zn					
Se					

Таблица П7

Результаты расчета содержания витаминов в конкретном пищевом продукте

Наименование продукта: _____

№ п/п	Наименование рецептурного компонента	Рецептура, г/100 г продукта	С, мг		B ₆ , мг		A, мг		E, мг		Фолиевая кис- лота, мкг	
			Справочные данные, %	Пересчет по рецептуре, г	Справочные данные, %	Пересчет по рецептуре, г						
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
		<i>Итого</i>										
		<i>Справочные данные</i>										

Вывод.

Результаты расчета содержания органических кислот в конкретном пищевом продукте

Наименование продукта: _____

№ п/п	Наименование рецептурного компонента	Рецептура, г/100 г продукта	Органические кислоты								
			Справочные данные, %	Пересчет по рецептуре, г	Справочные данные, %	Пересчет по рецептуре, г	Справочные данные, %	Пересчет по рецептуре, г	Справочные данные, %	Пересчет по рецептуре, г	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
		<i>Итого:</i>									
		<i>Общее содержание органических кислот</i>									
		Суточная потребность в органических кислотах	2 г								
		Необходимое количество продукта для покрытия суточной потребности в органических кислотах									

Вывод.

Таблица П9

Примеры рецептов для технологических расчетов

Продукт	Рецептура	Содержание, кг/100 кг
1. Овощи отварные	Свекла отварная	40
	Морковь очищенная отварная	15
	Картофель очищенный отварной	15
	Капуста цветная отварная	20
	Тыква отварная	10
2. Икра из тыквы	Морковь пассированная	10
	Лук пассированный	10
	Сельдерей пассированный	10
	Петрушка пассированная	5
	Тыква жаренная	65
3. Заправка для щей	Капуста белокочанная свежая тушеная	35
	Капуста белокочанная квашенная тушеная	25
	Морковь пассированная	15
	Лук пассированный	15
	Петрушка пассированная	10
4. Капуста тушеная с грибами	Капуста белокочанная свежая тушеная	45
	Грибы запеченные	20
	Репа пассированная	10
	Лук пассированный	15
	Сельдерей пассированный	10
5. Кабачок с цветной капустой	Капуста цветная жаренная	30
	Кабачок жаренный	40
	Лук пассированный	10
	Сельдерей пассированный	10
	Морковь пассированная	10
6. Икра из кабачков	Кабачок припущенный	65
	Лук пассированный	10
	Сельдерей пассированный	10
	Морковь пассированная	10
	Репа пассированная	5
7. Заправка для борща	Свекла отварная	55
	Лук пассированный	10
	Морковь пассированная	15
	Капуста цветная жаренная	10
	Сельдерей пассированный	10
8. Винегрет	Свекла отварная	45
	Морковь отварная без кожуры	15
	Картофель отварной без кожуры	20
	Сельдерей пассированный	10
	Петрушка пассированная	10

Результаты расчета содержания белков в конкретном пищевом продукте после кулинарной обработки

Наименование продукта: _____

№ п/п	Наименование рецептурного компонента	Рецептура, г/100 г продукта	Белки, %, справочные данные	Потери белков рецептурного компонента, %, справочные данные	Потери массы рецептурного компонента, %, справочные данные	Масса компонентов после кулинарной обработки, г	Масса белков рецептурного компонента после кулинарной обработки, г	Содержание белков, г
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
<i>Масса продукта после кулинарной обработки, г</i>								
<i>Масса белков после кулинарной обработки, г</i>								
<i>Содержание белков в продукте до кулинарной обработки, г/100 г</i>								
<i>Содержание белков в продукте после кулинарной обработки, г/100 г</i>								

Вывод.

Таблица П11

Результаты расчета содержания жиров в конкретном пищевом продукте после кулинарной обработки

Наименование продукта: _____

№ п/п	Наименование рецептурного компонента	Рецептура, г/100 г продукта	Жиры, %, справочные данные	Потери жиров рецептурного компонента, %, справочные данные	Потери массы рецептурного компонента, %, справочные данные	Масса компонентов после кулинарной обработки, г	Масса жиров рецептурного компонента после кулинарной обработки, г	Содержание жиров, г
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
<i>Масса продукта после кулинарной обработки, г</i>								
<i>Масса жиров после кулинарной обработки, г</i>								
<i>Содержание жиров в продукте до кулинарной обработки, г/100 г</i>								
<i>Содержание жиров в продукте после кулинарной обработки, г/100 г</i>								

Вывод.

Результаты расчета содержания углеводов в конкретном пищевом продукте после кулинарной обработки

Наименование продукта: _____

№ п/п	Наименование рецептурного компонента	Рецептура, г/100 г продукта	Потери массы рецептурного компонента, %, справочные данные	Углеводы, %, справочные данные	Потери углеводов рецептурного компонента, %, справочные данные	Масса компонентов после кулинарной обработки, г	Масса углеводного компонента после кулинарной обработки, г	Содержание углеводов, г
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
<i>Масса продукта после кулинарной обработки, г</i>								
<i>Масса углеводов после кулинарной обработки, г</i>								
<i>Содержание углеводов в продукте до кулинарной обработки, г/100 г</i>								
<i>Содержание углеводов в продукте после кулинарной обработки, г/100 г</i>								

Вывод.

Таблица П113
Результаты расчета содержания витаминов, минеральных веществ и органических кислот в конкретном пищевом продукте после кулинарной обработки

Наименование продукта:

№ п/п	Наименование рецептурного компонента	Рецептура, г/100 г продукта	Витамины, мг %		Минеральные вещества, мг %		Потери, %, справочные данные			Масса после кулинарной обработки		Масса компонентов после кулинарной обработки, г
			Справочные данные	Содержание, мг	Справочные данные	Содержание, мг	Содержание, мг	Содержание, мг	витаминов, мг	минеральных веществ, мг		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
<i>Масса витаминов, минеральных веществ в продукте после кулинарной обработки, г</i>												
<i>Масса продукта после кулинарной обработки, г</i>												
<i>Содержание витаминов, минеральных веществ в продукте до кулинарной обработки, г/100 г</i>												
<i>Содержание витаминов, минеральных веществ в продукте после кулинарной обработки, г/100 г</i>												

Вывод.

Характеристика видов порчи пищевых продуктов (пример)

Вид порчи и наименование продукта	Органолептические признаки	Процессы, обуславливающие порчу	Факторы, вызывающие порчу
Прогоркание молока	Горький, острый вкус молока, сильно раздражающий слизистые оболочки полости рта, кишечника	<p>Расщепление жира на глицерин и жирные кислоты и дальнейшие изменения олеиновой кислоты и глицерина с образованием альдегидов и кетонов.</p> <p>Прогорклый привкус может быть в старом дойном молоке (перед запуском коровы) и в молозиве вследствие неполного синтеза жиров или частичного расщепления их большим количеством липазы, находящейся в таком молоке</p>	Появляется под влиянием гнилостных пентонизирующих микробов при низкой (ниже 10°C) температуре хранения молока, подавляющей развитие молочнокислых микробов

Таблица П15

Программа испытаний пищевых продуктов

Показатель	Условия хранения	Продолжительность эксперимента	Периодичность отбора проб

Таблица П16

Сводные данные о пищевой ценности продукта до и после технологической обработки

Наименование продукта: _____

Кулинарная обработка	Масса продукта	Содержание питательных веществ, г/100 г				
		Белки	Жиры	Угле- воды	Мине- ральные вещества	Вита- мины
До кулинар- ной обработки						
После кули- нарной обра- ботки						

Вывод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доктрина национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года: утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 15.12.2017 № 962. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21700962> (дата обращения: 04.11.2022). – 24 с.

2. Концепция государственной политики в области здорового питания населения Респ. Беларусь на период до 2020 года: утв. заместителем Премьер-министра Респ. Беларусь 15.09.2015. – Минск: Науч.-практ. центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию, 2015. – 13 с.

3. Егорова, З. Е. Оценка соответствия пищевых продуктов: пособие для студентов специальности «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» / З. Е. Егорова. – Минск: БГТУ, 2015. – 506 с.

4. Пищевая химия / А. П. Нечаев [и др.]; под ред. А. П. Нечаева. – Изд. 4-е, испр. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 640 с.

5. Срок годности пищевых продуктов: Расчет и испытание / под ред. Р. Стеле; пер. с англ. В. Широкова; под общ. ред. Ю. Г. Базариновой. – СПб.: Профессия, 2006. – 480 с.

6. Лакиза, Н. В. Пищевая химия: учеб. пособие для студентов, обучающихся по программе бакалавриата и магистратуры / Н. В. Лакиза, Л. К. Неудачина; Урал. федерал. ун-т им. Первого Президента России Б. Н. Ельцина. – М.: Юрайт, 2019. – 184 с.

7. Скурихин, И. М. Все о пище с точки зрения химика / И. М. Скурихин, А. П. Нечаев. – М.: Высшая школа, 1991. – 288 с.

8. Химический состав пищевых продуктов. В 2 кн. Кн. 2. Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.

9. Химический состав пищевых продуктов. В 2 кн. Кн. 1. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина,

М. Н. Волгарева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.

10. Позняковский, В. М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза пищевых продуктов: учебник / В. М. Позняковский. – 3-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Сибир. унив. изд-во, 2002. – 556 с.

11. Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам: СНИП: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 21 июня 2013 г. № 52. – URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=W21327668p> (дата обращения: 04.10.2021). – 56 с.

12. Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов: гигиен. норматив: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 21 июня 2013 г. № 52. – URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=W21327668p> (дата обращения: 04.10.2021). – 371 с.

13. О безопасности пищевых продуктов: ТР ТС 021/2011: принят Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880. – URL: <https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/bad/TR-TS-PishevayaProd.pdf> (дата обращения: 10.02.2022). – 361 с.

14. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств: ТР ТС 029/2012: принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20 июля 2012 г. № 58. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=f91200072> (дата обращения: 10.02.2022). – 308 с.

15. Требования к пищевым добавкам, ароматизаторам и технологическим вспомогательным средствам: СНИП, Показатели безопасности и безвредности для человека применения пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств: гигиен. норматив: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 12 декабря 2012 г. № 195. – URL: http://www.svetlcge.by/wp-content/uploads/2012/04/post_mzrb-12122012-1951.pdf (дата обращения: 04.02.2022). – 298 с.

16. Требования к обогащенным пищевым продуктам: СНИП, Показатели безопасности и безвредности для человека обогащенных пищевых продуктов: гигиен. норматив: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 29 июля 2013 г. № 66. –

URL: http://www.svetlge.by/wp-content/uploads/2013/05/post_mzrb-66-29072013.pdf (дата обращения: 04.02.2022). – 14 с.

17. Санитарно-эпидемиологические требования для организаций, осуществляющих производство биологически активных добавок к пище: СНИП: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 11 декабря 2012 г. № 193. – URL: https://minzdrav.gov.by/upload/lcfiles/text_tnpa/000358_108153_PostMZ_N193_2012_Sanpin.pdf (дата обращения: 04.02.2022). – 24 с.

18. Донченко, Л. В. Пищевая химия. Гидроколлоиды: учеб. пособие для вузов / Л. В. Донченко, Н. В. Сокол, Е. А. Красноселова; отв. ред. Л. В. Донченко. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2019. – 179 с.

19. Ким, И. Н. Пищевая химия. Наличие металлов в продуктах: учеб. пособие для вузов / И. Н. Ким, Т. И. Штанько, В. В. Кращенко; под общ. ред. И. Н. Кима. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2020. – 212 с.

20. Биохимический справочник / Н. Е. Кучеренко [и др.]. – Киев: Вища школа, 1979. – 304 с.

21. Булдаков, А. Пищевые добавки / А. Булдаков. – СПб.: Vt, 1996. – 240 с.

22. Биологически активные добавки в питании человека / В. А. Тутьельян [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ, 1999. – 321 с.

23. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь: СНИП: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 20 ноября 2012 г. № 180. – URL: https://minzdrav.gov.by/upload/lcfiles/text_tnpa/000358_190384_PostMZ_N180_2012_Sanpin.pdf (дата обращения: 04.10.2021). – 51 с.

24. Спиричев, В. Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В. Б. Спиричев [и др.]. – Новосибирск: Сибир. унив. изд-во, 2004. – 548 с.

25. Справочник по химии / А. И. Гончаров, М. Ю. Корнилов. – 2-е изд. – Киев: Вища школа, 1978. – 308 с.

26. Голубев, В. Н. Пищевые и биологически активные добавки: учебник / В. Н. Голубев, Л. В. Чичева-Филатова, Т. В. Шленская. – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 208 с.

27. Кретович, В. Л. Биохимия растений: учеб. для биол. фак. ун-тов / В. Л. Кретович. – М.: Высшая школа, 1980. – 445 с.

28. Метлицкий, Л. В. Основы биохимии плодов и овощей / Л. В. Метлицкий. – М.: Экономика, 1976. – 349 с.

29. Вода в пищевых продуктах / под ред. Р. Б. Дакуорта; пер. с англ. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 376 с.

30. Мартинчик, А. Н. Индексы качества питания как инструмент интегральной оценки рациона питания / А. Н. Мартинчик // Вопросы питания. – 2019. – Т. 88, № 3. – С. 5–12. DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10024.

31. Boler, D. D. What is meat? A perspective from the American Meat Science Association / D. D. Boler, D. R. Woerner // Anim. Front. – 2017. – 7 (4): 8. – URL: <https://doi.org/10.2527/af.2017.0433> (accessed 22.01.2021). – 11 p.

32. Food safety considerations and research priorities for the cultured meat and seafood industry / K. J. Ong [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2021. – Vol. 20. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34633147/> (accessed 22.01.2021). – P. 5421–5448.

Учебное издание

**Егорова Зинаида Евгеньевна
Зеленкова Елена Николаевна**

ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ

Учебное пособие

В 2-х книгах

Книга 2

Редактор *Р. М. Рябая*
Компьютерная верстка *Е. А. Матейко*
Дизайн обложки *Е. А. Матейко*
Корректор *Р. М. Рябая*

Подписано в печать 18.12.2023. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 7,4. Уч.-изд. л. 7,0.
Тираж 50 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.