

Костанайский государственный педагогический университет
Естественно-математический факультет
Кафедра естественных наук

**Важева Наталия Веняминовна
Ергалиева Эльмира Мурзабаевна**

Практикум по анализу пищевых продуктов

учебное пособие

Костанай
2018

УДК 543 (075.8)

ББК 24.4 я73

В 12

Рецензенты:

Абдыкаликова К.А. – профессор кафедры естественных наук Костанайского государственного педагогического университета им. У. Султангазина, кандидат химических наук.

Тулебаева Б.Б. – доцент кафедры стандартизации и пищевых технологий Костанайского инженерно-экономического университета им. М. Дулатова, кандидат химических наук.

Важева Н.В.

В 12 Практикум по анализу пищевых продуктов: учебное пособие / Н.В. Важева, Э.М. Ергалиева. – Костанай: КГПУ, 2018. – 100 с.

ISBN 978-601-7934-57-6

В теоретической части пособия представлено описание химического состава пищевых продуктов, их превращений в процессе переработки и пищеварения, затронуты вопросы безопасности продуктов питания. В практической части представлены лабораторные работы по качественного и количественному анализу отдельных компонентов пищевых продуктов, модельные опыты с использованием ферментных препаратов, комплексные исследования продуктов. Предложены варианты лабораторных работ разной длительности и трудоемкости, как с использованием инструментальных методов анализа, так и не требующих сложного оборудования, что позволяет применять их в школьной практике.

Пособие предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Анализ пищевых продуктов», а также для учителей химии и биологии средних школ.

УДК 543 (075.8)

ББК 24.4 я73

Печатается по решению научно-методического совета
Костанайского государственного педагогического университета

ISBN 978-601-7934-57-6

© Важева Н.В., Ергалиева Э.М., 2018

© КГПУ. 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Основные термины.....	6
1 Химический состав пищевых продуктов.....	8
1.1 Макронутриенты и методы их анализа в пищевых продуктах.....	9
1.1.1 Белки и их значение в питании человека.....	9
1.1.2 Характеристика белков важнейших продуктов питания.....	12
1.1.3 Количественное определение белка в пищевых продуктах.....	15
1.1.4 Углеводы и их производные в продуктах питания.....	17
1.1.5 Превращения углеводов при переработке сырья в продукты.....	20
1.1.6 Методы анализа углеводов.....	24
1.1.7 Пищевые липиды.....	26
1.1.8 Превращения липидов в процессе хранения и переработки продуктов.....	28
1.1.9 Методы анализа липидов пищевых продуктов.....	31
1.1.10 Биохимия пищеварения.....	33
1.2 Микронутриенты.....	36
1.2.1 Витамины и витаминоподобные вещества.....	36
1.2.2 Минеральные соединения.....	39
1.2.3 Пищевые добавки.....	40
1.2.4 Антиалиментарные и чужеродные вещества в продуктах питания.....	41
2 Исследование макронутриентов в пищевых продуктах.....	49
2.1 Обнаружение макронутриентов в растительных и животных продуктах.....	49
2.2 Количественное определение белка в муке биуретовым методом.....	52
2.3 Гидролиз различных пищевых белков в присутствии ферментных препаратов.....	53
2.4 Определение содержания общих и редуцирующих углеводов колориметрическим методом.....	54
2.5 Определение содержания пектина в растительном материале.....	58
2.6 Влияние пищевых волокон на переваривание крахмала.....	58
2.7 Определение аналитических чисел липидов.....	60
3 Исследование микронутриентов в пищевых продуктах.....	64
3.1 Количественное определение витамина С в овощах и фруктах методом иодометрического титрования.....	64
3.2 Анализ мясных полуфабрикатов с определением степени свежести.....	65
3.3 Консерванты и регуляторы кислотности. Определение общей кислотности плодов и овощей.....	68
3.4 Определение активности пероксидазы растительных продуктов для оценки их качества.....	70
3.5 Определение содержания нитритов в пищевых продуктах.....	73
4. Комплексное исследование пищевых продуктов.....	76
4.1 Анализ меда на наличие отдельных компонентов и примесей.....	76
4.2 Химия и биохимия молока и молочных продуктов.....	83
Тестовые задания.....	95
Список литературы.....	100

ВВЕДЕНИЕ

Химия играет огромную роль в жизни современного общества, она вторгается во все области науки, техники, производства, сельского хозяйства, быта, внося революционные преобразования в привычные процессы и методы, экономя труд, средства, время и материалы. В соответствии с тенденциями развития общества формируются новые направления. Проникновение химии в такую важнейшую для жизнеобеспечения человека область как питание привело к формированию пищевой химии.

Пищевая химия – наука о химическом составе пищевых систем (сырья, полупродуктов, готовых продуктов) и его изменениях в процессе переработки пищи, методах анализа пищи [6]. Она изучает взаимосвязь структуры и свойств пищевых веществ; уделяет внимание методам выделения и очистки пищевых веществ; рассматривает пищевые и биодобавки, загрязнители пищевого сырья и продуктов. Как наука пищевая химия охватывает большую область знаний и опирается на достижения фундаментальной химии – органической химии, аналитической химии, биохимии. Пищевая химия также тесно связана с физиологией, медициной и, в первую очередь, с наукой о питании (нутрициологией). Как прикладная дисциплина пищевая химия вовлечена во множество промышленных процессов, связана с биотехнологией и химической технологией.

Пища современного человека существенно отличается от той, которая была в его рационе 50 или даже 20 лет назад. И хотя питание людей в разных странах отличается по своему характеру, исходя из уровня и конкретных условий проживания, сложившегося уклада жизни, но имеются общие тенденции, которые являются результатом развития цивилизации. Это увеличение доли потребления рафинированных, подвергнутых кулинарной обработке и хранению пищевых продуктов; расширение области применения пищевых добавок; использование нетрадиционного сырья. Наряду с этим происходит загрязнение продуктов питания потенциально опасными контаминантами химического и биологического происхождения. Все эти проблемы также затрагиваются пищевой химией.

Выделяют следующие основные направления пищевой химии

- Изучение состава, структуры и свойств химических компонентов пищевых систем, их взаимодействие между собой и превращения под влиянием различных физических, химических, биохимических и других факторов при хранении и переработке сырья в пищевые продукты.
- Превращения макро- и микронутриентов, пищевых добавок, а также неалиментарных веществ в технологическом потоке, применение новых методов воздействия на сырье и полуфабрикаты (СВЧ, ИК- и УФ-облучение, ферментные препараты и т.д.).

- Разработка теоретических основ выделения, фракционирования и модификации компонентов пищевого сырья.

- Разработка научных основ технологии получения и применения пищевых добавок.

- Разработка надежных и эффективных методов анализа и исследования пищевых систем на базе взаимодействия с аналитической, физической химией и другими областями знаний.

Развитие этого направления пищевой химии во многом определяет результативность всех предыдущих направлений, а также обеспечивает безопасность продуктов питания [6].

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Продовольственное сырье – объекты растительного, животного, микробиологического, а также минерального происхождения, используемые для изготовления пищевых продуктов.

Пищевые продукты – продукты, произведенные из продовольственного сырья и используемые в пищу в натуральном или переработанном виде. Пищевые продукты подразделяются на следующие группы [9]:

1. Продукты массового потребления, выработанные по традиционной технологии и предназначенные для питания основных групп населения.

2. Лечебные (диетические) и лечебно-профилактические продукты – специально созданные для профилактического и лечебного питания. Характеризуются измененным химическим составом и физическими свойствами. В эту группу входят витаминизированные, низкожировые (снижение жира на 33%), низкокалорийные (менее 40 ккал/100 г), с повышенным содержанием пищевых волокон, уменьшенным количеством сахара, холестерина, хлористого натрия и т. д.

3. Продукты детского питания – специально созданные для питания здоровых и больных детей до трехлетнего возраста.

Качество пищевых продуктов – совокупность свойств, отражающих способность продукта обеспечивать органолептические характеристики, потребность организма в пищевых веществах, безопасность его для здоровья, надежность при изготовлении и хранении.

Безопасность пищевых продуктов – отсутствие токсического, канцерогенного, мутагенного или любого другого неблагоприятного действия пищевых продуктов на организм человека при употреблении их в общепринятых количествах. Гарантируется установлением и соблюдением регламентируемого уровня содержания загрязнителей химического, биологического или природного происхождения.

Биологическая ценность – показатель качества пищевого белка, отражающий степень соответствия его аминокислотного состава потребностям организма в аминокислотах для синтеза белка.

Энергетическая ценность – количество энергии в килокалориях, высвобождаемой из пищевого продукта в организме человека для обеспечения его физиологических функций.

Пищевая ценность – понятие, отражающее всю полноту полезных свойств пищевого продукта, включая степень обеспечения физиологических потребностей человека в основных пищевых веществах, энергию и органолептические достоинства. Характеризуется химическим составом пищевого продукта с учетом его потребления в общепринятых количествах.

Однако питательность пищевых продуктов определяется не только их энергетической ценностью, но и биологической полноценностью, т. е.

сбалансированным содержанием незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, фосфолипидов, витаминов, минеральных веществ, полифенольных соединений. Таким образом, пищевая ценность продуктов – это комплекс веществ, определяющих их биологическую и энергетическую ценность.

Усвояемость пищевых продуктов выражается коэффициентом усвояемости, показывающим, какая часть продукта в целом используется организмом. Усвояемость зависит от внешнего вида, консистенции, вкуса и аромата продукта, количества и качества пищевых веществ, содержащихся в нем, а также от возраста, самочувствия, организма человека и других факторов. При смешанном питании усвояемость белков принята равной 84,5 %; жиров – 94 %; углеводов – 95,6%.

Пищевые добавки – природные или синтезированные вещества и их производные, специально вводимые в пищевые продукты в процессе их изготовления в целях придания пищевым продуктам определенных свойств и/или сохранения качества пищевых продуктов.

Биологически активные добавки (БАД) - концентраты природных (или идентичных природным) биологически активных веществ, предназначенные для непосредственного приема с пищей или введения в состав пищевых продуктов.

1 ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Пищевой продукт представляет собой сложную многокомпонентную систему, включающую разнообразные соединения. Их, прежде всего, можно разделить на собственно пищевые вещества – нутриенты или алиментарные (от англ. alimentary – пищевой, питательный) и непищевые (неалиментарные) вещества [9, 11]. Пищевые вещества, перерабатываясь в организме человека, обеспечивают его жизнедеятельность. Одни из них требуются в большем количестве – макронутриенты, другие – в меньшем – микронутриенты. К макронутриентам относятся белки, жиры, углеводы, к микронутриентам – минеральные соединения, микроэлементы, витамины и другие биологически активные вещества [1]. В число последних входят вещества, оказывающие выраженное фармакологическое действие (парафармацевтики).

Впервые обратил внимание на корреляционные зависимости между характером питания и метаболическими процессами, влияющими на состояние здоровья человека А.А. Покровский [8]. Он считал, что «пищу следует рассматривать не только как источник энергии и пластических веществ, но и как весьма сложный фармакологический комплекс». В настоящее время этой группе веществ уделяют усиленное внимание, которое реализуется в изучении и производстве разнообразных биологически активных добавок.

К непищевым веществам относятся т.н. балластные вещества, широко применяемые в настоящее время пищевые добавки, а также нежелательные, но иногда попадающие в пищу из окружающей среды вследствие ее загрязнения, контаминанты. Балластные вещества не имеют пищевой ценности, однако могут содействовать пищеварению, поэтому отношение к ним меняется, что будет рассмотрено ниже.

В последнее время все большее внимание уделяется содержанию посторонних вредных веществ, попадающих в продукты питания по цепи:

поле → сырье → переработка сырья → пищевые продукты.

Спектр загрязнителей очень широк: тяжелые металлы, пестициды, антибиотики и многие другие, а также источники радиационного заражения сырья и готовых продуктов.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные показатели, характеризующие химический состав пищевого сырья.
2. Существует ли разница между понятиями биологическая ценность продукта и пищевая ценность продукта?
3. В чем состоит различие между пищевыми и биологически активными добавками?

1.1 Макронутриенты и методы их анализа в пищевых продуктах

1.1.1 Белки и их значение в питании человека

Белки в питании человека занимают особое место. Из аминокислот пищевых белков синтезируются собственные белки, которые выполняют специфические функции, свойственные только живой материи. Белки координируют и регулируют многообразие химических превращений в организме и обеспечивают функционирование его как единого целого. Структурные белки составляют основу клеток и тканей, без белков-ферментов невозможно протекание многочисленных реакций обмена веществ. Белки участвуют в работе эндокринной системы и в формировании иммунитета, в транспорте веществ, в рецепции звуковых, световых и иных сигналов.

Белки в организме человека обновляются постоянно независимо от его возраста. В молодом растущем организме скорость синтеза белков превышает скорость распада; при тяжелых заболеваниях или голодании – наоборот. Скорость обновления белков выражается временем, необходимым для обмена половины всех молекул, и носит название периода полужизни. Средняя величина периода полужизни для белков всего организма равна примерно трем неделям [14].

Для оценки степени обеспеченности человека белковой пищей используется показатель азотистого баланса - разность между массой поступающего с пищей азота и массой азота, выводимого в виде конечных продуктов обмена, выраженных в одних и тех же единицах (г/сут). При положительном балансе количество выводимого из организма азота меньше количества азота, поступающего с пищей, а при отрицательном – количество выделяемого азота превышает количество азота, поступающего в течение суток. Положительный баланс азота характерен для молодого организма и беременных женщин, отрицательный – для людей, пища которых бедна белком, для больных с нарушениями процессов переваривания пищи и людей пожилого возраста.

У здорового взрослого человека, потребляющего полноценные белки в необходимом количестве, наблюдается равенство между массой поступающего в организм и массой выводимого из него азота, - азотистое равновесие. Азотистый баланс при этом равен нулю.

Физиологическая потребность человека в белке исследуется на международном уровне и периодически отражается в решениях Всемирной организации здравоохранения, ВОЗ (англ. *World Health Organization, WHO*) и Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН ФАО (англ. *Food and Agriculture Organization, FAO*). В соответствии с рекомендациями ВОЗ и ФАО величина оптимальной потребности в белке составляет 60-100 г в сутки или 12-15% от общей

калорийности пищи. Эти величины носят ориентировочный характер, так как они находятся в стадии постоянного уточнения в зависимости от возраста человека, пола, характера профессиональной деятельности, физиологического состояния, климата, индивидуальных и национальных особенностей и степени загрязнения окружающей среды. В пересчете на 1 кг массы тела потребность белка в сутки у взрослого человека в среднем равняется около 1 г, у детей, в зависимости от возраста, колеблется от 1,05 до 4,00 г. [6].

Эффективность обмена белков в значительной степени зависит от количественного и качественного состава пищи и, прежде всего, белковый обмен зависит от содержания незаменимых аминокислот.

Все живые организмы различаются по способности синтезировать входящие в состав белков (протеиногенные) аминокислоты. Часть аминокислот синтезируется в организме человека из промежуточных продуктов углеводного или липидного обмена, другие должны доставляться с пищей. Первые из них называются заменимыми, вторые – незаменимыми (или эссенциальными). Восемь незаменимых представлены аминокислотами с разветвленной цепью углерода – лейцином, изолейцином и валином, ароматическим фенилаланином, гетероциклическим триптофаном и алифатическими – треонином, лизином и метионином. Клетки организма человека не могут синтезировать необходимые белки, если в составе пищи отсутствует хотя бы одна незаменимая аминокислота.

Две аминокислоты - аргинин и гистидин - относят к частично заменимым (полузаменимым), так как в организме они синтезируются довольно медленно. Недостаточное потребление аргинина и гистидина с пищей у взрослого человека в целом не влияет на жизнедеятельность, но детский организм нуждается в дополнительном их поступлении.

Показателем качества пищевого белка, отражающим степень соответствия его аминокислотного состава потребностям организма в аминокислотах для синтеза белка, является *биологическая ценность белка*.

Существуют различные методы определения биологической ценности белков. Наиболее широко используется метод определения *аминокислотного сора* (англ. *score* – счет, подсчет) путем сравнения аминокислотного состава пищевого белка с аминокислотным составом эталонного белка [6].

Скор выражают в процентах или безразмерной величиной, представляющей собой отношение содержания незаменимой аминокислоты в исследуемом белке к ее количеству в эталонном (стандартном, «идеальном») белке.

$$\text{Аминокислотный скор} = m_{\text{акб}} / m_{\text{акэ}}$$

$m_{акб}$ - масса аминокислоты в исследуемом белке, мг в 1г; $m_{акэ}$ - масса аминокислоты в эталонном белке, мг в 1г.

Состав эталонного белка сбалансирован и идеально соответствует потребностям организма человека в каждой незаменимой кислоте. В 1973 г. в докладе ФАО и ВОЗ опубликованы данные по содержанию каждой аминокислоты в эталонном белке. В 1985 г. они были уточнены в связи с накоплением новых знаний об оптимальном рационе человека. В 2007 г. объединенный экспертный комитет ФАО и ВОЗ для вычисления аминокислотного сора предложил аминокислотный состав эталонного белка: один грамм «идеального» белка по шкале ФАО/ВОЗ содержит (мг): изолейцина – 30, лейцина – 59, лизина – 45, метионина+цистина – 22, фенилаланина – 38, треонина – 23, валина – 39. Аминокислота, скор которой имеет самое низкое значение, называется первой лимитирующей аминокислотой. Значение сора этой аминокислоты определяет биологическую ценность и степень усвоения белков.

Модификацией метода химического сора является *метод определения индекса незаменимых аминокислот (ИНАК)*, который позволяет учитывать количество всех незаменимых кислот. Индекс рассчитывают по формуле

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

n – число аминокислот; индексы б, э – содержание аминокислоты в исследуемом и эталонном белке, соответственно [6].

Аминокислотный состав пищевого белка является несомненно важной частью его характеристики, но он отражает только потенциальные возможности продукта в удовлетворении потребностей человека. Конечный итог усвоения белка в организме человека будет зависеть и от структуры белка, находящегося еще в стадии сырья, а также от способов его обработки, и от взаимодействия белка с протеолитическими ферментами пищеварительного тракта.

Контрольные вопросы

1. Концентрация какого элемента в белке характеризуется наибольшим постоянством?
2. Каковы особенности строения протеиногенных аминокислот?
3. Какие аминокислоты относятся к незаменимым?
4. Что характеризует химический скор белка?
5. Что означает понятие «эталонный» белок?
6. Чем отличаются полноценные белки от неполноценных?

1.1.2 Характеристика белков важнейших продуктов питания

Белки животного и растительного происхождения заметно отличаются по биологической ценности. Аминокислотный состав животных белков близок к аминокислотному составу белков человека.

Мясо, яйца, молоко и получаемые из них продукты содержат необходимые организму белки, которые благоприятно сбалансированы и хорошо усваиваются. Куриное яйцо по сравнению с другими животными продуктами содержит самый полноценный белок, практически полностью усваивающийся организмом. Белок яйца содержит в наиболее оптимальных соотношениях все незаменимые аминокислоты. Белки мышечной ткани мяса животных полноценны, по сбалансированности аминокислот говядина, баранина и свинина мало отличаются друг от друга. Белки соединительной ткани и хрящей являются неполноценными. Содержание белка в мясных продуктах колеблется от 11 до 22%.

Белки молока характеризуются высокой биологической ценностью, они содержат в избыточных количествах лизин и триптофан с одновременным недостатком серосодержащих аминокислот. В молоке содержится в среднем около 3,2 % белков, большая часть приходится на казеин - основной белок молока. Четвертичная структура казеина формируется в основном за счет гидрофобных взаимодействий и фосфат-кальциевых мостиков. Фосфаткальциевые мостики являются основой казеинат-кальциевого фосфатного комплекса, в виде которого и содержится казеин в молоке. Кальций в составе комплекса выполняет роль структурообразователя, создавая мостик между серин- или треонинфосфатными группами двух молекул казеина, а остатки фосфорной кислоты усиливают кислотные свойства белка, обусловленные присутствием в полипептидных цепях радикалов аспарагиновой и глутаминовой кислот. Белки сыворотки (β -лактоглобулин, α -лактальбумин) содержат незаменимые аминокислоты в значительно больших количествах, чем казеин.

Растительные белки из-за относительно низкого содержания в них лизина, триптофана, треонина и других незаменимых аминокислот по сравнению с мясом, молоком и яйцами являются неполноценными. Однако между отдельными растительными культурами имеются существенные различия.

Анализируя аминокислотный состав суммарных белков злаковых культур с точки зрения состава эталонного белка, следует отметить, что все они, за исключением овса, бедны лизином, а за исключением риса и сорго – изолейцином. Для белков пшеницы характерно относительно небольшое количество метионина и треонина. Наиболее сбалансированными по аминокислотному составу являются овес, рожь и рис. Аминокислотный состав суммарных белков злаковых культур определяется

аминокислотным составом отдельных фракций, в основу классификации которых положен принцип растворимости. При последовательной обработке муки или размолотого зерна разными растворителями экстрагируются различные белковые фракции. Альбумины – белки с относительно небольшой молекулярной массой, – экстрагируются водой, глобулины – белки с большей, чем у альбуминов, молекулярной массой – 5-10%-ным раствором хлорида натрия. Для альбуминов отличительной особенностью является высокое содержание лизина, треонина, метионина, изолейцина и триптофана, особенно в овсе и рисе. Из клейковины семян выделяются проламины, которые из-за высокого содержания неполярного пролина экстрагируются только 60–80%-м водным раствором спирта, и глютелины, которые извлекаются 0,1–0,2%-м раствором гидроксида натрия. Термином «клейковина» (глютен) обозначается группа запасных белков семян злаков. Основными белками клейковины являются глютеин и глиадин. Глютеиновая фракция пшеницы гетерогенна и состоит из многих полипептидных цепей, соединенных между собой дисульфидными связями. Глютеин придает клейковине упругость, а глиадин обуславливает растяжимость, т. е. только взаимодействие этих фракций в едином комплексе создаёт клейковинный белок с его особенностями. Во всем мире интенсивно проводятся исследования глютена пшеницы, поскольку с ним связаны хлебопекарные качества муки [6, 14]. Появляются публикации как о неблагоприятном действии глютена на организм человека, так и об отсутствии такового. В оболочках и периферических слоях зерна находятся склеропотеины (нерастворимые белки). Они прочно связаны с лигнинополисахаридным комплексом и мало доступны для пищеварения.

У масличных семян запасные белки находятся в паренхиме семядолей (подсолнечник, хлопчатник, рапс), эндосперме (семена клещевины, кориандра) или одновременно паренхиме семядолей и эндосперме (хлопчатник, лен). Содержание белков в семенах масличных культур составляет 14-37% на сухое вещество. В семенах подсолнечника белок содержится в количестве 15%, семенах арахиса – 20-37%, рапсе – 25-26%.

Основную часть семядолей бобовых культур (сои, гороха, фасоли, вики) составляют запасные белки, относящиеся к глобулинам. Из суммарного солевого белкового экстракта действием сульфата аммония осаждают два основных глобулиновых компонента – вицилин и легумин. Кроме того, в семенах содержится небольшое количество альбуминов, которые не являются запасными белками. Общее содержание белка в бобовых культурах высокое и составляет 20-40% от общей массы.

Среди бобовых культур в качестве источника пищевого биологически ценного белка наибольшее значение имеют семена сои. С их использованием организовано производство соевой муки разной степени жирности, концентратов и изолятов.

Понижают питательную ценность белковых продуктов бобовых культур входящие в их состав антиалиментарные соединения. К таким соединениям относятся ингибиторы протеолитических ферментов желудочно-кишечного тракта и лектины (гликопротеины растительного происхождения, связывающие один или несколько специфических сахаров). В семенах сои определяют не менее пяти ингибиторов трипсина в количестве 5-10% от общего содержания белка. Понижение активности ферментов белковыми ингибиторами связано с образованием устойчивых кЗомплексов между молекулами ингибитора и молекулами фермента. Имеются доказательства о существовании в белках-ингибиторах «активного» участка, вступающего во взаимодействие с активным центром фермента. В состав всех ингибиторов трипсина входят, расположенные в пространстве особым образом, остатки лизина или аргинина. Белковые ингибиторы различаются по специфичности, что приводит к неодинаковой способности подавлять активность различных ферментов. В технологических процессах производства белковых продуктов из сои предусматривается инактивация ингибиторов протеиназ обработкой паром, микроволновым нагревом, вымачиванием с последующим кипячением и другими способами. Отсутствие высокой активности лектинов, как и ингибиторов ферментов, в белковых продуктах из бобовых является одним из санитарно-гигиенических требований, предусматриваемых сертификацией для использования их в пищевой промышленности.

Картофель и овощи не рассматриваются в качестве значимых источников белка, так как общее содержание азотистых веществ в них не более 2%. В то же время вклад картофеля в обеспечение белковой пищей может быть существенным. Если учесть, что потребление картофеля в день в среднем составляет около 300 г, то за счет этого продукта удовлетворяется 6-8% суточной потребности человека в белке. Белки картофеля содержат все незаменимые аминокислоты. По отношению к белкам куриного яйца биологическая ценность картофеля составляет 85%, по отношению к эталонному белку – 70%.

Используя данные о содержании незаменимых аминокислот в наиболее распространенных пищевых можно ориентировочно составлять пищевой рацион, комбинируя белки различного происхождения в целях дополнения их по аминокислотному составу. Белки пшеницы, например, содержат недостаточное количество лизина (первая лимитирующая кислота) и треонина (вторая лимитирующая кислота), но эти аминокислоты в избытке присутствуют в казеине молока. С другой стороны, нехватка в казеине серосодержащих аминокислот компенсируется содержанием их в белках пшеницы. Важно помнить, что при избыточном потреблении животных белков в организм поступает повышенное количество насыщенных жирных кислот и холестерина. Поэтому целесооб-

разнее составлять диету, содержащую достаточное количество растительного белка, но из разных его источников. Например, смесь кукурузы с фасолью обеспечит комплементарный состав белка и ликвидирует дефицит триптофана, лизина, метионина. Следует помнить, что сохранение нормального веса и работоспособности человека обеспечивается не только количеством и соотношением незаменимых аминокислот, но и содержанием общего азота. При его недостаточном количестве биологическая ценность белков понижается.

Контрольные вопросы

1. Чем объясняется разнообразие свойств белков?
2. Что такое денатурация белка и чем она может быть вызвана?
3. Какова усвояемость белков разных пищевых продуктов в их сравнении?
4. Какие белки входят в состав клейковины?
5. Чем отличаются белки бобовых культур от других растительных белков?
6. Какие антиалиментарные соединения входят в состав семян бобовых?

1.1.3 Количественное определение белка в пищевых продуктах

Содержание белка в пищевых объектах обычно определяют по количеству азота. Для перевода количества азота в содержание белка используют коэффициент 6,25. Принят он на основании того, что среднее содержание азота в большинстве белков составляет 16 %. Уточненные белковые коэффициенты для некоторых объектов, с учетом фактического содержания белка в них, следующие: 5,7 – пшеница, рожь, ячмень, овес, семена подсолнечника; 5,8 – соя; 6,0 – рис; 6,25 – кукуруза, мясо; 6,38 – молоко [6, 11].

Среди химических методов для определения общего азота широкое применение находит метод Кьельдаля, который включен в ГОСТы на многие пищевые продукты. Метод включает в себя три основные стадии: минерализация белкового продукта, отгонка аммиака, титрование. Проба продукта для анализа подвергается минерализации серной кислотой в присутствии катализатора, в результате чего органический продукт разлагается до углекислого газа, воды и аммиака, который связывается с серной кислотой с образованием сульфата аммония. Сульфат аммония обрабатывают далее концентрированным раствором щелочи, выделяющийся аммиак отгоняют с водяным паром и количественно поглощают раствором серной кислоты. Избыток серной кислоты оттитровывают раствором гидроксида натрия и рассчитывают содержание азота и, соответственно, белка. Поскольку метод Кьельдаля является довольно продолжительным по времени, предлагаются его модификации с использованием различных условий минерализации и

применения разных катализаторов, а также создаются автоматические анализаторы типа «Кьельфос» [6].

Имеет свою сферу применения и другой химический метод – метод формольного титрования (подробнее в 2.2).

На свойствах белков давать окрашенные соединения, оптическую плотность которых можно изерять спектрофотометрически, основаны биуретовый метод, метод Лоури, метод Бредфорд.

В биуретовом методе используется определение интенсивности окраски комплекса, образующегося в результате взаимодействия пептидных групп белков с ионами меди Cu^{2+} в щелочной среде [13]. Интенсивность окраски образующегося биуретового комплекса зависит от длины полипептидной цепи и варьирует от сине-фиолетовой до красно-фиолетовой и красной. Измерение оптической плотности производят при длине волны 540 нм. К достоинствам метода стоит отнести отсутствие помех от других соединений, так как он не дает побочной реакции с небелковыми веществами. Однако метод имеет относительно низкую чувствительность.

В методе Лоури наряду с биуретовым реактивом используется реактив Фолина – смесь фосфорновольфрамовой и фосформолибденовой кислот, которые восстанавливаются, взаимодействуя с фенольными радикалами некоторых аминокислот [16]. При этом раствор приобретает синеватую окраску цвета с максимумом поглощения при 750 нм. Реакции способствуют комплексные соединения меди, возникающие при взаимодействии белка с биуретовым реактивом. Этот метод является более чувствительным к низкому содержанию белков, чем биуретовый метод.

В методе Бредфорд для получения окрашенного соединения с белком используется краситель кислотный синий 90 (Кумасси бриллиантовый синий R-250), который взаимодействует с аминокислотными остатками преимущественно аргинина и в меньшей степени с остатками гистидина, тирозина, триптофана и фенилаланина. Связанная форма имеет голубую окраску с максимумом поглощения при 595 нм, в то время как исходный раствор красителя имеет максимум поглощения при 465 нм. Основное достоинство данного метода – чувствительность.

Контрольные вопросы

1. На какой реакции основано количественное определение белка биуретовым методом?
2. В чем преимущество метода Лоури по сравнению с биуретовым методом?
3. Опишите химизм метода Кьельдаля?
4. Присутствие каких аминокислот в белке необходимо для использования метода Бредфорд?

1.1.4 Углеводы и их производные в продуктах питания

Углеводы являются одним из самых распространенных классов органических соединений. Хотя в клетках животных и человека их содержится немного - около 2 % сухого вещества, - но в растительных организмах за счет целлюлозы на долю углеводов приходится до 80% от сухой массы, поэтому, в целом, в биосфере углеводов больше, чем всех других органических соединений вместе взятых.

В зависимости от состава и строения молекул углеводы подразделяют на моносахариды (глюкоза, фруктоза, рибоза), олигосахариды (мальтоза, сахароза, лактоза) и полисахариды. Среди последних выделяют гомополисахариды (крахмал, гликоген, целлюлоза) и гетерополисахариды (гиалуроновая кислота, хондроитинсульфат).

Углеводы занимают исключительно большое место в питании. Их доля в продуктах питания человека составляет 50 – 60 % (по калорийности), а у населения развивающихся стран до 80%. Они являются важными энергетическими компонентами пищи, при окислении 1 г углеводов выделяется 16,74 кДж (4,1 ккал) энергии. Однако роль углеводов не ограничивается энергетической функцией. После всасывания продуктов переваривания углеводов из пищеварительного тракта они включаются в метаболические процессы, связывающие обмен углеводов с обменом белков и нуклеиновых кислот, с обменом липидов и биологически активных соединений. Образующиеся при этом органические вещества выполняют важные функции. Например, углеводсодержащие биополимеры организма человека – гликопротеины - используются как рецепторы, гликолипиды входят в состав нервной ткани и обеспечивают ее функционирование. Гетерополисахарид гепарин препятствует свертыванию крови, другой гетерополисахарид, гиалуроновая кислота, задерживает чужеродные белки и бактерии. Глюкуроновая кислота участвует в детоксикации ксенобиотиков. Олигосахаридными фрагментами обладают многие ферменты [16].

Основные источники углеводов имеют растительное происхождение: продукты из зерна и муки (хлебобулочные изделия, крупы, макароны), сахар, овощи, фрукты. Углеводы плодов представлены сахарозой, глюкозой и фруктозой. Источники крахмала - зерновые, бобовые, картофель. Животные продукты содержат лактозу, гликоген, глюкозу в малых количествах.

Углеводы по усвояемости условно делят на две группы: усвояемые организмом человека (основные – глюкоза, фруктоза, галактоза, сахароза, мальтоза, декстрины, крахмал) и неусвояемые, неперевариваемые – пищевые волокна (иногда их называют не совсем справедливо балластными веществами, это целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнины и пектиновые вещества). Организм человека

не вырабатывает ферментов для переваривания пищевых волокон, но часть из них расщепляется микроорганизмами толстого кишечника.

Моно- и олигосахариды образуют в воде истинные растворы, из которых способны кристаллизоваться. Они обладают сладким вкусом. Относительную сладость сахаров измеряют в условных единицах, принимая сладость сахарозы равной 100, тогда сладость фруктозы составляет 173, глюкозы – 74, мальтозы – 32,5, лактозы -16, инвертного сахара - 130. Сахароза, глюкоза и фруктоза усваиваются быстро. Крахмал и декстрины усваиваются медленнее. Крахмал – основной полисахарид, используемый в питании. Крахмал состоит из амилозы и амилопектина - неразветвленных и разветвленных полимеров α -глюкозы. В крахмале различных плодов и овощей относительное содержание амилозы и амилопектина колеблется в широких пределах. В растительной ткани крахмал откладывается в запас в виде зерен, содержащих кроме амилозы и амилопектина около 1% белка, жирных кислот – до 0,6% и минеральных веществ до 0,7% [6, 14].

Для нормальной жизнедеятельности в крови человека (натошак) должно содержаться 80-100 мг глюкозы в 100 мл крови. Избыток глюкозы, поступающей с пищей, откладывается в печени и в мышцах в виде гликогена. Гликоген расходуется достаточно быстро, поэтому сахара должны непрерывно поступать с пищей.

Потребность человека в углеводах связана с его энергетическими затратами и равна 365- 500 г/сутки, в том числе крахмала до 400 г, моно- и дисахаридов – 50-100 г (3-4 приема по 20-25 г), балластных веществ – до 25 г.

Почти все углеводы пищи превращаются в глюкозу и в таком виде поступают из кишечника в кровь. Однако скорость появления в крови глюкозы из разных источников – разная. Понятие «*гликемический индекс*» (ГИ), отражает скорость превращения углеводов пищи (крахмала, гликогена, сахарозы, лактозы, фруктозы и т. д.) в глюкозу крови.

С растительной пищей в организм человека поступают неусвояемые производные углеводов. Их часто называют пищевыми волокнами, хотя не всегда они имеют волокнистое строение, а некоторые виды клетчатки, включая пектины и смолы, вполне могут растворяться в воде. По физико-химическим свойствам пищевые волокна подразделяют на растворимые в воде (пектины, камеди, слизь, некоторые фракции гемицеллюлозы), так называемые "мягкие" волокна, и нерастворимые (целлюлоза, лигнин, часть гемицеллюлозы), их часто называют "грубыми" волокнами.

Из "грубых" пищевых волокон в продуктах питания чаще всего присутствует *клетчатка – целлюлоза*. Она, в отличие от крахмала, является полимером β -глюкозы и не расщепляется в кишечнике человека. *Гемицеллюлоза* – полисахарид клеточной оболочки,

состоящий из разветвленных полимеров глюкозы и гексозы. Гемицеллюлоза способна удерживать воду и связывать катионы. Она содержится в зерновых продуктах, а в большей части овощей и фруктов ее мало. *Лигнин* также относят к "грубым" пищевым волокнам, хотя по химической природе лигнины – это безуглеводные вещества, состоящие из полимеров ароматических спиртов. Лигнины сообщают жесткость оболочке растительной клетки, обволакивая целлюлозу и гемицеллюлозу. Они способны ингибировать переваривание оболочки кишечными микроорганизмами, поэтому содержащие много лигнина продукты, например, отруби, плохо перевариваются в кишечнике. К пищевым волокнам относят еще и *фитиновую кислоту* – вещество, сходное по строению с целлюлозой. Фитин содержится в семенах растений.

К "мягким" пищевым волокнам относят пектины, камеди, декстраны, агарозу. *Пектины* - сложный комплекс коллоидных полисахаридов, которые образуются из протопектинов. Протопектины – это нерастворимые комплексы пектинов с целлюлозой и гемицеллюлозой, которые содержатся в незрелых плодах и овощах. При созревании последних или их тепловой, кулинарной обработке эти комплексы разрушаются, протопектины переходят в пектины, что проявляется в размягчении фруктов, ягод и овощей. Пектинами богаты фрукты, ягоды и некоторые овощи. В присутствии органических кислот и сахара пектины образуют желе, что используется при производстве джемов, мармеладов, пастилы и др. Важное значение имеют сорбирующие свойства пектинов – способность связывать и выводить из организма холестерин, радионуклиды, тяжелые металлы (свинец, ртуть, стронций, кадмий и др.) и канцерогенные вещества. Пектины способствуют заживлению слизистой оболочки кишечника при ее повреждении. В сливе, черной смородине, яблоках и других фруктах, а также в свекле, содержится около 1% пектина. *Слизи и камеди* – сложные смеси гетерополисахаридов. Камеди не входят в состав клеточной оболочки, они растворимы в воде, обладают вязкостью и способны связывать в кишечнике тяжелые металлы и холестерин.

Слизи широко представлены в растениях и имеют большее значение, чем камеди, применяются в тех же случаях, что пектины и камеди. Из пищевых продуктов слизи в наибольшем количестве содержатся в овсяной и перловой крупах, геркулесе, рисе. Слизей много в семенах льна. Пищевые волокна не являются источниками энергии. У человека они могут только частично расщепляться в толстой кишке под действием микроорганизмов. Так, целлюлоза расщепляется на 30–40%, гемицеллюлоза – на 60–84%, пектиновые вещества – на 35%. Практически всю освобождающуюся при этом энергию бактерии используют на собственные нужды. Большая часть образующихся при разложении пищевых волокон моносахаридов превращается в летучие

жирные кислоты (пропионовую, масляную и уксусную), необходимые для регуляции функции толстой кишки, а также газы (водород, метан и др.). Они могут частично всасываться через стенки кишечника, но в организм человека поступает лишь около 1% питательных веществ, образованных при расщеплении пищевых волокон. В энергетическом обмене эта доля ничтожна, и ею можно пренебречь [6].

К числу углеводов, которые не расщепляются пищеварительными ферментами человека, относится инулин. Инулин – это природный полисахарид со сладковатым вкусом, не имеющий синтетических аналогов. По строению он является полидисперсным фруктаном, состоящим из смеси полимеров и олигомеров фруктозы. Инулин относят к группе пребиотиков – веществ, которые перерабатываются полезной для человека микрофлорой толстого кишечника и стимулируют ее рост. Растущие колонии полезных бактерий вытесняют патогенную флору, чем оздоравливают кишечник. Нерасщепленная часть инулина, проходя по кишечнику, очищает его от токсинов, радионуклидов, «плохого» холестерина. Наиболее высоким содержанием инулина отличается топинамбур (земляная груша). Также большое количество инулина содержат чеснок – от 9 до 16%; лук – немногим больше 6%; корень цикория – более 6%.

Итак, пищевые волокна играют важнейшую роль в процессах пищеварения и в жизнедеятельности организма человека в целом. Они препятствуют ожирению, снижают риск развития желчно – каменной болезни и сердечно – сосудистых заболеваний, рака толстой кишки. Пищевые волокна создают чувство насыщения, снижают аппетит. Пищевой рацион человека должен содержать необходимое количество пищевых волокон.

Контрольные вопросы

1. Растворимые и нерастворимые углеводы.
2. Редуцирующие и нередуцирующие сахара.
3. Что понимают под пищевыми волокнами?
4. Что представляет собой пектин и протопектин?
5. Приведите примеры сырья, богатого пищевыми волокнами.
6. Какова роль пищевых волокон в организме?

1.1.5 Превращения углеводов при переработке сырья в продукты

В процессах хранения и переработки сырья углеводы могут претерпевать разнообразные и сложные превращения, что будет обуславливать качество готового продукта. При хранении сырья в нем продолжают происходить ферментативные биохимические процессы. При переработке сырья, в зависимости от температурных режимов, биохимические процессы могут ускоряться, замедляться или прекращаться на фоне

физико-химических превращений. Они зависят от состава углеводного комплекса, условий процесса, наличия ферментов, присутствия в перерабатываемых продуктах других компонентов, взаимодействующих с углеводами. Компоненты сырья могут вступать в реакции друг с другом с образованием нерасщепляемых комплексов, в этом случае пищевая ценность продукта понижается [6].

Из превращений необходимо, в первую очередь, отметить кислотный и ферментативный гидролиз дисахаридов и полисахаридов, брожение моносахаридов, меланоидинообразование и карамелизацию.

Гидролиз дисахаридов. Дисахариды гидролизуются под действием как кислот, так и ферментов. Кислотный гидролиз имеет место в таких технологических процессах, как варка плодов и ягод в растворах сахара различной концентрации (приготовление компотов, киселей, фруктово-ягодных начинок), запекание яблок, уваривание сахара с какой-либо пищевой кислотой (приготовление помадок). Сахароза в водных растворах под влиянием кислот присоединяет молекулу воды и расщепляется на равные количества глюкозы и фруктозы (инверсия сахарозы). Образующийся инвертный сахар хорошо усваивается организмом, обладает высокой гигроскопичностью и способностью задерживать кристаллизацию сахарозы. Если сладость сахарозы принять за 100 %, то для глюкозы этот показатель составит 74 %, а для фруктозы – 173 %. Поэтому следствием инверсии является некоторое повышение сладости сиропа или готовых изделий.

Степень инверсии сахарозы зависит от вида кислоты, ее концентрации, продолжительности нагрева. По способности к инверсии органические кислоты можно расположить в следующем порядке: щавелевая, лимонная, яблочная, уксусная. В кулинарной практике, как правило, используют уксусную и лимонную кислоты, первая слабее щавелевой кислоты в 50, вторая – в 11 раз.

Ферментативному гидролизу подвергаются сахароза и мальтоза при брожении и в начальный период выпечки дрожжевого теста. Сахароза под воздействием фермента сахаразы расщепляется на глюкозу и фруктозу, а мальтоза под действием фермента мальтазы – до двух молекул глюкозы. Оба фермента содержатся в дрожжах. Сахароза добавляется в тесто в соответствии с его рецептурой, мальтоза образуется в процессе гидролиза из крахмала. Накапливающиеся моносахариды участвуют в разрыхлении дрожжевого теста.

Брожение. Глубокому распаду подвергаются сахара при брожении дрожжевого теста. Под действием ферментов дрожжей сахара превращаются в спирт и углекислый газ, последний разрыхляет тесто. Кроме того, под действием молочнокислых бактерий сахара в тесте превращаются в молочную кислоту, которая задерживает развитие гнилостных процессов и способствует набуханию белков клейковины.

Карамелизация. Глубокий распад сахаров при нагревании их выше температуры плавления с образованием темноокрашенных продуктов называется карамелизацией. Температура плавления фруктозы 98 ... 102 °С, глюкозы – 145 ... 149, сахарозы – 160 ... 185 °С. Происходящие при этом процессы сложны и еще недостаточно изучены. Они в значительной степени зависят от вида и концентрации сахара, условий нагревания, pH среды и других факторов.

В кулинарной практике чаще всего приходится иметь дело с карамелизацией сахарозы. При нагревании ее в ходе технологического процесса в слабокислой или нейтральной среде происходит частичная инверсия с образованием глюкозы и фруктозы, которые претерпевают дальнейшие превращения. Например, от молекулы глюкозы может отщепиться одна или две молекулы воды (дегидрация), а образовавшиеся продукты (ангидриды) соединиться друг с другом или с молекулой сахарозы. Последующее тепловое воздействие приводит к выделению третьей молекулы воды и образованию оксиметилфурфурола, который при дальнейшем нагревании может распадаться с образованием муравьиной и левуленовой кислот или образовывать окрашенные соединения. Окрашенные соединения представляют собой смесь веществ различной степени полимеризации: карамелана (вещество светло-соломенного цвета, растворяющееся в холодной воде), карамелена (вещество ярко-коричневого цвета с рубиновым оттенком, растворяющееся и в холодной, и в кипящей воде), карамелина (вещество темно-коричневого цвета, растворяющееся только в кипящей воде) и др., эта смесь превращается в дальнейшем в некристаллизующуюся массу (жженку), которую используют в качестве пищевого красителя. Карамелизация сахаров происходит при подпекании лука и моркови для бульонов, при запекании яблок, при приготовлении многих кондитерских изделий и сладких блюд.

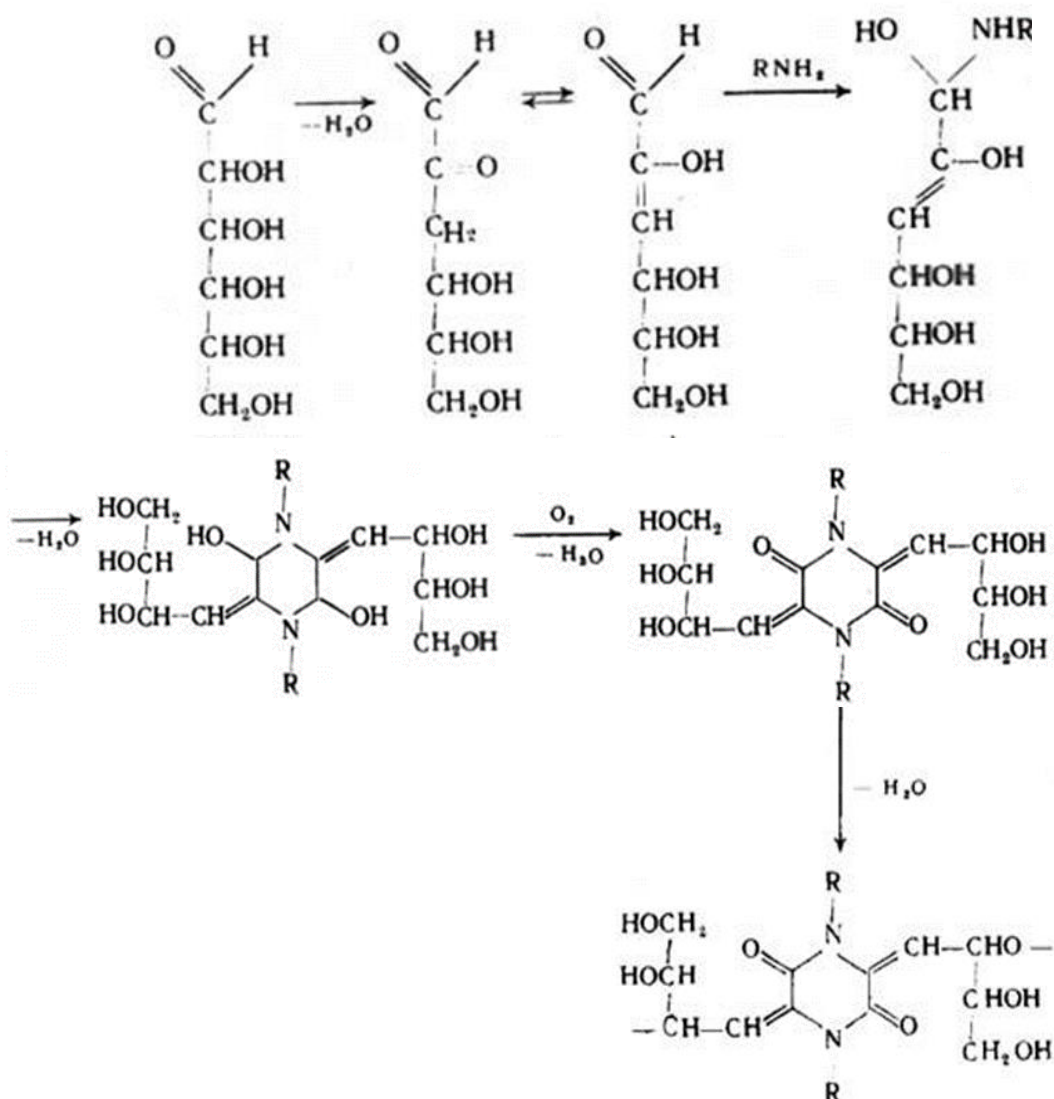
Меланоидинообразование. Под меланоидинообразованием понимают взаимодействие восстанавливающих сахаров (моносахариды и восстанавливающие дисахариды, как содержащиеся в самом продукте, так и образующиеся при гидролизе более сложных углеводов) с аминокислотами, пептидами и белками. В результате образуются темноокрашенные продукты – меланоидины [6]. Этот процесс называют также реакцией Майяра, по имени ученого, который в 1912 г. впервые его описал. Реакция меланоидинообразования имеет большое значение в кулинарной практике. Ее положительная роль состоит в образовании аппетитной корочки на жареных, запеченных блюдах из мяса, птицы, рыбы, выпечных изделиях из теста; побочные продукты этой реакции участвуют в придании готовым блюдам вкуса и аромата. Отрицательная роль реакции меланоидинообразования заключается в том, что она вызывает потемнение фритюрного жира, фруктовых пюре, некоторых овощей; кроме того она снижает биологическую ценность белков, поскольку в ходе ее происходит связывание аминокислот.

В реакцию меланоидинообразования особенно легко вступают такие аминокислоты, как лизин, метионин, которых чаще всего недостает в растительных белках. После соединения с сахарами эти аминокислоты становятся недоступными для пищеварительных ферментов и не всасываются в желудочно-кишечном тракте. В кулинарной практике часто нагревают молоко с крупами, овощами. В результате взаимодействия лактозы и лизина биологическая ценность белков готовых блюд снижается. Меланоидинообразование представляет комплекс нескольких видов реакций, которые протекают последовательно или параллельно (данные Ходжа). Эти виды реакций по степени окраски продукта могут быть разделены на три последовательно протекающие стадии.

Продукты первой стадии бесцветны и не поглощают ультрафиолетового света.

Эта стадия включает две реакции:

- 1) карбониламинную конденсацию,
- 2) перегруппировку Амадори



Меланоидин

1.1.6 Методы анализа углеводов

Методы количественного определения отдельных групп углеводов различаются [2, 5, 7].

Моно- и дисахариды извлекают из пищевых продуктов 80 %-ным этанолом при температуре 75–80 °С на водяной бане. В зависимости от присутствия в анализируемых продуктах большого количества белков, фенолов, кислот применяют дополнительные реактивы.

При анализе продуктов, относительно богатых белками и фенолами, фильтрат дополнительно обрабатывают нейтральным раствором ацетата свинца $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$, избыток которого удаляют обработкой сульфатом натрия Na_2SO_4 .

При анализе продуктов, содержащих значительное количество кислот, спирт, используемый для экстракции, нейтрализуют карбонатом кальция. Спиртовой экстракт упаривают под вакуумом при температуре не выше 40°C, разбавляют горячей водой и фильтруют, обрабатывают оксалатом натрия $\text{Na}_2(\text{COO})_2$ с последующим удалением выпавшего осадка.

В фильтрате определяют восстанавливающие сахара одним из химических методов:

- йодометрическим,
- глюкозооксидазным,
- феррицианидным.

Йодометрический метод базируется на способности йода в щелочной среде окислять альдогексозы в урановые кислоты. После нейтрализации щелочи раствором кислоты избыток йода оттитровывают раствором тиосульфата натрия. Содержание альдогексозы вычисляют по формуле.

Глюкозооксидазный метод – спектрофотометрический метод, основанный на способности фермента глюкозооксидазы окислять β -D-глюкозу до глюконовой кислоты. Ферментативная реакция протекает с образованием лактона глюконовой кислоты и восстановлением простетической группы флавинадениндинуклеотида (ФАД) глюкозооксидазы. Лактон спонтанно гидролизует до глюконовой кислоты. ФАД восстанавливается до ФАДН_2 и передает протоны на кислород с образованием H_2O_2 в количестве, эквимолярном количеству окисленной глюкозы. Присутствующая в ферментном препарате пероксидаза катализирует окисление $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ пероксидом водорода с образованием лимонно-желтого окрашенного соединения $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Интенсивность окраски раствора пропорциональна количеству образовавшейся глюкозы. Оптическую плотность раствора определяют при длине волны 510 нм.

Феррицианидный метод основан на реакции окисления глюкозы (и других восстанавливающих моносахаридов) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ в слабощелочной среде при определенных условиях, которые должны каждый раз

точно соблюдаться для получения воспроизводимых результатов. Глюкоза окисляется в глюконовую кислоту, $K_3[Fe(CN)_6]$ восстанавливается до $K_4[Fe(CN)_6]$, а избыток прибавленного $K_3[Fe(CN)_6]$ определяют йодометрически в кислой среде. $K_4[Fe(CN)_6]$ действием $ZnSO_4$ переводят в нерастворимую соль. Выделившийся в результате реакции свободный йод оттитровывают тиосульфатом натрия. Содержание альдосахара вычисляют по формуле, как в йодометрическом методе.

Определение содержания крахмала основано, как правило, на определении полученной при гидролизе глюкозы химическими методами или на способности полученных растворов вращать плоскость поляризации.

Для определения крахмала необходимо предварительно освободиться от моно- и олигосахаридов экстракцией 80%-м этанолом. Затем проводят извлечение крахмала из продукта каким-либо способом (например, растворением сначала в холодной, потом в горячей воде) и освобождаются от белков путем обработки раствора фосфорновольфрамовой кислотой, ацетатом цинка, гексацианоферратом (III) калия или другими белковыми осадителями.

Определение крахмала проводят путем определения глюкозы после ферментативного или кислотного гидролиза. Для расчета используют соответствующие коэффициенты. Можно применять метод поляриметрии.

Для определения декстринов их извлекают теплой ($40^{\circ}C$) водой и осаждают 96%-м этанолом, проводят гидролиз и определяют глюкозу. Для расчета используют соответствующие коэффициенты. Можно использовать метод спектрофотометрии, измеряя интенсивность окраски иод-крахмального комплекса.

Общее содержание пищевых волокон (лигнин + неусваиваемые углеводы) обычно определяют гравиметрическим методом. Анализ заключается в использовании фракционирования – сначала растворяют крахмал и белки при помощи ферментов, имитирующих расщепление их в ЖКТ человека (α -амилаза, пепсин, панкреатин), растворимые пищевые волокна осаждают спиртом, фильтруют, осадок взвешивают.

Определение пектина основано на извлечении его (растворимого пектина и протопектина) из пищевого продукта, осаждении и взвешивании. Для извлечения растворимого пектина применяют экстракцию холодной водой с последующим кипячением. Для извлечения протопектина применяют кипячение с соляной кислотой после извлечения растворимого пектина. Для продуктов, богатых крахмалом, применяют специальные приемы его отделения. Для осаждения пектина проводят реакцию с хлоридом кальция. Помимо взвешивания можно определять в осадке содержание кальция комплексонометрически с трилоном Б и по этим данным рассчитывать содержание пектина.

Метод определения клетчатки основан на проведении гидролиза легкорастворимых углеводов при соответствующих условиях и получении негидролизующего остатка, который взвешивают.

1.1.7 Пищевые липиды

Липиды – большая группа веществ биологического происхождения, хорошо растворимых в органических растворителях и существенно различающихся по своей химической структуре и функциям. Иногда их обозначают как жиры и жироподобные соединения.

В зависимости от структурных особенностей липиды делят на простые и сложные [17].

К простым липидам относят жиры, воски, стериды. Наиболее важные группы сложных липидов – фосфолипиды и гликолипиды. По строению и способности к гидролизу липиды разделяют на омыляемые и неомыляемые. Омыляемые липиды при гидролизе образуют несколько структурных компонентов, а при взаимодействии со щелочами – соли жирных кислот (мыла).

Для организма человека жиры нужны как источники энергии – при полном окислении 1 г жира выделяется 38,9 кДж (9,3 ккал) энергии, фосфолипиды – как структурные компоненты мембран, гликолипиды – для функционирования нервной ткани, стеролы – для синтеза стероидных гормонов и желчных кислот.

В большей степени представлены в пищевом сырье и пищевых продуктах жиры – триглицериды, сложные эфиры трехатомного спирта глицерина и высших жирных кислот.

В натуральных жирах содержится около 95–97% триглицеридов жирных кислот. Кроме того, в их состав входит некоторое количество сопутствующих веществ – фосфатидов, стероидов, восков, продуктов гидролиза триглицеридов и др. В некоторых природных источниках жиров им сопутствуют жирорастворимые витамины А, Е, D [14].

В растениях липиды накапливаются, главным образом в семенах и плодах (табл.1).

Таблица 1 Содержание липидов в разных культурах [6]

Культура	Плод	Содержание, %
Подсолнечник	Семянка	30-58
Арахис	Ядро	50-61
Пшеница	Зерновка	2,7
Рожь	Зерновка	2,5
Кукуруза	Зерновка	5,6
Рис	Зерновка	2,9
Гречиха	Зерновка	3,8
Арбуз	Семянка	14-15

Разнообразие физических и химических свойств природных жиров животного и растительного происхождения обусловлено составом и строением жирных кислот. В состав триглицеридов входят различные жирные кислоты. При этом в зависимости от вида животного или растения, из которых получены жиры, жирнокислотный состав триглицеридов различен.

В состав природных глицеридов входят, главным образом, высокомолекулярные жирные кислоты (ВЖК) с числом углеродных атомов 16, 18, 20, 22 и выше, частично низкомолекулярные с числом углеродных атомов 4, 6 и 8 (масляная, капроновая и каприловая кислоты). Число выделенных из жиров кислот достигает 170, однако некоторые из них еще недостаточно изучены и сведения о них весьма ограничены [14].

В состав природных жиров входят насыщенные (предельные) и ненасыщенные (непредельные) жирные кислоты.

Наиболее часто встречающиеся в жирах насыщенные кислоты – пальмитиновая $C_{15}H_{31}COOH$ и стеариновая $C_{17}H_{35}COOH$. Из ненасыщенных чаще всего встречается олеиновая кислота $C_{17}H_{33}COOH$. Особенно много ненасыщенных кислот в жидких растительных маслах. Ненасыщенные жирные кислоты могут содержать двойные и тройные связи. Последние в природных жирах встречаются очень редко. Как правило, в натуральных жирах содержатся только одноосновные карбоновые кислоты с четным числом углеродных атомов и неразветвленной цепью углеродных атомов. Число выделенных из жиров кислот достигает 170, однако некоторые из них еще недостаточно изучены и сведения о них весьма ограничены.

В питании имеет значение не только количество жиров, но и качественный состав употребляемых липидов, особенно содержащих полиненасыщенные ВЖК с определенным положением двойных связей. Линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты являются незаменимыми для человека. Линолевая и линоленовая не синтезируются в организме человека, а арахидоновая синтезируется из линоленовой при участии ферментов десатураз. Биологическая активность этих кислот неодинакова. Наибольшей активностью обладает арахидоновая кислота, высокой – линолевая, активность линоленовой в 8-10 раз ниже линолевой. В оливковом масле до 65% жирных кислот составляет олеиновая кислота, полиненасыщенных жирных кислот и витамина Е мало. В арахисовом, кунжутном и соевом масле благоприятное соотношение линолевой и линоленовой кислот. Подсолнечное и кукурузное масло содержат только линолевую кислоту, в льняном масле преобладает линоленовая кислота [6].

Источниками арахидоновой кислоты для организма являются животные жиры, печень животных, тресковый и жир сельди, молочный жир, яйца куриные. В растительных маслах арахидоновая кислота практически

отсутствует. В качестве источника биологически ценных липидов особое внимание уделяют различным сортам рыб. Жир рыб содержит лецитин и другие фосфолипиды, отличается значительным содержанием полиненасыщенных жирных кислот, общее количество которых у большинства видов рыб колеблется от 1 до 5%. Жир рыб находится в основном в печени (у рыб, относящихся к виду тресковых) и в подкожной клетчатке (у сельдевых и лососевых). Важно знать, что рыбий жир быстро окисляется, и его пищевая ценность при этом снижается

Пищевая ценность различных жиров не одинакова и в значительной мере зависит от усвояемости жира организмом. Усвояемость жира в свою очередь зависит от температуры его плавления. Так, жиры с низкой температурой плавления, не превышающей 37⁰С (т. е. температуры человеческого тела), обладают способностью наиболее полно и быстро эмульгироваться в организме и, следовательно, наиболее полно и легко усваиваться.

К жирам с низкой температурой плавления относят сливочное масло, свиное сало, гусиное сало, все виды маргаринов, а также жидкие жиры.

Жиры с высокой температурой плавления усваиваются значительно хуже. В то время как сливочное масло усваивается организмом до 98,5%, бараний жир усваивается только на 80-90%, говяжий жир, в зависимости от его температуры плавления, на 80-94%.

1.1.8 Превращения липидов в процессе хранения и переработки продуктов

Липиды вступают в разнообразные превращения. Для глицеридов, составляющих основную массу масел и жиров, характерны следующие превращения: гидролиз; обмен остатков жирных кислот, входящих в их молекулы; окисление; гидрирование ненасыщенных жиров. В технологических процессах липиды подвергаются аналогичным и дополнительным превращениям (рис.1).

Под влиянием фермента липазы, кислот или щелочей триацилглицерины гидролизуются с образованием ди-, затем моноглицеридов и, в конечном итоге, – жирных кислот и глицерина. Гидролитический распад жиров и масел, липидов зерна и продуктов его переработки (крупы, муки), мяса, рыбы, некоторых других видов пищевого сырья и готовых продуктов является одной из причин ухудшения их качества и порчи. Этот процесс ускоряется с повышением влажности, температуры, активности липазы. Гидролитический распад липидов и липидсодержащих продуктов протекает в ходе многих процессов пищевой технологии и при кулинарной обработке пищевых продуктов [6].



Рисунок 1. Превращения липидов в технологическом процессе (по Нечаеву, 2007)

Жиры в присутствии катализаторов (метилат и этилат натрия, гидроксид натрия, ферменты) способны к обмену остатков жирных кислот. Это процесс получил название переэтерификации. В результате переэтерификации меняется ацилглицериновый состав жира, а, следовательно, меняются и их физико-химические свойства. Обмен кислотных остатков может происходить между молекулами ацилглицеринов (межмолекулярная переэтерификация) и в пределах одной молекулы (внутримолекулярная переэтерификация). Переэтерификация открывает большие возможности для изменения свойств жира (температуры его плавления, затвердевания, пластичности), т. е. позволяет получать жиры с заданными для пищевой технологии физико-химическими свойствами без изменения их жирнокислотного состава.

Жиры и масла, содержащие остатки ненасыщенных жирных кислот, могут подвергаться гидрированию – присоединению водорода. С помощью гидрирования целенаправленно изменяется жирнокислотный состав масел, повышается их температура плавления, твердость, меняется пластичность. Они становятся более стойкими к окислению.

При хранении растительные масла и животные жиры, жиросодержащие продукты (масличные семена, мука, крупа, кондитерские изделия, рыба, мясные продукты) под влиянием

кислорода воздуха, света, ферментов и т. д. постепенно меняют свои свойства, в первую очередь, органолептические.

Характер изменений вкуса и запаха зависит от вида жира, особенностей протекающих в нем процессов, и связан с преимущественным накоплением в продукте тех или иных химических веществ, имеющих разную природу. Органолептическая оценка этих изменений достаточно субъективна. При дегустации используют термины: прогоркание, осаливание, наличие «металлического», сырного, рыбного привкуса и т. д. Одновременно в жирах накапливаются вредные для организма человека продукты окисления липидов. В результате снижается их пищевая и физиологическая ценность и они могут оказаться непригодными для употребления.

Прогоркание жиров и жиросодержащих продуктов – результат сложных химических и биохимических процессов, протекающих в липидном комплексе. В зависимости от характера основного процесса, протекающего при этом, различают гидролитическое и окислительное прогоркание. Каждый из них может быть разделен на автокаталитическое (неферментативное) и ферментативное прогоркание. При гидролитическом прогоркании происходит гидролиз жира с образованием свободных жирных кислот.

Автокаталитический гидролиз протекает с участием растворенной в жире воды; скорость его при обычных температурах невелика.

Ферментативный гидролиз происходит при участии фермента липазы на поверхности соприкосновения жира и воды и возрастает при эмульгировании. При получении жира и во многих других процессах пищевой технологии липазы инактивируются, поэтому гидролитическое прогоркание, активно идущее при хранении липидсодержащего сырья и некоторых продуктов, не оказывает большого влияния на качество жиров и масел.

Приобретение неприятного вкуса и запаха наблюдается при гидролизе жиров, содержащих низко- и среднемолекулярные кислоты (например, кокосового и пальмового масел), которые обладают неприятным запахом и вкусом. Высокомолекулярные кислоты вкуса и запаха не имеют (а именно они содержатся в большинстве масел и жиров) и повышение их содержания не приводит к изменению вкуса масел.

Окислительное прогоркание жиров. Жиры и масла, особенно содержащие остатки ненасыщенных (линоленовой, линолевой, олеиновой) жирных кислот, окисляются кислородом воздуха. Начальными продуктами окисления являются разнообразные по строению пероксиды и гидропероксиды- первичные продукты окисления.

В результате их сложных превращений образуются вторичные продукты окисления: спирты, альдегиды и кетоны, кислоты с углеродной цепочкой меньшей длины, чем в исходном жире, а также их

разнообразные производные. Именно вторичные продукты окисления, особенно карбонилсодержащие вещества, вызывают появление неприятного привкуса (прогоркания), а входящие в состав летучие соединения обуславливают в то же время и ухудшение запаха.

Образующиеся продукты могут менять физические свойства жира, приводить к вспениванию фритюрных масел, способствовать распаду витаминов, оказывать токсическое воздействие на организм человека и вызывать нежелательные процессы в пищеварительном тракте. Этот процесс получил название окислительного автокаталитического прогоркания или процесса автоокисления жиров. При этом происходят цепные радикальные процессы, в которых участвуют кислород воздуха и ненасыщенные жирные кислоты или их остатки, содержащиеся в молекулах ацилглицеринов [6].

Окислительное автокаталитическое прогоркание жиров (растительных масел, лярда и т. д.) является основным процессом, снижающим их качество при хранении, и ему подвержены все пищевые жиры.

1.1.9 Методы анализа липидов пищевых продуктов

Анализ липидов и продуктов их превращений является сложной задачей, требующей применения наряду с классическими методами, современных физико-химических методов исследования (хроматографии, спектроскопии, рентгеноструктурного анализа и т.д.).

Изучение липидов начинается с определения их количества в пищевых продуктах. Для этого используются методы определения содержания липидов непосредственно в объекте (ЯМР, ИК-спектроскопия) и методы, основанные на извлечении липидов из пищевого продукта (свободные, связанные, прочно связанные липиды). Большинство методов количественного определения жира основано на извлечении его органическими растворителями и последующем определении количества жира в экстракте.

Свободные липиды экстрагируются из анализируемого продукта неполярными растворителями (гексаном, диэтиловым эфиром, петролейным эфиром), связанные - системами растворителей, содержащими, как правило, спирт (смесь хлороформа и метанола, взятых в объемном соотношении 2:1). Прочносвязанные липиды получают из обработанного щелочами и кислотами шрота, оставшегося после выделения связанных липидов. Основные требования, предъявляемые к методам выделения, – полнота выделения и сохранение нативности выделенных липидов. На экстрагирующую способность жира влияет наличие в нем посторонних примесей, в частности, воды. Вода, содержащаяся в тканях, препятствует диффузии жира из материала в растворитель. Поэтому прибегают к

обезвоживанию материала перед экстракцией. Перед экстракцией измельченные пробы рекомендуется растирать с песком. Наряду с высушиванием при повышенной температуре применяют способ, при котором пробы исследуемого материала растирают с нейтральными водоотнимающими веществами, например, безводным сульфатом натрия, а также обезвоживание материала настаиванием или кипячением со спиртом. Чаще всего жир определяют методом Сокслета. Методом Сокслета извлекают не только жиры, но и сопутствующие им вещества – фосфатиды, стерины, свободные жирные кислоты, красящие вещества, поэтому определяемый таким образом жир называют «сырым жиром». Полученный экстракт используют для количественного определения жира, кислотного и перекисного чисел [5, 6, 13, 16].

Для экстракции липидов с последующим хроматографированием экстрактов применяют метод Фолча. Данный метод основан на экстракции липидов из тканей хлороформ-метаноловой смесью. Он позволяет выделить как полярные, так и неполярные липиды и полностью сохранить фракцию фосфолипидов. Полученный экстракт липидов используют для исследования фракционного состава липидов и их жирнокислотного состава.

Для определения химического состава липидов используется набор специальных методов анализа, дающих максимально полную информацию.

В практике пищевой промышленности состав и качество жиров и масел характеризуют с помощью разнообразных аналитических «чисел»: кислотного числа, йодного числа, числа омыления.

Йодным числом называется количество граммов йода, присоединяющихся к 100 г жира по месту двойных связей в стандартных условиях.

Методы определения иодных чисел широко используются при характеристике высыхающих масел, имеющих иодное число более 130. Так йодное число льняного масла составляет 170-180, невысыхающие масла имеют йодные числа не выше 90, а полувсыхающие 127—130. Высыхающие масла преимущественно содержат глицериды линолевой и линоленовой кислот; полувсыхающие масла (подсолнечное, хлопковое) в отличие от высыхающих масел содержат незначительное количество линоленовой кислоты, а в отличие от невысыхающих масел, относительно большое количество линолевой кислоты.

Число омыления равно количеству миллиграммов гидроксида калия, необходимого для омыления глицеридов и нейтрализации свободных жирных кислот в 1 г жира или масла.

Природные жиры обычно нейтральны. Но при переработке или хранении, в результате омыления или прогоркания в них возникают в различных количествах свободные жирные кислоты. Кислотным числом (кислотностью жира) называется число миллиграммов гидроксида калия,

затрачиваемого на нейтрализацию свободных жирных кислот в одном грамме жира.

Поскольку хранение пищевых продуктов, содержащих жиры и масла, всегда сопровождается гидролизом последних, по величине кислотного числа можно, в некоторой степени, судить об их качестве.

Контрольные вопросы

1. Особенности химического состава жиров растительного и животного происхождения.
2. Какой вид жира обладает большей биологической эффективностью?
3. Дайте общую характеристику сложных липидов. Какова их биологическая роль.
4. Привести формулу триацилглицерина, в состав которого входят олеиновая, стеариновая и пальмитиновая кислоты.

1.1.10 Биохимия пищеварения

Пищеварение представляет собой совокупность процессов превращения исходных пищевых структур сложного состава в компоненты, лишенные видовой специфичности, способные легко всасываться и усваиваться организмом.

Доказано, что ассимиляция пищевых веществ осуществляется по трехзвенной схеме, основанной на разных типах пищеварения [6]:

Полостное пищеварение → мембранное пищеварение → всасывание

Полостным является пищеварение, происходящее в пищеварительных полостях – ротовой, желудочной, кишечной, удаленных от секреторных клеток (слюнные железы, поджелудочная железа), которые синтезируют пищеварительные ферменты. Этот вид пищеварения обеспечивает интенсивное начальное переваривание.

Мембранное (пристеночное) пищеварение осуществляется с помощью ферментов, локализованных на специальных структурах свободных поверхностей клеток (микроворсинках) в тонком кишечнике. Мембранное пищеварение осуществляет промежуточные и заключительные стадии гидролиза пищевых веществ, а также сопряжение конечных этапов переваривания и начальных этапов всасывания.

Всасывание продуктов гидролиза пищевых веществ происходит в разных отделах кишечника.

Процессы пищеварения, объединяющие механические, физико-химические и химические изменения пищевых веществ, осуществляются у человека специальными, связанными между собой органами, совокупность которых образует пищеварительную систему.

Основные отделы пищеварительного тракта: ротовая полость, пищевод, желудок и кишечник.

Последовательная обработка пищи происходит в результате ее постепенного перемещения по пищеварительному тракту через отделы (ротовую полость, пищевод, желудок, кишечник), структура и функции которых строго специализированы.

В ротовой полости пища подвергается механическому измельчению и частичной химической обработке: содержащаяся в слюне α -амилаза расщепляет сложные углеводы, в основном, крахмал, до декстринов.

В желудке пищевой комок смешивается с содержащим соляную кислоту и ферменты желудочным соком. Белки денатурируют и частично гидролизуются под действием пепсина, в желудке разрушается около 10% пептидных связей в молекуле белка. Под влиянием желудочной липазы происходит частичное расщепление высокодиспергированных жиров, которые содержатся в молоке и яичных желтках (у взрослых людей расщепление липидов в желудке не играет значительной роли).

В тонком кишечнике реализуются все три типа пищеварения: полостное, мембранное и внутриклеточное. В двенадцатиперстной кишке (верхней части тонкого кишечника) пища подвергается действию пищеварительных соков поджелудочной железы и слизистой оболочки самой кишки, а также желчных кислот, синтезируемых в печени. По мере поступления в двенадцатиперстную кишку поджелудочного сока, содержащего комплекс ферментов и гидрокарбонаты, в ней идет нейтрализация соляной кислоты и повышение pH. Протеолитические ферменты поджелудочного сока ускоряют гидролиз белков и полипептидов, липазы и фосфолипазы расщепляют эмульгированные желчными кислотами жиры и фосфолипиды, амилазы, заканчивают полное расщепление крахмала до мальтозы, нуклеазы расщепляют РНК и ДНК.

Заключительные этапы гидролиза пищевых веществ осуществляются мембранными ферментами, встроенными в липопротеиновую мембрану кишечных клеток:

- дисахариды расщепляются мембранными ферментами до моносахаридов, которые транспортируются через апикальную мембрану кишечных клеток и далее во внутреннюю среду организма, в систему циркуляции.

- триглицериды дорасщепляются под действием мембранной моноглицеридлипазы, образуящиеся моноглицериды и жирные кислоты всасываются.

- ди- и трипептиды гидролизуются как мембранными, так и внутриклеточными ферментами цитоплазмы.

Всасывание минеральных веществ, моносахаридов и частично жирорастворимых витаминов происходит уже в верхнем отделе тонкого кишечника. В среднем отделе всасываются водо- и жирорастворимые витамины, продукты гидролиза белков и жиров, в нижнем – происходит всасывание витамина D и солей желчных кислот.

В толстом кишечнике пищеварение практически отсутствует. Здесь всасываются вода (до 95%), соли, глюкоза, некоторые витамины и аминокислоты, продуцируемые кишечной микрофлорой. Толстый кишечник является местом обитания и интенсивного размножения различных микроорганизмов, потребляющих неперевариваемые остатки пищи, в результате чего образуются органические кислоты (молочная, пропионовая, масляная и др.), газы (диоксид углерода, метан, сероводород), а также некоторые ядовитые вещества (фенол, индол и др.), обезвреживающиеся в печени.

Ключевыми функциями кишечной микрофлоры являются:

- синтез витаминов группы В, фолиевой и пантотеновой кислот, витаминов Н и К;
- метаболизм желчных кислот с образованием, в отличие от патогенной микрофлоры, нетоксичных метаболитов;
- утилизация в качестве питательного субстрата некоторых токсичных для организма продуктов пищеварения;
- стимуляция иммунной реактивности организма.

Водорастворимые витамины всасываются из тонкого кишечника в кровь, где образуют комплексы с соответствующими белками, и в таком виде транспортируются к различным тканям. За исключением большей части триглицеридов, питательные вещества, поглощенные в кишечном тракте, поступают в печень, которая является основным центром распределения питательных веществ, где сахара, аминокислоты и некоторые липиды подвергаются дальнейшим превращениям и распределяются между разными органами и тканями.

Пищеварительные ферменты человека и их специфичность представлены в таблице 2.

Таблица 2 Ферментативное обеспечение процесса пищеварения

Ферменты	Оптимум pH	Соответствие видам пищи	
		Соответствует	Не соответствует
Протеолитические			
Пепсин	1,0–1,5	Большинство глобулярных белков	Кератины, эластины, коллагены
Трипсин	8,0	То же	
Химотрипсин	8,0	То же	
Аминопептидазы	8,0	Пептиды (гидролиз пептидной связи с N-конца)	
Карбоксипептидазы	8,0	Пептиды (гидролиз пептидной связи с C-конца)	
Дипептидазы	8,0	Дипептиды	
Переваривающие углеводы			

α-Амилаза	7,0	Крахмал, гликоген	Целлюлоза, гемицеллюлозы
Сахараза	6,5–7,5	Сахароза	
Мальтаза		Мальтоза	
Лактаза		Лактоза	
Липолитические			
Липазы		Жиры (триглицериды)	Воски
Фосфолипазы	8,0	Фосфолипиды	

В таблице представлены основные ферменты, участвующие в пищеварении. На их долю приходится большая часть нагрузки по расщеплению веществ. Однако в переваривании белков и пептидов участвует большее число фермента, так, в составе панкреатического сока содержатся коллагеназа и эластаза, а в кишечном соке - энтеропептидаза, расщепляющая гликопротеины.

1.2 Микронутриенты

1.2.1 Витамины и витаминоподобные вещества

Витамины – это низкомолекулярные органические вещества различной химической природы, требующиеся организму в малых количествах (от нескольких мкг до нескольких мг). Они участвуют практически во всех биохимических и физиологических процессах, составляющих в совокупности обмен веществ. В отличие от других факторов питания, витамины, как правило, не являются материалом для биосинтезов или источником энергии.

В зависимости от растворимости в неполярных органических растворителях или в водной среде различают жирорастворимые и водорастворимые витамины. Водорастворимые витамины: В₁, В₂, В₃, В₅ (РР), В₆, В₁₂, В_с, В₁₅, В_т, С, Р, Н. Жирорастворимые витамины: А, D, Е, К, Q, F. В классификации витаминов, помимо буквенного обозначения, обычно приводят основной биологический эффект, иногда с приставкой «анти», указывающей на способность данного витамина предотвращать или устранять развитие соответствующего заболевания; также приводится номенклатурное химическое название каждого витамина. Витамеры - близкие по химической структуре соединения, обладающие одинаковыми биологическими свойствами витамина [17].

Химическая природа витаминов разнообразна, они содержат различные функциональные группы, многие -- карбо- и гетероциклы. Витамины участвуют во множестве биохимических реакций, выполняя каталитическую функцию в составе активных центров большого количества разнообразных ферментов либо выступая информационными регуляторными посредниками, выполняя сигнальные функции экзогенных прогормонов и гормонов.

Особенно тесная связь существует между витаминами и ферментами: некоторые витамины являются участниками

ферментативных процессов в качестве активаторов (например, витамин С активирует папаин и катепсин), некоторые служат субстратом для действия ферментов или оказываются продуктами ферментативного превращения провитаминов (например, превращение в печени каротина в витамин А) наконец, витамины входят в качестве неотъемлемой составной части (кофермента) в молекулу самого фермента. Большая часть водорастворимых витаминов, попадая в живой организм, превращается в соответствующие коферменты – кофакторы ферментов разных классов. Из жирорастворимых витаминов К является коферментом микросомальных ферментов печени, осуществляющих γ-карбоксилирование глутаминовой кислоты в составе белковой цепи.

Таблица 3 Жирорастворимые витамины

Буквенное обозначение и химическое название	Источники витамина	Физиологическое действие витамина по отношению к человеку
А – ретинол	Провитамины А – каротины- в растительных продуктах; сливочное масло, желток яйца, печень животных, растительное масло	Обеспечивает остроту зрения (ретиная и опсин образуют светочувствительный белок родопсин), поддерживает нормальное состояние эпителиальных тканей, в том числе роговицы глаза, антиоксидант
Д – кальциферол	Рыбий жир, сливочное масло, желток яйца, печень животных, молоко, растительное масло	Регулирует фосфорно-кальциевый обмен, повышает всасывание кальция и фосфора из пищи
Е-токоферол	Растительное масло, семечки подсолнуха, , зеленые листовые овощи, хлеб с отрубями, орехи	Участвует в регуляции репродуктивной функции, антиоксидант - защищает клеточные мембраны и витамин А от окисления, способствует проявлению его активности; участвует в обмене веществ в мышцах; нормализует процессы клеточного дыхания, участвуя в переносе электронов
К (филлохинон)	Зеленые листовые овощи, брокколи, шпинат, плоды шиповника, листья крапивы, растительное масло	способствует синтезу компонентов свертывания крови, и положительно влияет на состояние оболочки кровеносных сосудов; участвует в тканевом дыхании (по структуре близок к витамину Q); участвует в посттрансляционной модификации белков

Q (убихинон).	В организме человека может синтезироваться из мевалоновой кислоты и продуктов обмена фенилаланина и тирозина	участвует в функционировании дыхательной цепи как ее обязательный компонент, принимает участие в окислительном фосфорилировании.
F (комплекс ненасыщенных жирных кислот).	Растительное масло, жир рыб	участвует в синтезе собственных жиров организма, а также в метаболизме холестерина; является источником синтеза простагландинов; стимулирует иммунную защиту организма; вместе с витамином D участвует в отложении кальция и фосфора в костной ткани.

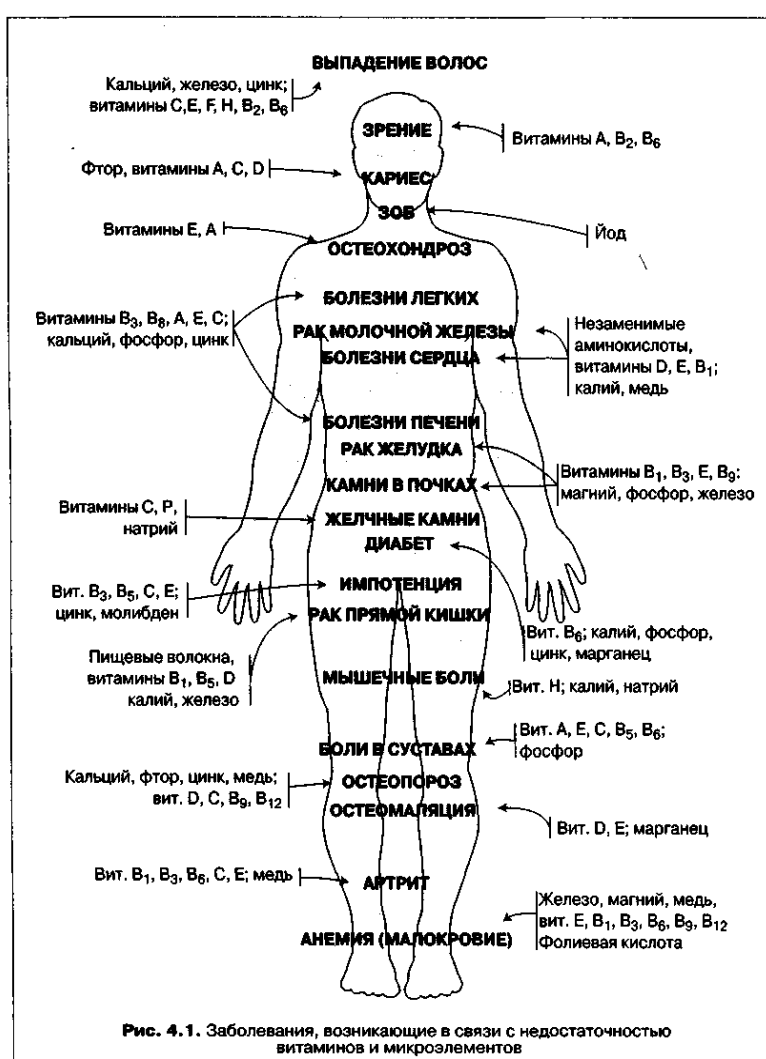


Рисунок 2. Заболевания, возникающие при недостаточности витаминов и микроэлементов (по Ю.Б. Филипповичу и др., 2005) [17]

Практика обогащения пищевых продуктов микронутриентами началась в США в конце 1920-х гг. с йодирования поваренной соли.

В 1938 г. приняты нормы обогащения муки тиамин, рибофлавином, ниацином и железом [9]. В странах СНГ также есть опыт обогащения пищевых продуктов массового потребления.

Термин «обогащение пищевых продуктов» следует использовать в сочетании с указанием конкретных обогащающих добавок, например, обогащение витаминами, обогащение микроэлементами, обогащение комплексом микронутриентов и т.п.

Для обозначения дополнительного введения витаминов часто применяется термин «витаминация».

Продукты питания в настоящее время обогащаются не только незаменимыми микронутриентами – витаминами и минеральными веществами, но и другими компонентами: пищевыми волокнами, ПНЖК, фосфолипидами, биологически активными соединениями природного происхождения (фитосоединениями), полезными видами живых молочнокислых бактерий, в частности, бифидобактериями (пробиотиками) и необходимыми для их усиленного размножения олигосахаридами как пребиотиками.

Контрольные вопросы

1. Что такое витамины?
2. По какому признаку классифицируются витамины?
3. Назовите основных представителей водорастворимых витаминов.
4. В чем заключается коферментная функция водорастворимых витаминов?

1.2.2 Минеральные соединения

Минеральные вещества выполняют в организме многообразные функции. Они не обладают энергетической ценностью, как белки, углеводы и жиры, однако без них нормальная жизнедеятельность невозможна. Они выполняют пластическую функцию, особенно велика их роль в построении костной ткани. Они участвуют в важнейших обменных процессах организма – водно-солевом, кислотно-щелочном. Многие ферментативные процессы в организме невозможны без участия тех или иных минеральных веществ.

Минеральные вещества обычно делят на две группы: макроэлементы (Ca, P, Mg, Na, K, Cl, S), содержащиеся в пище в относительно больших количествах, и микроэлементы (Fe, Zn, Cu, I, F и др.), концентрация которых невелика [6, 17].

Минеральные вещества в большинстве случаев составляют 0,7—1,5 % (в среднем 1 %) съедобной части пищевых продуктов.

На долю минеральных веществ приходится около 3% массы тела человека. Потребность в них, как и потребность в воде, зависит от возраста, пола, мышечной активности, условий окружающей среды. В

таблице 11 представлены данные о суточной потребности человека в минеральных веществах при умеренной физической нагрузке.

Таблица 4 Потребность взрослого человека в минеральных веществах

Элементы	Суточная потребность, мг	Элементы	Суточная потребность, мг
Кальций	800-1000	Цинк	10-15
Фосфор	1200	Марганец	5-10
Магний	400-500	Кобальт	0,1-0,2
Натрий	4000-5000	Селен	0,5
Калий	3000-5000	Медь	2
Хлор	5000-7000	Йод	0,1-0,2
Железо	10-18	Фтор	2-4

1.2.3 Пищевые добавки

Согласно определению ВОЗ, под пищевыми добавками понимают химические вещества и природные соединения, которые сами по себе не употребляются в пищу, а добавляются в нее для улучшения качества сырья и готовой продукции.

В настоящее время в пищевой промышленности применяется около 2 тыс. пищевых добавок. Разрешение на применение добавок выдается специализированной международной организацией – Объединенным комитетом экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам и контаминантам (ДЖЕКФА). В рамках Европейского сообщества действует аналогичная комиссия. Буква „Е" (Europe) – широко применяемая маркировка пищевых продуктов, информирующая потребителя о пищевых добавках. Она сопровождается индексом, который соответствует определенной пищевой добавке, поскольку часто названия добавок бывают длинными и труднопроизносимыми. В особых случаях после индекса может стоять величина типа 50 ррт, которая означает, что на 1 млн весовых (объемных) частей продукта приходится не более 50 частей пищевой добавки [6, 9].

Вопросами рассмотрения и утверждения уровня пищевых добавок для конкретных продуктов питания занимается специальная комиссия ФАО/ВОЗ по разработке стандартов на продовольственные товары – Комиссия «Кодекс алиментариус». Согласно системе «Кодекс алиментариус», классификация пищевых добавок производится по их назначению и выглядит следующим образом:

E100 – E182 – красители;

E200 и далее – консерванты;

E300 и далее – антиокислители (антиоксиданты);

E400 и далее – стабилизаторы консистенции;

E500 и далее – эмульгаторы;

E600 и далее – усилители вкуса и аромата;
E700 – E800 – запасные индексы для другой возможной информации;
E900 и далее – антифламинги, противопенные вещества;
E1000 – глазирующие агенты, подсластители, добавки, препятствующие слеживанию сахара, соли, для обработки муки, крахмала и т. д.

Контрольные вопросы

1. Классификация пищевых добавок.
2. Перечислите пищевые добавки, улучшающие технологические свойства продукта
3. Можно ли обойтись без применения пищевых добавок? Положительные и негативные стороны их применения.
4. В чем разница между красителями и цветокорректорами? Приведите конкретные примеры.
5. Приведите примеры многофункциональных пищевых добавок.
6. Механизмы действия добавок, применяемых для сохранения стабильности продуктов.
7. Перечислите вкусовые и ароматические вещества, относящиеся к пищевым добавкам.
8. В чем разница между понятиями «пищевая добавка» и БАД?

1.2.4 Антиалиментарные и чужеродные вещества в продуктах питания

Пищевые продукты представляют собой сложные многокомпонентные системы, состоящие из сотен химических соединений. Эти соединения можно условно разделить на три группы:

- вещества, имеющие алиментарное значение, т.е. необходимые организму нутриенты: белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные вещества.

- пищевые добавки, предшественники и продукты распада основных нутриентов, другие биологически активные вещества. Они носят условно неалиментарный характер. К этой группе относятся также соединения, которые являются естественными компонентами природных продуктов, но обладают антиалиментарными или токсическими свойствами.

- чужеродные потенциально опасные соединения антропогенного или природного происхождения. Согласно принятой терминологии, их называют контаминантами, ксенобиотиками [8, 9].

Возможность присутствия в продуктах питания антиалиментарных и токсичных веществ выдвигает проблему безопасности продуктов питания. На международном уровне проблемой безопасности пищевых продуктов занимается Комиссия „Кодекс алиментариус“, учрежденная FAO и ВОЗ. Комиссия разрабатывает единые международные стандарты на пищевые продукты. Одним из наиболее важных

направлений ее деятельности является установление безопасных уровней концентрации загрязняющих веществ в продуктах питания.

Антиалиментарные факторы питания

По мнению академика А. А. Покровского, к антиалиментарным факторам относят соединения, не обладающие общей токсичностью, но обладающие способностью избирательно ухудшать или блокировать усвоение нутриентов [8]. Этот термин распространяется только на вещества природного происхождения, являющиеся составными частями натуральных продуктов питания. Представители этой группы веществ рассматриваются как своеобразные антагонисты обычных пищевых веществ. В указанную группу входят антиферменты, антивитамины, деминерализующие вещества, другие соединения. К другим соединениям относят вещества, избыточное поступление которых может отрицательно влиять на здоровье человека.

Антиферменты - вещества белковой природы, блокирующие активность ферментов. Содержатся в сырых бобовых, яичном белке, пшенице, ячмене, других продуктах растительного и животного происхождения, не подвергшихся тепловой обработке. Изучено воздействие антиферментов на пищеварительные ферменты, в частности пепсин, трипсин, α -амилазу.

В настоящее время изучено несколько десятков природных ингибиторов протеиназ, их первичная структура и механизм действия.

Механизм действия этих антиалиментарных веществ заключается в образовании устойчивых фермент-ингибиторных комплексов и подавлении активности главных протеолитических ферментов поджелудочной железы: трипсина, химотрипсина и эластазы. Результатом блокировки ферментов является снижение усвоения белковых веществ рациона.

Особенностью ингибиторов растительного происхождения является относительно высокая термическая устойчивость, что не является характерным для белковых веществ. Нагревание сухих растительных продуктов, содержащих указанные ингибиторы, до 130° С или полчасовое кипячение не приводят к существенному снижению их ингибирующих свойств. Полное разрушение соевого ингибитора трипсина достигается 20-минутным автоклавированием при 115° С или кипячением соевых бобов в течение 2—3 ч.

Ингибиторы животного происхождения более чувствительны к тепловому воздействию. Вместе с тем потребление сырых яиц в большом количестве может оказать отрицательное влияние на усвоение белковой части рациона.

Антивитамины – это соединения различной природы, обладающие способностью уменьшать или полностью ликвидировать специфический эффект витаминов [6]. Действие антивитаминов реализуется с помощью двух механизмов:

- конкурентные взаимоотношения между витаминами и антивитаминами;
- модификация витаминов, уменьшающая их биологическую активность и приводящая к их разрушению.

В отношении аскорбиновой кислоты (витамина С) антивитаминами факторами являются окислительные ферменты – аскорбатоксидаза, полифенолксидазы и др. Сильное влияние оказывает фермент – аскорбатоксидаза, содержащийся в овощах, фруктах и ягодах. Он катализирует реакцию окисления аскорбиновой кислоты до дегидроаскорбиновой. В организме человека дегидроаскорбиновая кислота способна проявлять в полной мере биологическую активность витамина С, восстанавливаясь под воздействием глутатионредуктазы. Вне организма она характеризуется высокой степенью термолабильности – полностью разрушается при 10-минутном нагревании до 60° С в нейтральной среде, в щелочной среде при комнатной температуре. Содержание и активность аскорбатоксидазы в различных продуктах питания не одинаковы. Высокая активность обнаружена в огурцах и кабачках, наименьшая – в моркови, свекле, помидорах, черной смородине и т. д. Разложение аскорбиновой кислоты под воздействием аскорбатоксидазы и хлорофилла происходит наиболее активно при измельчении растительного сырья, когда нарушается целостность клетки и возникают благоприятные условия для взаимодействия фермента и субстрата. Смесь сырых размельченных овощей за 6 ч хранения теряет более половины аскорбиновой кислоты. После приготовления тыквенного сока 15 мин. достаточно для окисления половины аскорбиновой кислоты, 35 мин. – в соке капусты, 45 мин. – в соке кресс-салата и т. д. Поэтому рекомендуют пить соки непосредственно после их изготовления или потреблять овощи, фрукты и ягоды в натуральном виде, избегая их измельчения и приготовления различных салатов. Активность аскорбатоксидазы подавляется под влиянием флавоноидов, 1-3 минутном прогревании сырья при 100° С, что необходимо учитывать в технологии и приготовлении пищевых продуктов и кулинарных изделий.

Для тиамина (витамина В₁) антивитаминами факторами является тиаминаза, содержащаяся в сырой рыбе, вещества с Р-витаминным действием – биофлавоноиды, основными источниками которых служат кофе и чай. Разрушающее действие на витамин В₁ оказывает окситиамин, образующийся при длительном кипячении кислых ягод и фруктов.

Тиаминаза, в отличие от аскорбатоксидазы, действует внутри организма человека, поэтому может при определенных условиях создавать дефицит тиамина. Наибольшее количество тиаминазы обнаружено у пресноводных, в частности, у семейства карповых рыб, сельдевых, корюшковых.

Избыточное потребление сырых яиц приводит к дефициту биотина, так как в комплексе яичных белков содержится белок авидин, связывающий витамин и переводящий его в неусвояемое соединение. Тепловая обработка яиц приводит к денатурации белка и устраняет его антивитаминное действие.

Сохраняемость ретинола (витамина А) снижается под воздействием перегретых или гидрогенизированных жиров. Эти данные свидетельствуют о необходимости щадящей тепловой обработки жироемких продуктов, содержащих ретинол.

К факторам, снижающим усвоение минеральных веществ, относят щавелевую кислоту и ее соли оксалаты, фитин, танины, серусодержащие соединения крестоцветных культур и т. д.

Более изучено действие щавелевой кислоты. Продукты с высокой концентрацией щавелевой кислоты способны резко снижать утилизацию кальция путем образования нерастворимых в воде солей. Такое взаимодействие может служить причиной тяжелых отравлений за счет абсорбции кальция в тонком кишечнике. Установлено, что интоксикация щавелевой кислотой проявляется в большей степени на фоне дефицита витамина D. Известны случаи смертельных отравлений людей как от самой щавелевой кислоты, так и от избыточного потребления продуктов, содержащих ее в больших количествах [9]. Высокое содержание щавелевой кислоты найдено в следующих овощах (в среднем, мг/100 г): шпинат – 1000; ревень – 800; щавель – 500; красная свекла – 275. Фитин (инозитол-гексафосфорная кислота) благодаря своему химическому строению легко образует труднорастворимые комплексы с ионами кальция, магния, железа, цинка и меди. Этим объясняется его деминерализирующий эффект, способность уменьшать абсорбцию металлов в кишечнике. Достаточно большое количество фитина содержится в злаковых и бобовых: пшенице, фасоли, горохе, кукурузе. Высокий уровень в злаках не представляет особой опасности, так как содержащийся в зерне фермент способен расщеплять фитин. Отмечено, что декальцинирующий эффект фитина тем выше, чем меньше соотношение кальция и фосфора в продукте и ниже обеспеченность организма витамином D.

На усвояемость железа влияют танины чая, которые образуют с ним хелатные соединения, не всасывающиеся в тонком кишечнике. Такое воздействие дубильных веществ не распространяется на геминное железо мяса, рыбы и яичного желтка. Неблагоприятное влияние дубильных и балластных соединений на усвояемость железа тормозится аскорбиновой кислотой, цистеином, кальцием, фосфором, что указывает на необходимость их совместного использования в рационе. Кофеин, содержащийся в кофе, активизирует выделение из организма кальция, магния, натрия, ряда других элементов, увеличивая

тем самым потребность в них. Показано также ингибирующее действие серосодержащих соединений на усвоение йода.

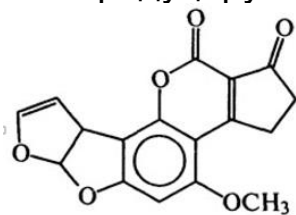
Компоненты природной пищи, неблагоприятно влияющие на организм

Лектины – группа гликопротеиновых веществ, содержащихся в бобовых, арахисе, проростках растений, икре рыб. Обладают способностью повышать проницаемость стенок кишечника для чужеродных веществ, нарушают всасывание нутриентов, вызывают склеивание эритроцитов (агглютинацию), оказывают ряд других неблагоприятных воздействий.

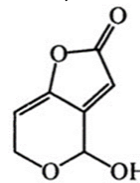
В косточках персиков, абрикосов, сливы, вишни содержится амигдалин - представитель цианогенных гликозидов. В процессе приготовления пищи или при длительном ее хранении специфические ферменты расщепляют амигдалин до ядовитого цианида – HCN, поэтому длительно хранить, например, варенье из вишни с косточками опасно. В картофеле, при определенных условиях созревания и хранения, образуется в большом количестве токсичный алколоид соланин. Пожелтевшие участки клубня указывают на его накопление. Соланин обладает антихолинэстеразной активностью. Употребление в пищу таких клубней нежелательно.

Наиболее опасные контаминанты и пути их попадания в пищевые продукты

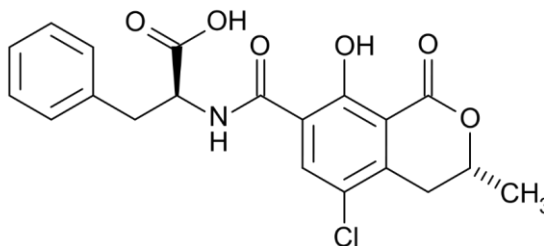
1. Токсины микроорганизмов – наиболее опасные природные загрязнители, которые распространены в растительном сырье. Микотоксины - низкомолекулярные вторичные метаболиты плесневых грибов, поражающих зерновые, арахис, подсолнечник, овощи, фрукты. Грибы рода *Aspergillus* продуцируют афлатоксины, охратоксины, патулин [9].



Афлатоксин В₁



Патулин



Охратоксин А

В орехах, особенно в арахисе, обнаруживаются афлатоксины, которые обладают высокой гепатотоксичностью. Патулин, как правило,

выявляется в продуктах переработки фруктов- соки, фруктовые пюре и джемы, что связано с нарушениями технологий и использованием нестандартного сырья. Для него обнаружены эмбриотоксичность, мутагенные и тератогенные свойства.

В 2013 году Комиссия „Кодекс алиментариус" приняла новую норму снижения содержания охратоксина А (проявляет канцерогенное, тератогенное, нефротоксическое действие) в какао.

Несоблюдение санитарных требований в технологии производства и хранения пищевых продуктов приводит к образованию микотоксинов и попаданию их в продукты

1. Элементы, оказывающие токсическое действие (тяжелые металлы). Примерами являются ртуть, кадмий, свинец. Наибольшую опасность составляют пары ртути и ее органические соединения. Способна проникать в организм через дыхательные пути, после чего концентрируется в мозге и приводит к нервно-психическим нарушениям, головокружениям, снижению памяти, расстройствам речи, в тяжелых случаях приводит к летальному исходу. Кадмий обладает способностью накапливаться в организме. Период полувыведения составляет 10-35 лет. Накапливается главным образом в почках, нарушая их работу и приводя к образованию камней, а также в трубчатых костях, которые деформируются и становятся хрупкими. Свинец, – поступивший при дыхании, в 10–100 раз токсичнее того, который поступает через желудок. Скапливается в костях. При попадании в мягкие ткани (мышцы, печень, почки, головной мозг, лимфатические узлы) вызывает заболевание - сатурнизм. Блокируя деятельность некоторых ферментов, свинец способен вызвать развитие анемии, поражение кроветворной системы, почек и мозга, снижение интеллекта (особенно у детей). Увеличение концентрации тяжёлых металлов в окружающей среде увеличивает число мутаций, передающихся по наследству.

Основной источник загрязнения - угольная, металлургическая и химическая промышленность.

2. Антибиотики чаще всего попадают в пищевые продукты из сырья животного происхождения. В животноводческом и птицеводческом сырье, а также в продуктах его переработки могут присутствовать следующие антибиотики тетрациклиновой группы (в молоке, молочных продуктах, яйцах, мясе, мясных продуктах), стрептомицин (в молоке, молочных продуктах, яйцах), левомицетин (в мясе, мясных продуктах, молоке, молочных продуктах, яйцах). Остаточные количества антибиотиков обнаруживаются в 15-26% продукции животноводства и птицеводства []. Антибиотики попадают в пищевые продукты в результате нарушений их применения в ветеринарной практике.

3. Пестициды как химические препараты для защиты сельскохозяйственных растений от вредителей, болезней и сорняков, а также для уничтожения паразитов сельскохозяйственных животных и

пр., являются веществами токсичными. В связи с этим они должны использоваться в минимальных количествах и лишь там, где не обойтись биологическими и другими безвредными средствами и после выполнения своей функции должны распадаться

Однако вследствие неконтрольного использования химических средств защиты растений они накапливаются в продовольственном сырье и пищевых продуктах. Особую опасность вызывает одновременное наличие нескольких пестицидов, уровень которых превышает ПДК.

4. Нитраты, нитриты, нитрозоамины. Опасны не сами нитраты, а образующиеся из них в организме человека нитриты. Они всасываются в кровь, взаимодействуют с гемоглобином, преобразуя его в метгемоглобин, который не способен переносить кислород к тканям. Это и приводит к кислородному голоданию органов и тканей человеческого организма, вызывая развитие, так называемой метгемоглобинемии. Дальнейшие превращения нитритов способствуют образованию канцерогенных нитрозаминов. Проблема нитратов и нитритов связана с нерациональным применением азотных удобрений и пестицидов. Нормирование нитратов, нитритов как пищевых добавок. Осуществляется в связи с их использованием в производстве некоторых продуктов питания. Основным источником поступления нитратов в организм человека являются продукты растительного происхождения, в частности овощи (82—92 %) (табл. 33). Основные поставщики нитритов – мясные продукты, на долю которых приходится 53—60 % от общего поступления нитритов в организм человека.

5. Диоксины и диоксиноподобные соединения – хлороорганические, особо опасные контаминанты, основными источниками которых являются предприятия, производящие хлорную продукцию. Диоксин и диоксиноподобные соединения обладают токсичностью, представляют реальную угрозу загрязнения пищевой продукции, включая питьевую воду.

Источниками загрязнения могут быть предприятия металлургической, целлюлозно-бумажной и нефтехимической промышленности. Наиболее опасный источник диоксинов – заводы, производящие хлорную продукцию, в том числе пестициды. При попадании в окружающую среду диоксины интенсивно накапливаются в почве, водоемах, активно мигрируют по пищевым цепям, особенно в ее жиросодержащих объектах.

В организм человека диоксины могут попасть с мясом, молочными продуктами и рыбой. Следует отметить способность диоксинов накапливаться в коровьем молоке, где их содержание в 40-200 раз выше, чем в тканях животного. Источниками диоксинов могут быть картофель, морковь, другие корнеплоды, так как основная часть диоксинов кумулируется в корневых системах растений.

6. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – образуются в результате природных и техногенных процессов.). В настоящее время идентифицировано более 200 канцерогенных представителей ПАУ. К наиболее активным канцерогенам относят, в первую очередь, бенз(а)пирен (БП). Канцерогенная активность реальных сочетаний ПАУ на 70—80 % обусловлена БП. Поэтому по присутствию в пищевых продуктах и других объектах БП можно судить об уровне их загрязнения ПАУ и степени онкогенной опасности для человека. Канцерогенные ПАУ образуются в природе путем абиогенных процессов. Ежегодно в биосферу поступают тысячи тонн БП природного происхождения. Еще больше за счет техногенных источников (промышленные предприятия, транспорт).

7. Радионуклиды – причиной загрязнения может быть небрежное обращение с природными и искусственными источниками.

Основными путями загрязнения продуктов питания и продовольственного сырья являются следующие:

- Использование неразрешенных красителей, консервантов, антиокислителей или их применение в повышенных дозах.

- Применение новых нетрадиционных технологий производства продуктов питания или отдельных пищевых веществ, в том числе полученных путем химического и микробиологического синтеза.

- Загрязнение сельскохозяйственных культур и продуктов животноводства пестицидами, используемыми для борьбы с вредителями растений и в ветеринарной практике для профилактики заболеваний животных.

- Нарушение гигиенических правил использования в растениеводстве удобрений, оросительных вод, твердых и жидких сточных вод, осадков очистных сооружений и т.д.

- Использование в животноводстве и птицеводстве неразрешенных кормовых добавок и т.д. в повышенных дозах.

- Миграция в продукты питания токсических веществ из пищевого оборудования, посуды, инвентаря, тары, упаковок, вследствие использования неразрешенных полимерных, резиновых и металлических материалов.

- Образование в пищевых продуктах эндогенных токсических соединений в процессе теплового воздействия, кипячения, жарения, облучения, других способов технологической обработки.

- Несоблюдение санитарных требований в технологии производства и хранения пищевых продуктов, что приводит к образованию бактериальных токсинов (микотоксины, ботулотоксины и др.).

- Поступление в продукты питания токсических веществ, в том числе радионуклидов, из окружающей среды- атмосферного воздуха, почвы, водоемов.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ МАКРОНУТРИЕНТОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

2.1 Обнаружение макронутриентов в растительных и животных продуктах

К макронутриентам относятся углеводы, белки, липиды. Как пищевые вещества они входят в продукты растительного и животного происхождения.

В форме запасных веществ макронутриенты сконцентрированы в значительных количествах в семенах, клубнях, корнеплодах.

Углеводы растительной клетки находятся в трех формах - мономерной (глюкоза, фруктоза и другие моносахариды), дисахаридной (сахароза, мальтоза и др.) и полисахаридной (крахмал, инулин, целлюлоза и др.).

Белки составляют основную часть протоплазмы растительных клеток. Однако значительное количество их относится к конституционным и ферментным белкам, образующим с другими соединениями сложные белки (липо-, нуклео-, металлопротеины и т. д.). Для обнаружения конституционных и ферментных белков клетки и ее органоидов существуют специальные методики. Запасные белки можно довольно легко экстрагировать из растительной ткани определенными растворителями. Так, альбумины растворимы в воде, глобулины - в нейтральных солях (10% сульфат аммония или хлорид натрия), проламины - в 70% спирте, глютелины - в слабых щелочах [5, 16].

Липиды - жиры и жироподобные вещества - имеются в любой растительной клетке. Фосфо- и гликолипиды выполняют очень важную структурную функцию, являясь, в частности, составной частью мембран клетки. Запасные жиры находятся в цитоплазме в основном в свободной форме, в виде капель. Жиры - самые высококалорийные вещества, поэтому они откладываются в семенах более чем у 80% растений. Их много также в плодах, корневищах, почках, коре деревьев и т.д.

Цель работы: обнаружение углеводов, белков и жиров в растительном материале.

Оборудование и реактивы - водяная баня, пробирки, стаканчики или колбочки на 100 мл, воронки, мерные цилиндры на 10 и 50 мл, стеклянные палочки, пипетки на 5 мл, фарфоровые ступки, выпарительные чашечки, штативы, скальпели, бумажные фильтры, этикетки для пробирок, резиновые колечки для прикрепления этикеток и связывания пробирок, пробиркодержатели; глюкоза, сахароза и сода в порошке (в бюксах); реактив Фелинга; 10 % раствор $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ или NaCl ; 10 % раствор NaOH ; 20 % раствор HCl ; раствор Люголя; 1% раствор CuSO_4 ; 5% раствор $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ в капельницах; бензин в пробирке.

Материал для исследования – пшеничная мука, горох, фасоль, клубни картофеля, корнеплоды моркови.

Ход работы

С помощью ступки с пестиком и терки для корнеплодов подготовить

- измельченные зерновки пшеницы на содержание моно - и дисахаров, крахмала, белков (альбумины, глобулины, серосодержащие).

- измельченные семена гороха или фасоли на содержание моно - и дисахаридов, крахмала, белков (альбумины, глобулины, серосодержащие).

- мезгу свеклы (желательно сахарной) на содержание моно – и дисахаридов, крахмала, белков (альбумины, глобулины, серусодержащие).

Обнаружение углеводов. Вначале следует вспомнить особенности качественных реакций на редуцирующие и нередуцирующие сахара. Для этого необходимо провести следующие реакции. В одну пробирку внести на конце скальпеля глюкозу, во вторую и третью - равное количество сахарозы и прилить по 3 мл воды. В третью пробирку добавить 2-3 капли 20% НС1, прокипятить 1 мин для гидролиза и избыток НС1 нейтрализовать содой до прекращения выделения пузырьков. Затем в каждую пробирку прилить по 1 мл реактива Фелинга и поместить их на кипящую водяную баню на 2-3 мин до образования осадка оксида меди (I) Cu_2O . Количество осадка оценить по 4-балльной шкале. Если оно максимально, а надосадочная жидкость не окрашена, то оценка наивысшая - 4 балла. Если надосадочная жидкость слегка голубоватого цвета, значит, глюкозы недостаточно для полного связывания реактива Фелинга, оценивается в соответствии с количеством осадка более низким баллом. Если осадок вообще не образуется и жидкость в пробирке интенсивно голубого цвета, значит содержание сахара близко к нулю.

Обнаружение моно- и дисахаридов в растительном материале. По пять граммов мелко нарезанных корнеплодов или измельченных семян поместить в колбочки объемом 100 мл, залить 20 мл воды и нагревать на кипящей водяной бане 5 мин, периодически взбалтывая. В результате происходит экстракция растворимых сахаров. Полученные вытяжки следует профильтровать через увлажненный складчатый фильтр в чистые пробирки, не взмучивая осадка. Из каждой вытяжки в две чистые сухие пробирки налить по 3 мл фильтрата (пробирки можно заранее откалибровать). В одной из них провести гидролиз дисахаридов, как указано выше, затем в каждую добавить равное объему фильтрата количество реактива Фелинга и прокипятить все пробирки на водяной бане 2-3 мин. После этого количество осадка оценить по 4-балльной системе.

Обнаружение крахмала. К растительной ткани, оставшейся после экстракции сахаров (мезга), добавить несколько капель раствора Люголя

и отметить интенсивность окраски по 4-балльной шкале.

Для **обнаружения белка** в два стаканчика или колбочки поместить по 5 г растертых семян и натертых на терке корнеплодов. В один стаканчик налить 30 мл 10% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ или NaCl, в другой - столько же воды. Тщательно перемешать и дать настояться в течение 15 мин. Затем через увлажненный складчатый фильтр отфильтровать в сухие пробирки надосадочную жидкость. Если фильтрат мутный, процедуру повторить. Количество его должно быть не менее 7-8 мл. При данном способе экстракции извлекаются в первом случае глобулины, во втором - альбумины, а также серусодержащие белки.

С целью выявления водорастворимого белка к 3 мл фильтрата добавляют 2 мл 20% NaOH и 2-3 капли раствора CuSO_4 (биуретовая реакция). При наличии белков в растворе он окрашивается в фиолетовый цвет. По интенсивности окраски раствора следует сделать вывод о наличии и примерном количестве альбуминов и глобулинов в материале. Оценку провести по 4-балльной шкале.

Обнаружение серусодержащих белков (наличие аминокислот - цистеина и цистина).

К 3 мл раствора белка добавить двойной объем 10 %-ного раствора NaOH и осторожно кипятить 2-3 мин. Затем внести несколько капель раствора ацетата свинца и продолжать нагревать до выпадения черного осадка. Отсутствие осадка указывает на отсутствие серусодержащих белков.

Обнаружение жиров осуществляют следующим образом: семянку подсолнечника надо предварительно высушить в сушильном шкафу, освободить от оболочки и растереть до порошкообразного состояния. Затем около 1 г семянки залить в пробирке 3-4 мл бензина, встряхнуть и, закрыв пробирку кусочком ваты, настоять в течение 30 мин на горячей водяной бане при 40-50°. Процедуру следует проводить в вытяжном шкафу. Полученный экстракт надо слить в фарфоровую чашечку и выпарить на водяной бане досуха. При наличии жиров они будут видны в виде капель на дне чашечки.

Результаты исследований занести в таблицу.

Таблица 5 Макронутриенты в продуктах

Объект исследования	Углеводы			Белки		Жир
	Моно-сахариды	Ди-сахариды	крахмал	Альбумины	Глобулины	
Пшеница						
Горох						
Морковь и т.д.						

« + » - есть, « - » - нет

На основе данных таблицы делают выводы

Контрольные вопросы

1. Дайте определение белкам, углеводам, липидам.
2. Какие реакции можно применить для обнаружения белков?
3. На каких свойствах белков основано разделение на альбумины и глобулины?
4. Какими химическими свойствами редуцирующие сахара отличаются от нередуцирующих?

2.2 Количественное определение белка в муке биуретовым методом [13]

Цель работы - определить массовую долю белка в выданном образце муки, используя биуретовый реактив и метод фотоэлектроколориметрии.

Оборудование и реактивы: фотоэлектроколориметр КФК-2; весы электронные; магнитная мешалка; центрифуга; конические колбы с пробками; мерные пробирки и пипетки; четыреххлористый углерод; биуретовый реактив (15 см³ 10 н раствора КОН и 25 г сегнетовой соли, взятой с погрешностью $\pm 0,001$ г растворяют примерно в 900 см³ дистиллированной воды в мерной колбе вместимостью 1000 см³. Медленно добавляют при постоянном перемешивании 30 см³ 4%-ного раствора CuSO₄ и доводят объем колбы до метки дистиллированной водой).

Материал для исследования: образцы муки (не менее 10) с массовой долей белка от 8 до 20%

Ход работы

Подготовка образцов муки для построения калибровочного графика и исследуемого образца проводится аналогично.

Взвесить 1,5 г муки с погрешностью $\pm 0,001$ г и поместить в сухую коническую колбу на 250 см³. Отмерить мерной пробиркой с ценой деления 0,1 см³ под тягой 2 см³ четыреххлористого углерода для извлечения жира из образца, добавить пипеткой 100 см³ биуретового реактива. Закрывать колбу пробкой, поставить на магнитную мешалку для перемешивания содержимого в течение 30 мин. Затем вытяжку центрифугируют в течение 10 мин с частотой вращения 4500 мин⁻¹. Прозрачный центрифугат помещают в кюветы фотоэлектроколориметра с толщиной слоя раствора 5 мм. Измерение оптической плотности растворов белка производят при длине волны 550 нм против воды.

По величине оптической плотности белковой вытяжки определяют содержание белка в навеске с помощью калибровочной кривой. Рассчитывают массовую долю белка в процентах на сухие вещества муки.

Построение калибровочной кривой. Для построения калибровочной кривой подбирают не менее 10 образцов муки с массовой долей белка в

диапазоне от 8 до 20%. Интервал в содержании белка образцов должен находиться в пределах не более 1%. Определяют оптическую плотность белковых вытяжек всех образцов. При построении калибровочной кривой на оси абсцисс откладывают величины оптической плотности, а на оси ординат - содержание белка в навеске в мг.

Контрольные вопросы

1. Каково среднее содержание белка в пшеничной муке?
2. Какие белки входят в состав пшеничной муки?
3. От каких факторов зависит содержание белков в муке?
4. Как готовится биуретовый реактив?

2.3 Гидролиз различных пищевых белков в присутствии ферментных препаратов

Цель работы – пронаблюдать действие различных ферментных препаратов на разные белки в модельных опытах.

Оборудование и реактивы: электронные весы; термостат; ступки; пробирки; мерные пробирки или цилиндры; аптечные ферментные препараты (панкреатин, фестал, мезим); 10 % раствор NaOH; 1% раствор CuSO₄.

Материал для исследования: вареный яичный белок, отварная фасоль, обезжиренный творог, вареное мясо.

Ферментные препараты, рекомендуемые для улучшения пищеварения, содержат протеолитические ферменты, аналогичные продуцируемым поджелудочной железой человека, в основном, трипсин и химотрипсин. Чтобы сравнить действие разных препаратов, используют один и тот же белок, например, яичный (опыт 1). И наоборот, чтобы изучить активность действия конкретного ферментного препарата, используют разные белки (опыт 2). Контроль за ходом гидролиза осуществляется с помощью биуретовой реакции, выполняемой через определенные промежутки времени.

Опыт 1. Сравнительная активность ферментных препаратов в реакции гидролиза яичного белка.

Приготовление препарата: две таблетки (драже) растирают в ступке, постепенно добавляют порциями 10 мл воды. Количественно переносят в мерную колбу на 100 мл, доводят до метки водой, перемешивают. Перед использованием взбалтывают.

В три пробирки помещают по 2 г вареного яичного белка, добавляют по 5 мл растворенного ферментного препарата, в одну пробирку-панкреатин, в другую – фестал, в третью – мезим. Перемешивают содержимое и из каждой пробирки сразу же отбирают по 0,5 мл раствора в три другие пробирки для контрольной биуретовой реакции.

Пробирки помещают в термостат при 37⁰-40⁰ С. Отбирают по 0,5 мл через 20 и 40 минут, выполняют биуретовую реакцию. Сравнивают

окраску биуретовой реакции до опыта, через 20 и 40 минут. Чем более красной становится окраска, тем глубже произошло расщепление белка.

Результаты заносят в таблицу, делают вывод об эффективности ферментного препарата по отношению к данному белку.

Таблица 6 Активность ферментных препаратов в реакции гидролиза яичного белка

№ пробирки	Субстрат	Ферментный препарат	Биуретовая реакция, окраска		
			До опыта	Через 20 минут	Через 40 минут

Опыт 2. Сравнительная активность ферментного препарата в реакции гидролиза различных белков.

В четыре пробирки помещают по 2 г разных пищевых белков. Затем в каждую пробирку добавляют по 5 мл одного и того же ферментного препарата. Ход опыта аналогичен предыдущему.

Результаты заносят в таблицу, делают вывод об эффективности ферментного препарата по отношению к разным белкам.

Контрольные вопросы

1. Где в организме человека вырабатываются трипсин и химотрипсин?
2. Какие из исследованных белков относятся к полноценным?
3. Что подразумевается под биологической ценностью белка?
4. Какие ферменты кроме протеолитических входят в состав ферментных препаратов?

2.4 Определение содержания общих и редуцирующих углеводов колориметрическим методом

Метод основан на колориметрировании избытка щелочного раствора $K_3[Fe(CN)_6]$ после реакции с редуцирующими сахарами в исследуемом материале [2, 4]. При этом $K_3[Fe(CN)_6]$ восстанавливается до $K_4[Fe(CN)_6]$, что ведет к ослаблению окраски, так как раствор $K_3[Fe(CN)_6]$ окрашен значительно интенсивнее, чем раствор $K_4[Fe(CN)_6]$ [2, 7].

Оборудование и реактивы – спектрофотометр КФК-ЗКМ, весы электронные аналитические; баня водяная; колба мерная на 1л; пипетки на 25 см³; пипетки градуированные на 10 см³; бюретка; колбы конические на 100 см³; стаканы химические;

глюкоза, сахароза; NaCl; 2,0 М раствор $K_3[Fe(CN)_6]$; 1,25М раствор NaOH (или KOH); 1М раствор HCl; метиленовый голубой; 0,5 М раствор ZnSO₄.

Материал для исследования: растительные продукты, БАД.

Приготовление растворов

Приготовление раствора $K_3[Fe(CN)_6]$. Взвешивают 8 г $K_3[Fe(CN)_6]$ и 20 г NaOH. Отдельно растворяют в небольшом количестве дистиллированной воды. Затем оба раствора сливают в мерную колбу вместимостью 1 л и доводят до метки дистиллированной водой. Раствор готов к использованию через сутки. Раствор можно хранить в склянке из темного стекла в течение 2 мес.

Приготовление стандартного раствора глюкозы. 1,6 г безводной глюкозы взвешивают с точностью до 0,0002 г и растворяют в мерной колбе вместимостью 1 л. Предварительно глюкозу выдерживают в эксикаторе над свежeproкаленным хлоридом кальция в течение 3 суток. После растворения навески раствор в колбе доводят до метки.

Построение градуировочного графика

В 6 конических колб вместимостью 100 см³ вносят пипеткой по 25 см³ щелочного раствора $K_3[Fe(CN)_6]$ и по 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5 см³ стандартного раствора глюкозы. Из бюретки соответственно приливают 9,0; 8,5; 8,0; 7,5; 7,0 см³ дистиллированной воды, тем самым доводят объем жидкости в каждой колбе до 41 см³. Содержимое каждой колбы нагревают до кипения за 3 мин и кипятят в течение 1 мин, закрыв часовым стеклом. Затем охлаждают и измеряют оптическую плотность на КФК со светофильтром, имеющим $\lambda_{эф} = 440$ нм (синий светофильтр). Раствором сравнения служит дистиллированная вода. Оптическую плотность определяют в каждом растворе не менее трех раз и из полученных данных берут среднее арифметическое значение. Строят график зависимости величины оптической плотности от концентрации глюкозы в растворе. Полученный график используют для определения содержания общего сахара, восстанавливающих сахаров и сахарозы.

Приготовление исследуемого раствора

Объект исследования тщательно измельчают в ступке. Затем готовят водную вытяжку объекта исследования. Массу навески М в граммах рассчитывают по формуле:

$$M = \frac{C \cdot V}{P}, \text{ где}$$

V – вместимость колбы, м³;

P – предполагаемое содержание общего сахара в объекте исследования, %;

C – оптимальная для данного метода концентрация сахаров в водной вытяжке на 100 см³ (принимают равной 0,16 г).

Растворение навески и осаждение нес сахаров. Образец измельченного исследуемого БАД взвешивают с погрешностью не более 0,01 г из такого расчета, чтобы в 100 см³ полученного раствора содержалось 0,3—0,4 г редуцирующих веществ. Массу навески М в

граммах вычисляют по формуле:

$$M = \frac{C \cdot V}{P}, \text{ где}$$

C – оптимальное содержание редуцирующих веществ в 100 см³ раствора навески, г;

V – вместимость мерной колбы, см³;

P – предполагаемая массовая доля редуцирующих веществ в исследуемом изделии, %.

Навеску растворяют в стакане в дистиллированной воде, нагретой до 60—70 °С. Если БАД растворяется без остатка, то полученный в стакане раствор охлаждают и переносят в мерную колбу вместимостью 250 см³, доводят объем раствора до метки дистиллированной водой и хорошо перемешивают. Если БАД в своем составе имеет вещества, нерастворимые в воде (мешающие несахара – белки, жиры, пектины, крахмал и т.д.), то навеску в стакане переносят в мерную колбу вместимостью 250 см³, смывая нерастворимые частицы в колбу дистиллированной водой примерно до половины объема колбы. Органические кислоты, содержащиеся в навеске, нейтрализуют раствором карбоната натрия до pH 7,0, применяя для контроля универсальную индикаторную или лакмусовую бумагу. Колбу помещают в водяную баню, нагретую до 60°С, при этой температуре, временами взбалтывая, выдерживают в течение 15 мин. Охладив раствор до комнатной температуры, осаждают мешающие несахара, прибавляя к раствору в колбе 10 см³ 1М раствора ZnSO₄, если масса навески была менее 5 г, и 15 см³, если масса навески была более 5 г, и такой объем 1М раствора гидроксида натрия, который установлен отдельным опытом при титровании соответствующего объема раствора сульфата цинка с фенолфталеином.

Содержимое колбы взбалтывают, доводят дистиллированной водой до метки, перемешивают и фильтруют в сухую колбу, которую предварительно ополаскивают 1—2 раза небольшой порцией фильтрата.

При анализе окрашенных БАД (сокосодержащих и т. п.) необходимо связать красящие вещества и нейтрализовать органические кислоты раствором 1М NaOH или (KOH) и связать дубильные вещества ацетатом свинца. Для этого добавляют к пробе по капле раствор карбоната натрия или 1М NaOH до слабокислой или нейтральной реакции и 30 %-ный раствор ацетата свинца. После тщательного перемешивания и отстаивания добавляют по каплям раствор сульфата натрия до прекращения образования осадка, для связывания избытка ацетата свинца. Доводят водой до метки, отстаивают и фильтруют.

Ход работы

Определение восстанавливающих сахаров

В коническую колбу вместимостью 100-150 см³ вносят 10 см³

раствора пробы, 6 см³ дистиллированной воды и затем 25 см³ щелочного раствора K₃[Fe(CN)₆]. Колбу нагревают до кипения за 3 мин, кипятят 1 мин, охлаждают и измеряют оптическую плотность при λ = 440 нм. Раствор сравнения – дистиллированная вода. Если оптическая плотность раствора не попадает в интервал 0,3—0,6, необходимо взять меньшую аликвоту пробы или поменять разведение, сохраняя постоянный объем жидкости в реакционной колбе, равным 41 см³. Результаты вычисляют, пользуясь градуировочным графиком и ниже приведенной формулой.

Определение общего сахара

Для определения общего сахара проводят гидролиз сахарозы. В реакционную коническую колбу вместимостью 100-150 см³ отмеривают пипеткой 10 см³ приготовленной вытяжки объекта и 4 см³ 1М раствора HCl. Колбу ставят на электроплитку, жидкость доводят до кипения и кипятят 1 мин, охлаждают до комнатной температуры. Затем в колбу вносят 2 см³ 2М раствора NaOH для нейтрализации кислоты и затем 25 см³ щелочного раствора K₄[Fe(CN)₆]. Содержимое колбы доводят до кипения и кипятят 1 мин. После охлаждения заполняют полученным раствором кювету и определяют оптическую плотность так же, как и при снятии градуировочного графика. Так как при значении оптической плотности в интервале 0,3-0,6 получаются более точные результаты, то при других значениях оптической плотности анализ повторяют, соответственно изменив объем вводимой водной вытяжки объекта исследования, добавив в воду так, чтобы общий объем оставался равным 10 см³.

Расчет содержания сахара

Содержание сахара X_{рс} (в %), выраженное в глюкозе, вычисляют по формуле:

$$X_{рс} = \frac{M \cdot V \cdot 100}{V_1 \cdot m}, \text{ где}$$

M – количество глюкозы, найденное по градуировочному графику, мг;

V – объем исследуемого раствора, приготовленного из навески, см³;

*V*₁ – объем раствора, взятый для реакции с K₄[Fe(CN)₆], см³;

m – масса навески объекта исследования, мг.

Для определения содержания общего сахара, выраженного в сахарозе, результат, полученный по формуле, умножают на 0,95. Если калибровку проводят с использованием раствора гидролизованной сахарозы, результат сразу выражают в % сахарозы. Для расчета содержания сахарозы из данных анализа общего сахара, выраженного в глюкозе, вычитают результат анализа содержания восстанавливающих сахаров и разницу умножают на коэффициент 0,95.

Вычисления проводят до второго десятичного знака. За результат

измерения принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений (X_1) и выражают целым числом с одним десятичным знаком.

2.5 Определение содержания пектина в растительном материале

Цель работы: количественное определение пектина в растительном материале

Оборудование и реактивы – водяная баня, колбы на 250 мл, воронка Бюхнера, центрифуга, весы; HCl конц., этанол, 5% AgNO₃

Материал для исследования: свежеприготовленные и консервированные фруктовые пюре, образцы БАД.

Ход работы

Образец измельчают, взвешивают около от 1 до 5 г (в зависимости от того, сколько содержится пектина в образце), переносят в стеклянную колбу, заливают кипящей водой, в которую добавлена концентрированная соляная кислота из расчёта 0,8 см³ на 250 см³ дистиллированной воды.

Смесь нагревают при перемешивании в течение 30 мин при 95-100 °С. Охлаждают до температуры ниже 25 °С, чтобы свести к минимуму тепловое разрушение пектина, и фильтруют на воронке Бюхнера через капроновую ткань с отсасыванием. Если смесь плохо фильтруется, её центрифугируют при 5000 об/мин в течение 30 мин. Экстракцию проводят дважды, экстракты и промывную воду объединяют, измеряют количество и к охлаждённому раствору пектина прибавляют 1,5 объёма этанола (можно использовать изопропиловый спирт или ацетон), содержащего 2 см³ концентрированной соляной кислоты (уд. вес 1,19) на 1 л. Смесь перемешивают вручную медленно и тщательно и оставляют стоять на 30 мин с тем, чтобы пектин всплыл на поверхность.

Осадок пектина отделяют центрифугированием, промывают спиртом до тех пор, пока реакция с нитратом серебра на ион-хлорид в промывных растворах будет отрицательной. Осадок сушат в термостате при 60 °С до постоянного веса.

Содержание пектина определяют гравиметрически.

Ошибка метода 5 %. Метод не пригоден для БАД, содержащих большие количества (более 30 %) сахарозы

2.6 Влияние пищевых волокон на переваривание крахмала

Цель работы: исследование влияния метилцеллюлозы (МЦ) на скорость гидролиза крахмала в лабораторных условиях, моделирующих его переваривание в организме человека.

Принцип работы основан на способности крахмала давать синее окрашивание с йодом. При переваривании крахмала образуются декстрины красно-бурого цвета.

Оборудование и реактивы: штатив с пробирками одинакового диаметра с корковыми пробками; пипетка градуированные на 1 мл, на 5-10 мл (3 шт.); капельница; крахмал, 1 %-й раствор; панкреатин, 1%-й раствор в 0.1 н NaHCO_3 ; йод, 0.002 н. раствор (готовится перед опытом путем разбавления водой 0.1 н. раствора в 50 раз); HCl , 10 %-й раствор.

Материал для исследования: метилцеллюлоза высоковязкая, 1,5 %-й раствор (или взвесь других пищевых волокон); для приготовления раствора метилцеллюлозы 1,5 г МЦ заливают 50 мл кипящей воды и оставляют на несколько минут для набухания, время от времени помешивая. Затем добавляют 50 мл ледяной воды, хорошо перемешивают и помещают в холодильник при 0-4°C.

Ход работы

В три пробирки (№ 1, 2, 3) наливают по 1 мл крахмала, затем в пробирки № 1 и № 2 добавляют по 1 мл воды, в пробирку № 3 - 1 мл МЦ (опытная проба). В каждую пробирку приливают точно по 2 капли сильно разбавленного раствора йода (не прекращает действие амилазы).

В две пробирки: № 2 и № 3 (опытную) приливают по 0,2 мл раствора панкреатина, начиная с опытной пробы. Схема заполнения пробирок показана в таблице. Все пробирки закрывают пробками и оставляют при комнатной температуре.

Наблюдают за скоростью изменения синей окраски в пробирках № 2 и № 3 с панкреатином, что свидетельствует о расщеплении крахмала (пробирка № 1 без панкреатина служит контролем).

Можно измерить разницу в скорости изменения окраски в пробирках № 1 (контроль) и № 2 количественно, отметив по секундомеру, когда это наиболее четко проявится в пробирке № 2 (путем сопоставления с цветом пробирки № 1, куда панкреатин не добавляли).

Затем приливают в пробирку № 2 несколько капель (2-3 капли) соляной кислоты для прекращения действия фермента и определяют, за какой промежуток времени окраска с йодом в опытной пробирке № 3 достигает той, которую имеет раствор в пробирке № 2, куда была прилита кислота.

Примечание. Если панкреатин очень активен и после его добавления синяя окраска с йодом сразу исчезает, заранее подбирают разбавление источника фермента, чтобы четкое изменение цвета в пробе без МЦ происходило в течение 1-1.5 мин.

Таблица 7 Схема опыта

Номера пробирок →	1	2	3
Добавляемые реактивы ↓			
Крахмал	1 мл	1 мл	1 мл
Вода / МЦ	1 мл воды	1 мл воды	1 мл МЦ
Раствор иода	2 кап	2 кап	2 кап
Раствор панкреатина		0,2 мл	0,2 мл
Время, мин (от начала опыта до исчезновения синей окраски)			

Делают выводы по работе.

Контрольные вопросы:

1. Какие процессы называют протеолитическими, амилалитическими и липолитическими?
2. Какие макронутриенты способны денатурировать? Механизм денатурации.
3. Какие компоненты пищи участвуют в реакции Майяра?
4. Какую роль играет степень гидролиза макронутриентов в изменении пищевой ценности сырья?
5. Какое влияние на качество продуктов оказывает процесс карамелизации?

2.7 Определение аналитических чисел липидов

Цель работы – определить качество масел на основании определения кислотного, иодного и перекисного чисел жира

Опыт 1. Определение кислотного числа [16]

Кислотное число – величина, равная массе КОН, выраженной в мг, которая необходима для нейтрализации суммы свободных жирных кислот и других, нейтрализуемых щелочью сопутствующих триглицеридам веществ, содержащихся в 1 г масла. Выполняется в соответствии с ГОСТ 5476-80.

Оборудование: весы аналитические, водяная баня, колбы конические вместимостью 250 мл, бюретка или микробюретка.

Реактивы и растворы: титрованный раствор КОН: $C(\text{KOH}) = 0,1$ моль/л, этиловый спирт, диэтиловый эфир, 1 %-ный спиртовой раствор фенолфталеина.

Материал для исследования: образцы растительных масел

Ход работы

Из двух частей эфира и одной части спирта готовят спиртоэфирную смесь, добавляют 5 капель фенолфталеина на 50 мл смеси и нейтрализуют 0,1н раствором КОН до едва заметной розовой окраски.

В колбу для титрования отвешивают 3-5 г светлого или рафинированного масла, приливают 50 мл подготовленной смеси растворителей и взбалтывают. Если масло не растворяется, его нагревают на водяной бане, а затем охлаждают примерно до 20 °С.

Полученный раствор масла при постоянном взбалтывании быстро титруют 0,1н раствором КОН до слабо-розовой окраски, устойчивой в течение 30 с. Результаты анализа рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{V \cdot k \cdot 5,611}{G}, \text{ где}$$

V – объем 0,1 н раствора КОН, пошедшее на титрование, мл;

k- коэффициент пересчета на точно 0,1 н. раствор КОН;

G – навеска масла, г.

Примечания.

1. Спиртоэфирная смесь может быть заменена на спирто-хлороформную (1:1). Однако в этом случае для анализа следует использовать спиртовой 0,1н. раствор КОН.

2. При титровании 0,1н. раствором КОН количество спирта, применяемого в смеси с эфиром или хлороформом, должно не менее, чем в 5 раз превышать объем израсходованного раствора КОН (чтобы избежать гидролиз раствора мыла).

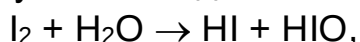
3. Если кислотное число свыше 6 мг КОН/г, то для анализа берут 1-2 г масла и растворяют в 40 мл смеси.

4. При кислотном числе менее 2 мг КОН/г титрование ведут из микробюретки.

5. При определении кислотного числа темных масел в качестве индикатора используют 1%-ный спиртовой раствор тимолфталеина и титрование ведут до изменения окраски от желтой или красноватой до зеленовато-бурой или слабо-синей.

Опыт 2. Определение иодного числа [16]

Метод основан на действии иодноватистой кислоты на непредельные жирные кислоты. Из спиртового раствора иода в присутствии воды она образуется по уравнению:



Избыточный иод оттитровывают 0,1н раствором $Na_2S_2O_3$.

Оборудование: водяная баня, нагревательный прибор, термометр с пределом измерения 0-100 °С, стаканы вместимостью 50 мл, колбы конические с пришлифованной пробкой вместимостью 250 мл, мерные цилиндры вместимостью 25, 250 мл, пипетки.

Реактивы и растворы: иода 0,2н спиртовой раствор; спирт этиловый 95%; тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1н раствор; вода дистиллированная.

Ход работы

Навеску масла не более 0,10-0,15 г переносят в колбу с пришлифованной пробкой и растворяют в 15 мл 95 %-ного спирта на водяной бане при температуре 50-60 °С. После растворения колбу охлаждают до комнатной температуры, приливают 20 мл 0,2н. спиртового раствора иода и 200 мл дистиллированной воды (температура воды 30 °С). Колбу закрывают пробкой, энергично встряхивают, хорошо перемешивают и оставляют на 5 мин. Избыток иода оттитровывают 0,1н раствором тиосульфата.

Иодное число (**X**) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{(V - V_1) \cdot k \cdot 0,01269 \cdot 100}{g}, \text{ где}$$

V – объем 0,1н раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование контрольной пробы, мл;

V₁ - объем 0,1н раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование анализируемой пробы, мл;

k – коэффициент пересчета на точно 0,1н тиосульфата натрия;

0,01269 – количество граммов иода, соответствующее 1 мл 0,1н. раствора тиосульфата натрия;

g – масса навески, г.

Опыт 3. Определение перекисного числа.

Перекисное число показывает количество (ммоль) активного кислорода, содержащегося в 1 кг анализируемого масла. Выполняется в соответствии с ГОСТ 26593-85.

Оборудование: весы аналитические, колбы конические вместимостью 250 мл, бюретка или микробюретка.

Реактивы и растворы: 50 %-ный раствор KI; 0,005 М раствор тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; 0,5 %-ный раствор крахмала; ледяная уксусная кислота, хлороформ.

Ход работы

В колбу для титрования отвешивают 1-5 г масла, добавляют 10 мл хлороформа и быстро растворяют пробу. Затем приливают 15 мл уксусной кислоты и 1 мл раствора иодистого калия, после чего колбу сразу же закрывают, перемешивают содержимое и на 5 мин ставят в темное место. После этого добавляют 75 мл воды, пять капель раствора крахмала, перемешивают и титруют выделившийся иод раствором тиосульфата до обесцвечивания.

Для каждой анализируемой пробы выполняют два измерения и за результат принимают среднее арифметическое. Параллельно с основным проводят контрольное измерение.

Перекисное число рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{(V_1 - V_0) \cdot C \cdot 1000}{m}, \text{ ммоль/кг, где}$$

V_0 и V_1 – объемы раствора тиосульфата натрия, пошедшие на титрование при контрольном измерении и анализе пробы соответственно, мл;

C - концентрация раствора тиосульфата натрия, моль/л;

m - масса анализируемой пробы, г.

Примечание:

1. Для анализа может быть использован только раствор тиосульфата натрия с точной концентрацией. Стандартизация проводится по дихромату калия классическим методом.

2. Если перекисное число менее 6 ммоль/кг, можно использовать более разбавленный раствор тиосульфата натрия.

Контрольные вопросы:

1. Какие показатели характеризуют жирнокислотный состав масла?
2. Какое аналитическое число характеризует присутствие свободных жирных кислот в масле?
3. Какое аналитическое число свидетельствует о наличии ненасыщенных жирных кислот в масле?
4. По каким числовым показателям можно установить степень порчи жира?
5. Каким образом можно замедлить окисление жиров?

3 ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОНУТРИЕНТОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

3.1 Количественное определение витамина С в овощах и фруктах методом иодометрического титрования [5, 16]

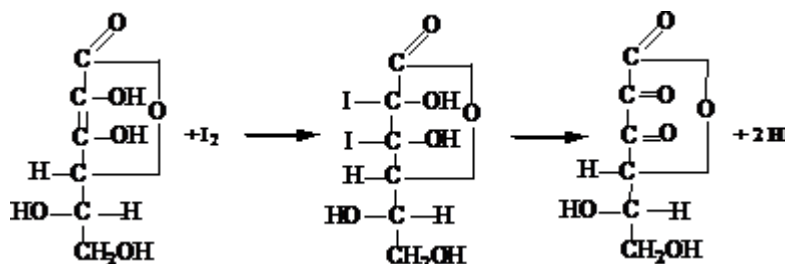
Цель работы – освоить методику количественного определения аскорбиновой кислоты в пищевых продуктах, проследить за изменением содержания аскорбиновой кислоты при нагревании и в присутствии аскорбатоксидазы.

Оборудование и реактивы: Водяная баня, пластмассовая тёрка, чашка Петри, стаканы, колбы для титрования, бюретка, воронка стеклянная, ступка.

2% р-р соляной кислоты; 0,003 н I_2 ; 0,5% крахмальный клейстер

Материал для исследования - картофель, капуста, лук, различные фрукты

Аскорбиновая кислота является сильным восстановителем и может быть определена иодометрически при определенном значении рН раствора (например рН = 7). При титровании иодом аскорбиновая кислота окисляется, образуя дегидроаскорбиновую кислоту.



Опыт 1. Определение витамина С в продукте

2 г растительного продукта (и др.). Натереть на терке в чашке Петри или мелко нарезать и растереть в ступке с небольшим количеством песка. Затем, если измельчили на терке, собрать массу из чашки Петри в стаканчик, если в ступке – прямо в ступку добавить 10 мл 2% -го раствора соляной кислоты. Хорошо перемешанную массу отфильтровать через стеклянную воронку с ватой в коническую колбу на 50-100 мл. Массу на фильтрате промыть несколькими каплями воды. В фильтрат добавить 1 мл 0,5% -го раствора крахмала и титровать рабочим раствором 0,003 н. I_2 до появления синего окрашивания.

При расчете содержания витамина С в продукте использовать формулу определения массы при помощи титра по определяемому веществу:

$$M = \frac{n \cdot \Delta}{1000} \cdot V \text{ (г)}, \text{ где}$$

Н– молярная концентрация эквивалента иода;

Э - молярная масса эквивалента аскорбиновой кислоты в г, равная в данном случае 88г;

V - объем пошедшего на титрование иода, в мл.

Для пересчета на содержание витамина С в 100 г продукта использовать формулу

$$X = \frac{M \times 1000}{2} \text{ (г)}.$$

Опыт 2. Определение содержания витамина С в вытяжке из растительного продукта после нагревания

Повторяют операции опыта а), используя удвоенную массу продукта, до получения фильтрата. Фильтрат делят на две порции. Одну порцию оставляют при комнатной температуре, другую помещают в водяную баню при 40°C (60°C, 80°C) на 20 минут. Через 20 минут охлаждают под струей холодной воды и определяют содержание витамина С в обеих пробах.

Опыт 3. Определение содержания витамина С в вытяжке из растительного продукта после добавления вытяжки аскорбатоксидазы

В качестве источника аскорбатоксидазы используют свежие огурцы. Из литературных данных известно, что в огурцах и кабачках содержится большое количество аскорбатоксидазы.

Ферментная вытяжку готовят из свежих огурцов, которые измельчают на пластмассовой терке и заливают дистиллированной водой. Настаивают 10 минут. Затем по 2-5 мл добавляют к растворам с известным содержанием аскорбиновой кислоты (один раствор оставить для контроля). Выдерживают 20 минут и определяют содержание витамина С.

Делают выводы по всем опытам.

3.2 Анализ мясных полуфабрикатов с определением степени свежести

Цель работы – научиться определять степень свежести мясных полуфабрикатов с помощью специфических реакций

В лабораториях при пищевых производствах степень свежести и видовую принадлежность мяса проводят при помощи люминесцентного анализа [13].

Метод основан на люминесценции некоторых веществ при освещении их ультрафиолетовыми лучами в полной темноте. Показатели люминесценции для определения видовой принадлежности мяса приведены в таблице 8.

Таблица 8 Определение видовой принадлежности мяса по цвету люминесценции

<i>Вид мяса</i>	<i>Цвет люминесценции</i>
Говядина	Темно-красный или красновато-фиолетовый с бархатистым оттенком
Баранина	Темно-коричневый
Свинина	Розовый с коричневым оттенком
Телятина	Светло-коричневый
Конина	Темно-коричневый с ржавым оттенком
Кости и соединительно-тканые образования (сухожилия, хрящи)	Светло-голубой
Жировые ткани	Светло-желтый

Если мясо находится в начальной стадии порчи, то люминесценция изменяется - на общем фоне свечения появляются специфические светящиеся точки.

Опыт 1. Реакция с сульфатом меди (II)

Оборудование и реактивы: водяная баня, штатив, воронка с ватой, коническая колба на 150-200 мл, химический стакан, мерный цилиндр на 100 мл, градуированная пипетка, пробирка, фильтровальная бумага; 50%-ный раствор $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Материал для исследования: образцы фарша

Ход работы

Фарш тщательно перемешивают, 20 г фарша помещают в коническую колбу вместимостью 150-200 мл, заливают 60 мл дистиллированной воды и тщательно перемешивают.

Содержимое колбы закрывают часовым стеклом и ставят на кипящую водяную баню на 10 минут. Полученный горячий бульон фильтруют через плотный слой ваты толщиной не менее 0,5 см в пробирку, помещенную в стакан с холодной водой. Если после фильтрации в бульоне остаются хлопья белка, то его дополнительно фильтруют через фильтровальную бумагу.

В пробирку наливают 2 мл бульона и добавляют 3 капли 5%-ного водного раствора сульфата меди (II), встряхивают 2-3 раза и ставят в штатив. Через 5 минут отмечают результат реакции. Если бульон прозрачный или в нем образуется небольшая муть, то полуфабрикаты свежие. Появление в бульоне хлопьев свидетельствует о начальных признаках порчи полуфабриката. Если в бульоне выпадает желеобразный осадок сине-голубого или зеленоватого цвета, то полуфабрикаты несвежие.

Опыт 2. Реакция на сероводород

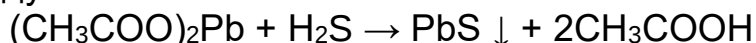
Оборудование и реактивы: фильтровальная бумага, химический стакан, щелочной раствор $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$.

Материал для исследования: мелкоизмельченное мясо

Ход работы

Мелкоизмельченное мясо помещают в химический стакан, заполняя 1/3 объема. Полоску фильтровальной бумаги с нанесенной на нее каплей диаметром 2 мм щелочного раствора $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ помещают в стакан под крышку, чтобы мясо не касалось капли на фильтровальной бумаге.

За изменением окраски капли наблюдают в течение 15 минут, каждые 5 минут фиксируя цвет капли раствора. Крышку посуды при этом открывать не следует.



От количества сероводорода зависит цвет пятна. Если мясные полуфабрикаты свежие, то пятно не изменяет своего цвета. Если полуфабрикаты с начальными признаками порчи, или несвежие, то пятно окрашивается в черный цвет.

Опыт 3. Реакция на свободный аммиак

Оборудование и реактивы: водяная баня, термометр на 100°C, химический стакан, красная лакмусовая бумага, дистиллированная вода

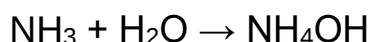
Материал для исследования: мелкоизмельченное мясо

Ход работы

Мелкоизмельченное мясо помещают в и химический стакан так, чтобы им заполнить около 1/3 объема посуды. Красную лакмусовую бумагу смачивают дистиллированной водой и помещают в стакан так, чтобы один конец бумаги не касался мяса, а второй конец удерживался крышкой или часовым стеклом. Стакан с закрытой крышкой помещают на водяную баню с температурой 50-60°C на 10-15 минут и наблюдают изменение окраски лакмусовой бумаги.

Если мясо свежее, лакмусовая бумага не синее. Если мясо не свежее, то лакмусовая бумага синее.

Этот метод основан на взаимодействии аммиака с водой с образованием гидроксида аммония:



Гидроксид аммония обладает щелочными свойствами, поэтому в присутствии свободного аммиака красная лакмусовая бумага синее. О количестве аммиака можно судить по интенсивности и скорости посинения бумаги.

Опыт 4. Реакция на аммиак по Несслеру

Оборудование и реактивы: капельница, мерный цилиндр, коническая колба на 250 мл, пробирки со штативом, реактив Несслера

Материал для исследования: мелкоизмельченное мясо

Ход работы

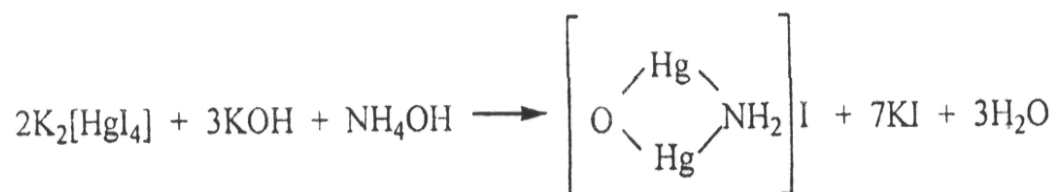
Мелкоизмельченное мясо массой 10 г без жира и соединительной ткани помещают в коническую колбу на 250 мл. В колбу приливают 100 мл охлажденной прокипяченной дистиллированной воды и настаивают мясо 15 минут, периодически встряхивая колбу. Затем фильтруют через бумажный фильтр, получая, таким образом, водную вытяжку.

В пробирку наливают 1 мл вытяжки и прибавляют по каплям постепенно реактив Несслера. После каждой капли пробирку встряхивают и отмечают изменение цвета и прозрачности вытяжки.

Если мясо свежее, то после прибавления 10 капель реактива Несслера пожелтения и помутнения раствора не происходит.

Если мясо подозрительной свежести, то изменение цвета и прозрачности происходит уже после добавления 6-7 капель реактива Несслера. Если затем пробирку оставить на 20 минут в штативе, то на дне пробирки появляется небольшой осадок.

Метод определения аммиака по Несслеру основан на том, что при разложении белков мяса образуются аммиак или аммонийные соли, которые при взаимодействии с солями ртути образуют красно-бурый осадок йодида меркураммония:



Если мясо несвежее, то пожелтение и помутнение вытяжки происходит после добавления первых капель реактива Несслера. После добавления 10 капель образуется интенсивная желтая или красно-бурая окраска, наблюдается помутнение вытяжки и образование осадка после отстаивания.

Сделать выводы о степени свежести исследованных продуктов.

3.3 Консерванты и регуляторы кислотности

Определение общей кислотности плодов и овощей

При оценке качества плодоовощной продукции важно знать ее кислотность, в зависимости от этого показателя устанавливают норму добавления сахара при варке варенья, степень разбавления соков. При квашении капусты, солении огурцов, мочении яблок по изменению кислотности определяют отклонение в ходе брожения. Некоторые кислоты (сорбиновую, бензойную, уксусную) используют в качестве консервантов. Консерванты – пищевые добавки, позволяющие значительно увеличить сроки хранения продуктов, они препятствуют развитию патогенных микроорганизмов и защищают пищу от порчи. В

системе цифровой кодификации пищевых добавок консервантам отведены номера E200 –E299.

Пищевая добавка E260 - уксусная кислота – используется в пищевой промышленности в качестве регулятора кислотности. В основном она применяется в виде водных растворов в пропорции 3–9% (уксус) и 70–80% (уксусная эссенция). В небольших количествах безвредна. Опасным для здоровья и жизни считаются растворы, в которых концентрация уксусной кислоты выше 30%. Высококонцентрированная уксусная кислота при соприкосновении с кожей и слизистыми оболочками может вызывать сильные химические ожоги.

Цель работы: научиться определять кислотность свежих плодов, солено-квашеных и маринованных продуктов.

Определение основано на нейтрализации содержащихся в пробе кислот раствором щелочи в присутствии индикатора [5, 7].

Оборудование и реактивы: водяная баня, мерные колбы на 200 или 250мл, стаканчики для взвешивания, термометры, конические колбы, фарфоровая ступка, пипетки на 20 или 25 мл, воронки, фильтровальная бумага, бюретки.

0,1 н раствор NaOH (4,0 г реактива растворяют в 1л кипяченой воды, титр устанавливают по точному 0,1н раствору серной кислоты в присутствии метилоранжа); 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина (1г фенолфталеина растворяют в 99 мл 96%-ного нейтрального спирта);

Материал для исследования: свежие яблоки, соленые и маринованные огурцы, квашеная капуста.

Ход работы

Среднюю пробу массой 40-50 г измельчить на терке до кашицы и перенести в фарфоровую чашку.

Из средней пробы отобрать в стаканчик взвешенную с точностью до 0,01 г навеску массой 20 г. Добавить в стаканчик дистиллированной воды и без потерь через воронку перенести в мерную колбу на 200 или 250 мл. Стаканчик несколько раз ополоснуть дистиллированной водой и влить в колбу. Колбу, заполненную примерно на 3/4 объема, нагревать на водяной бане в течение 15 мин при температуре 80°C.

Охладить, довести содержимое колбы дистиллированной водой до метки и перемешать, затем отфильтровать в сухой стакан или колбу через 4–х -слойную марлю или бумажный фильтр. Отобрать пипеткой 20 мл вытяжки в коническую колбу для титрования и добавить 2-3 капли фенолфталеина в качестве индикатора

Титровать вытяжку, прибавляя по каплям из бюретки раствор щелочи с одновременным взбалтыванием колбы, до появления бледно-розовой окраски, не исчезающей при спокойном стоянии колбы в течение 1-2 мин. По бюретке определить объем израсходованного на

титрование раствора NaOH и рассчитать общую кислотность (в %) по формуле:

$$X_m = \frac{V_a \cdot T \cdot V \cdot k \cdot 100}{m \cdot V_1}, \text{ где}$$

X_m - титруемая кислотность, %

V_a – объем затраченного на титрование 0,1н раствора NaOH, мл;

T - поправка к титру 0,1н раствора NaOH;

V - общий объем вытяжки, мл;

m - навеска продукта, г;

V_1 - объем вытяжки, взятый для титрования, мл;

k - коэффициент пересчета 0,1н раствора NaOH на преобладающую кислоту:

для яблочной-0,0067 (семечковые и косточковые плоды);

лимонной - 0,0064 (цитрусовые плоды и ягоды);

щавелевой- 0,0063 (щавель, ревень, шпинат);

молочной-0,0090 (солено-квашенные продукты);

уксусной - 0,0060 (маринады);

винной - 0,0075 (виноград).

Примечание. Если анализируются жидкие продукты (прозрачные соки, рассол, заливка), то в колбу для титрования отбирается пипеткой или мерным цилиндром 10... 25 мл исследуемой жидкости и 2-3 капли индикатора. В расчетную формулу не вводят величину навески (m) и общего объема вытяжки (V).

3.4 Определение активности пероксидазы растительных продуктов для оценки их качества

Окислительно-восстановительные реакции протекают в растительной продукции в процессе хранения, оказывая влияние на ее качество. Важнейшими процессами жизнедеятельности являются дыхание и испарение воды. Другие процессы имеют своей целью либо поддержание на необходимом уровне дыхания и водного обмена, либо обеспечение естественной устойчивости против неблагоприятных воздействий, в частности, токсичных продуктов обмена. К числу последних относится пероксид водорода. Пероксид водорода рассматривают как активную форму кислорода (АФК), которая может оказывать выраженное повреждающее действие на клеточные структуры, особенно на мембраны. Большую роль в устранении пероксида водорода играет фермент пероксидаза. Уровень активности данного фермента можно рассматривать как показатель эффективности защиты от повреждающего действия АФК, которые образуются в достаточно большом количестве в ходе нормального метаболизма растений и при его нарушении под действием каких-либо повреждающих факторов.

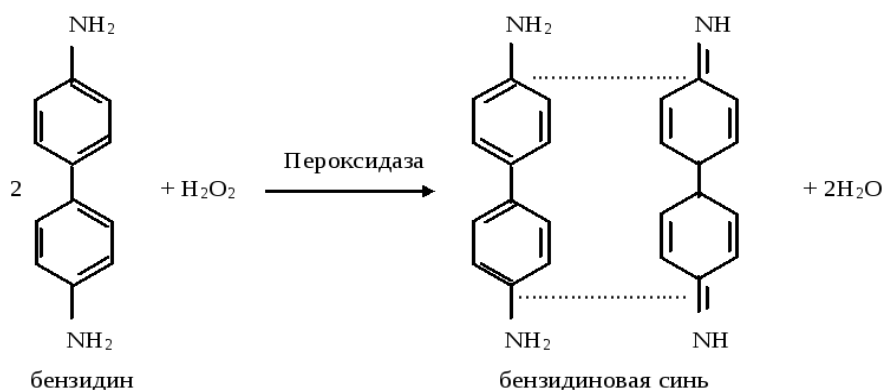
Фермент способен выполнять самые разнообразные функции в живых организмах, что обуславливается разнообразием механизмов его действия, способностью катализировать реакции оксидазного и пероксидазного окисления субстратов.

Наиболее распространенными субстратами, на которые действует пероксидаза в тканях растений, являются полифенолы в свободном состоянии или в форме разнообразных соединений (гликозиды, дубильные вещества) и ароматические амины. Окисление тех или иных соединений пероксидаза осуществляет с помощью перекиси водорода или каких-либо органических перекисей.

Основная функция пероксидазы – катализировать устранение пероксида водорода за счет окисления им различных органических соединений.

Метод основан на определении скорости реакции окисления бензидина до образования синего продукта окисления определённой концентрации, заранее устанавливаемой на фотоэлектроколориметре [16].

Реакция описывается уравнением:



Цель работы: сравнить активность пероксидазы в здоровых растительных продуктах и продуктах, подверженных «стрессу».

Оборудование и реактивы: КФК -2, весы электронные, фильтры бумажные, фарфоровые ступки, стеклянные палочки, воронки, мерные колбы, пипетки на 1, 2 и 10 мл, груша резиновая, стаканы на 100 мл, водяная баня, секундомер;

3%-ный раствор пероксида водорода, уксусная кислота; ацетат натрия для приготовления 0,2М ацетатного буфера с pH 4,7; раствор бензидина на ацетатном буфере.

Материал для исследования: картофель без признаков заражения, картофель с кольцевой гнилью, капуста свежая, капуста замороженная.

Приготовление раствора бензидина

В мерную колбу на 200 мл, наполненную на 2/3 дистиллированной водой прибавить 2,3 мл (2,4 г) ледяной уксусной кислоты и 184 мг

бензидина. Колбу подогреть примерно до 50-60°C на водяной бане при постоянном взбалтывании. После полного растворения бензидина, в течение 10-15 минут, добавить 5,45 г ацетата натрия, полностью его растворить, колбу охладить и долить водой до метки. В темном месте раствор можно хранить 7-10 дней.

Ход работы

Растереть в ступке с водой (или с ацетатным буферным раствором рН 4,7) 50-100 мг растительного материала. Перенести его в мерную колбочку на 25 мл и довести до метки. Вытяжку настоять 5-10 мин и отфильтровать. Далее работать с надосадочной жидкостью. В надосадочной жидкости определяют активность пероксидазы, о которой судят по времени образования синей окраски окисленного бензидина.

Для измерения активности лучше брать такие разведения вытяжки, при которых окраска изменяется в течение 10-40 с, т.к. активность фермента прямо пропорциональна его концентрации только в начале реакции. Определение ведется на КФК-2.

В две кюветы толщиной 2 см наливают по 2 мл вытяжки, 2 мл буферного раствора, 2 мл бензидина в каждую. Ставят кюветы в кюветодержатели прибора, одну (контроль), другую (опыт), уравнивают оба световых потока, при этом стрелка должна быть в нулевом положении. Уравнивают световые потоки сначала при чувствительности «1», затем при чувствительности «2», при которой и ведут определение. В контрольной кювете оптическую плотность смещают на нулевое деление.

В контрольную кювету наливают 2 мл воды, в опытную – 2 мл 0,03% раствора пероксида водорода пипеткой с широким носиком. Сильной струей перемешать содержимое кюветы. Одновременно с падением первой капли включают секундомер. В опытной кювете раствор синее и стрелка передвигается к нулевому положению. Отмечают время от начала приливания пероксида водорода до достижения раствором заданной оптической плотности 0,250.

Активность X выражают в относительных единицах на 1 г сырой массы (или на единицу белка) по формуле:

$$X = \frac{DAB}{A_1 n t}$$

Где

X - активность пероксидазы, мкмоль H_2O_2 /г · с

D - оптическая плотность, равная 0,250

A - общий объем вытяжки, мл;

B - объем разбавленной смеси в кювете, мл;

A₁-объем вытяжки, взятой для определения, мл;

n - навеска, г;

t – время изменения оптической плотности от 0 до 0,250 нм с.

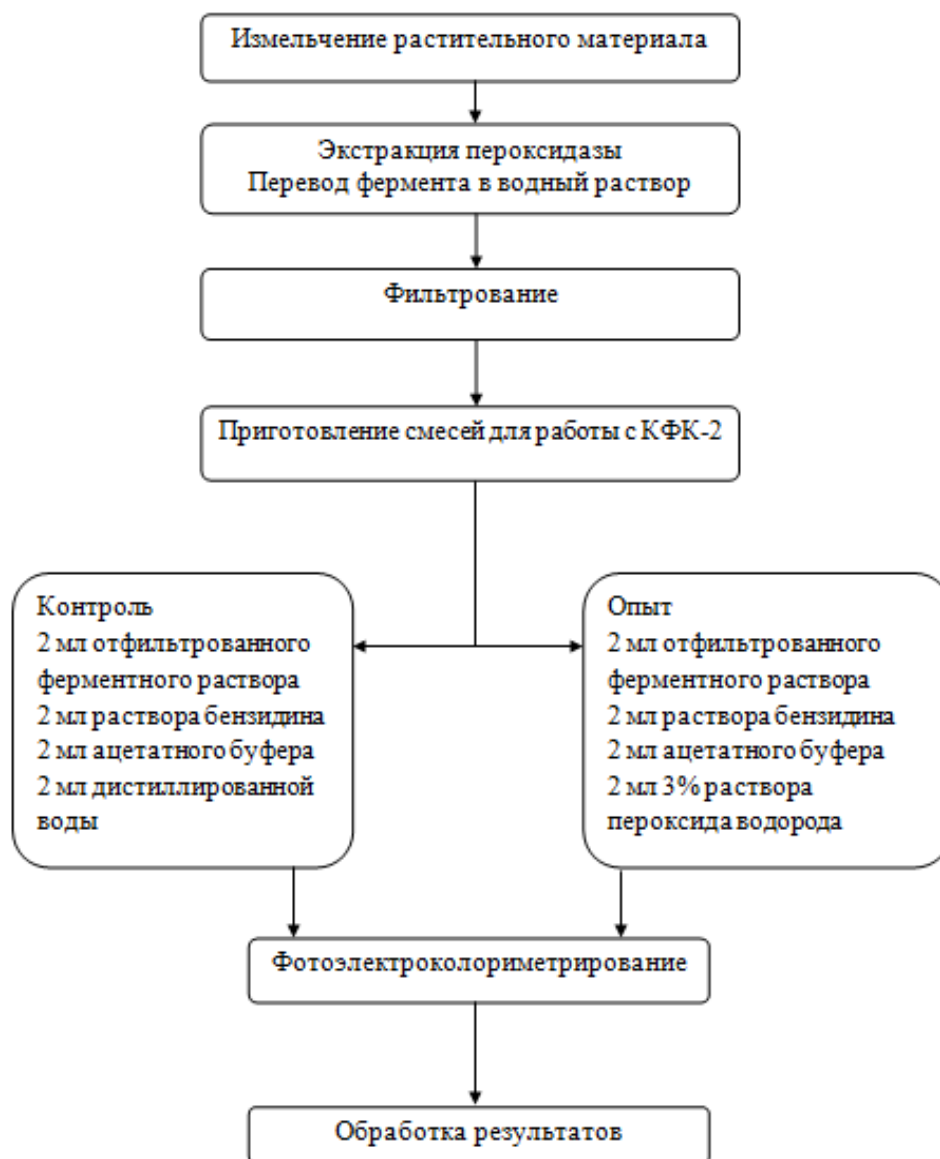


Рисунок 3. Схема выполнения лабораторной работы

3.5 Определение содержания нитритов в пищевых продуктах

Цель работы: количественное определение содержания нитритов в колбасных изделиях [10, 15].

Оборудование и реактивы – КФК-2, весы электронные, мясорубка или терка, весы, колбы мерные, колбы конические, воронки, цилиндры, стаканы, фильтры, 2М CH_3COOH , NaNO_2 крист.; 0,14М HCl ; 3М NH_4OH ; кислота сульфаниловая безводная или α -нафтиламин; 0,1М NaOH ; 5% ZnSO_4 , пыль цинковая.

Материалы для исследования: колбасы из свинины, баранины, говядины, сырокопченые колбасы.

Приготовление растворов

Растворы для проведения цветной реакции

Раствор 1. 0,5 г сульфаниловой кислоты растворяют в 150 мл раствора CH_3COOH .

Раствор 2. 0,2 г α -нафтиламина кипятят с 20 мл воды, раствор фильтруют и прибавляют к фильтрату 180 мл раствора CH_3COOH . Раствор хранят в темной склянке.

Реактив Грисса. Смешивают равные объемы растворов 1 и 2. В случае появления при смешивании растворов розовой окраски добавляют цинковую пыль, взбалтывают и фильтруют. Реактив Грисса готовят непосредственно перед анализом.

Стандартные растворы NaNO_2

Основной раствор: отвешивают навеску NaNO_2 , содержащую 1 г основного вещества. Навеску переносят в мерную колбу вместимостью 1 л и доводят дистиллированной водой до метки.

Рабочий раствор: 10 мл основного раствора переносят в мерную колбу вместимостью 500 мл и доводят водой до метки.

Образцовый раствор: 5 мл рабочего раствора переносят в мерную колбу вместимостью 100 мл и доводят водой до метки. 1 мл образцового раствора содержит 0,001 мг (или 1 мкг) NaNO_2 .

Построение градуировочного графика

В 6 мерных колб вместимостью по 100 мл каждая пипеткой вносят рабочий раствор: 0, 1, 2, 4, 6, 8 мл. В первую колбу рабочий раствор не вносят, используя ее как контрольную.

В каждую колбу добавляют 5 мл раствора аммиака и 10 мл раствора HCl , доводят водой до метки и перемешивают. В конические колбы вместимостью 100 мл пипеткой переносят по 15 мл приготовленных растворов, 15 мл реактива Грисса и после 15 мин выдержки при комнатной температуре измеряют интенсивность розовой окраски на спектрофотометре при длине волны 538 нм или фотоэлектроколориметре с зеленым светофильтром (№6) в кювете толщиной поглощающего свет слоя 2 см в отношении раствора сравнения.

Готовят три серии стандартных растворов, начиная каждый раз с приготовления основного раствора из новой навески NaNO_2 .

По полученным средним данным из трех стандартных растворов строят градуировочный график. На оси абсцисс откладывают массовую концентрацию NaNO_2 , мкг/мл, на оси ординат – соответствующие оптические плотности. Градуировочный график должен проходить через начало координат.

Ход работы

20 г пробы, подготовленной к анализу, взвешивают с погрешностью не более 0,01 г и помещают в химический стакан. Заливают 35 – 40 мл дистиллированной воды, нагретой до 55 °С, и настаивают, периодически перемешивая в течение 10 мин. Затем вытяжку фильтруют через ватный фильтр в мерную колбу вместимостью 200 мл. Навеску несколько раз

промывают и переносят на фильтр, где еще промывают водой, затем раствор охлаждают и доводят водой до метки.

Для приготовления вытяжки из сырокопченых продуктов из свинины, баранины, говядины и сырокопченых колбас навеску 20 г заливают 200 мл предварительно отмеренной и нагретой до 55 °С дистиллированной воды и настаивают, периодически помешивая, в течение 30 мин. Затем вытяжку фильтруют через ватный фильтр, не перенося осадка на фильтр.

20 мл вытяжки помещают в мерную колбу вместимостью 100 мл, добавляют 10 мл раствора NaOH и 40 мл раствора ZnSO₄ для осаждения белков. Смесь в колбе нагревают 7 мин на кипящей водяной бане, после чего охлаждают, доводят до метки водой, перемешивают и фильтруют через обеззоленный бумажный фильтр.

Параллельно проводят контрольный анализ на реактивы, помещая в мерную колбу вместимостью 100 мл вместо 20 мл вытяжки 20 мл дистиллированной воды.

В коническую колбу вместимостью 100 мл помещают 5 мл прозрачного фильтрата, полученного после осаждения белков, 1 мл раствора аммиака, 2 мл раствора HCl, 2 мл дистиллированной воды и, для усиления окраски, 5 мл образцового раствора NaNO₂, содержащего 1 мкг в 1 мл. Затем в колбу приливают 15 мл реактива Грисса и через 15 мин измеряют интенсивность окраски. Результаты заносят в таблицу

Обработка результатов

Массовую долю нитрита (X) в процентах вычисляют по формуле

$$X = \frac{M_1 \cdot 200 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 30}{m \cdot 20 \cdot 5 \cdot 10^6},$$

где M₁ – массовая концентрация нитрита натрия, найденная по градуировочному графику, мкг/мл; m – масса навески продукта, г; 10⁶ – коэффициент перевода в граммы.

Таблица 9 Результаты опытов

Исследуемые продукты	№ пробы	D, отн. ед.	Содержание нитрита	
			Найденное по калибровочному графику, мкг/мл	В продукте, %, X

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается проблема загрязнения продуктов питания нитратами, нитритами и нитрозаминами?
2. К какой группе пищевых добавок относятся нитриты?
3. Для чего добавляют нитриты в пищевые продукты?

4 КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

4.1 Анализ меда на наличие отдельных компонентов и примесей

Цель работы – познакомиться с методами обнаружения отдельных компонентов в натуральном меде и способами обнаружения примесей в фальсифицированном меде [3-4].

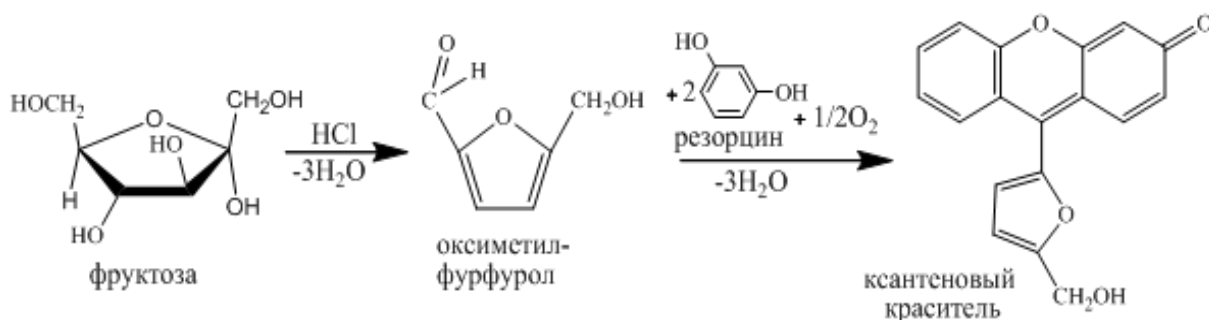
Оборудование и реактивы: весы электронные, водяная баня, пробирки, мерные пробирки и цилиндры, фарфоровые чашки, фильтровальная бумага;

реактив Селиванова, CH_3COOH конц., раствор Люголя (I_2 в KI), 1%-ный раствор резорцина в конц. HCl , этиловый эфир, известковая вода, 5%-ный раствор танина, 10%-ный раствор BaCl_2 .

Материал для исследования: несколько образцов меда

Опыт 1. Обнаружение фруктозы реакцией Селиванова

При нагревании фруктозы (и других кетогексоз) с соляной кислотой образуется оксиметилфурфурол, который с резорцином образует соединение, окрашенное в вишнево-красный цвет:



Альдозы также дают эту реакцию, но реакция у них протекает медленнее и в особых условиях (температура и кислотность среды).

В пробирку наливают 3 мл реактива Селиванова, прибавляют 1 мл раствора меда в воде (1:2). Пробирку помещают в водяную баню, нагретую до 80°C , и держат в ней 8 мин. За это время в пробирке с медом появляется красное окрашивание.

Опыт 2. Определение наличия воды в составе мёда

Чтобы определить, добавлялась ли вода в мед, нужно на лист бумаги, хорошо впитывающей воду, капнуть мед. В зависимости от зрелости меда капля останется упругой или начнет растекаться по поверхности, образуя мокрый след, тем самым указывая на повышенное количество влаги в меде.

Опыт 3. Определение мела в составе мёда

Присутствие мела можно обнаружить, капнув на осадок конц. уксусной кислотой. Если в примеси находится мел, то осадок вспенится вследствие выделения углекислого газа.

Опыт 4. Обнаружение примеси муки или крахмала

Муку или крахмал добавляют в мед для создания видимости кристаллизации, что характеризует его натуральность. В пробирку наливают 3 мл раствора меда (1:2), доводят до кипения, охлаждают до комнатной температуры и добавляют 3-5 капель раствора Люголя (I_2 в KI). Появление синей окраски указывает на примесь к меду муки или крахмала.

Опыт 5. Обнаружение синтетического инвертированного сахара

Растереть 5 г мёда в фарфоровой чашке с несколько каплями этилового эфира в течение 2-3 минут. Затем эфир отлейте в фарфоровую посуду и после испарения его добавьте несколько капель резорцинсоляной кислоты, которую приготовьте растворением 1%-ного резорцина в конц. HCl. Если к меду был добавлен синтетический инвертированный сахар, то в чашке появляется кроваво-черешневый оттенок.

Опыт 6. Нахождение падевого мёда в цветочном

В раствор меда на дистиллированной воде (1:1) добавляют 2 части известковой воды и нагревают до кипения. Появление хлопьев указывает на наличие пади.

Опыт 7. Определение примеси желатина

В пробирке смешивают 5 мл раствора мёда (1:2) и 5— 10 капель 5%-ного раствора танина. Образование белых хлопьев свидетельствует о наличии в мёде желатина. Помутнение оценивается как отрицательная реакция.

Опыт 8. Определение примеси крахмальной патоки

В пробирку наливают 5 мл профильтрованного раствора мёда (1:2) и добавляют по каплям 10%-ный раствор хлорида бария. Белое помутнение и белый осадок, появившиеся после добавления первых капель реактива, указывают на наличие в мёде крахмальной патоки.

Оборудование и реактивы: бюретки на 25 мл, конические колбы, мерные колбы на 100 мл; 0,1 н раствор NaOH, 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина.

Опыт 9. Определение кислотности

Общая кислотность (в нормальных градусах) допускается около 1-4, в отдельных случаях до 5 градусов. Мёд с измененной кислотностью (выше или ниже допустимых пределов) в продажу не допускают. Пониженная кислотность может быть признаком фальсификации мёда сахарным сиропом, крахмалом, свекловичным сахаром и другими углеводными веществами.

В коническую колбу наливают 100 мл 10%-ного раствора мёда, добавляют 3-5 капель 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина и титруют 0,1 н раствором NaOH до появления бледно-розового

окрашивания, не исчезающего в течение 10 сек. Титрование проводят дважды. Расхождение в результатах двух определений не должно превышать ± 1 градус. Кислотность доброкачественного пчелиного мёда составляет 1,0—4,0 градуса. 1 градус кислотности равен 1 мл щелочи, пошедшей на титрование 100 мл раствора мёда.

Оборудование и реактивы: весы электронные, водяная баня, пробирки с пробками, раствор Люголя, раствор I_2 (0,5 г йода, 1 г KI в 100 мл дистиллированной воды), 1%-ный растворимый крахмал.

При отсутствии растворимого крахмала, его можно приготовить следующим способом: 250 г картофельного крахмала промыть в 1 л дистиллированной воды, после отстоя воду сливают. В осадок заливают 1,5 л 4%-ного раствора соляной кислоты и выдерживают 1—2 часа, затем смесь фильтруют. Крахмал, собранный с фильтра, многократно промывают дистиллированной водой до нейтральной реакции по лакмусу и высушивают при температуре 90°C.

Опыт 10. Определение диастазы в мёде.

В состав натурального меда обязательно входят диастазы и другие ферменты. В искусственном или фальсифицированном мёде ферментов нет и именно поэтому такой мед лишен лечебных свойств.

К 10 мл раствора (1:2) мёда прибавляют 1 мл 1%-ного раствора растворимого крахмала, взбалтывают и держат в водяной бане при 45°C в течение 1 часа. Затем охлаждают и прибавляют 1 мл раствора I_2 . Если в мёде диастазы нет, жидкость окрашивается в синий цвет из-за присутствия неизменного крахмала. При наличии диастазы жидкость потемнеет, но синий цвет не приобретает. Ферменты мёда, в том числе диастаза, разрушаются при нагревании мёда выше 60°C, поэтому нагретый натуральный и искусственный мёд диастазу (как и других ферментов) не содержит.

Опыт 11. Определение диастазной активности

Диастазное число – это основной показатель натуральности и зрелости мёда. Чем выше этот показатель, тем лучше мёд. Основным эффективным способом определения в меду диастазного числа признан метод Готе. Диастазное число измеряют в единицах Готе.

Диастазное число – это число миллилитров 1%-ного растворимого крахмала, которое разлагается за один час амилалитическими ферментами, содержащимися в одном грамме безводного вещества меда. Один миллилитр раствора крахмала соответствует одной единице активности. Диастазное число у натуральных и доброкачественных медов находится в пределах от 3 до 50.

Диастаза чувствительна к нагреванию. Это позволяет использовать показатель диастазного числа меда в качестве индикатора его тепловой обработки. Диастазная активность меда начинает снижаться уже при

нагревании его до 40-50°C, а при нагревании до 60°C и выше ускоряется разрушение фермента.

В 11 пробирок разливают 10%-ный раствор мёда и другие компоненты согласно таблицы 10.

Таблица 10 Схема заполнения пробирок для определения диастазного числа

Компоненты	Номера пробирок										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10%-ный р-р меда, мл	1,0	1,3	1,7	2,1	2,8	3,6	4,6	6,0	7,7	11,1	15,1
Дистиллированная вода, мл	9,0	8,7	8,3	7,9	7,2	6,4	5,4	4,0	2,3	-	-
0,58%-ный р-р NaCl, мл	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
1%-ный р-р крахмала, мл	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Диастазное число (ед. Готе)	50,0	38,5	29,4	23,8	17,9	13,9	8,3	6,5	6,5	4,4	3,3

Пробирки закрывают пробками, тщательно взбалтывают и ставят в водяную баню на 1 ч при 40°C (±1°). Затем в охлажденные до комнатной температуры пробирки приливают по одной капле раствора I₂. В пробирках, где крахмал остался нерасщепленным, содержимое окрашивается в синий цвет—диастазы нет. При наличии небольшого количества диастазы содержимое окрашивается в фиолетовый цвет различной интенсивности, при содержании большого количества диастазы—в темноватый. Последняя слабоокрашенная пробирка перед рядом обесцвеченных (с желтоватым оттенком) соответствует диастазной силе исследуемого мёда.

Диастазное число Д вычисляют по формуле

$$Д = У \cdot 10 / А$$

где У – объем 1%-ного раствора крахмала, мл;

А – объем 10%-ного раствора мёда, влитого в пробирку, соответствующую диастазной силе исследуемого мёда;

10—коэффициент пересчета 10%-ного раствора мёда на неразведенный.

Пример расчета. Слабая окраска раствора наблюдалась в пробирке №4, где было 2,1 мл 10%-ного раствора мёда и 5 мл раствора крахмала, отсюда

$$Д = 5 \cdot 10 / 2,1 = 23,8$$

Установлено, что в течение первого года, в зависимости от температуры хранения, диастазная активность меда снижается на 25-30%, а к концу второго года хранения – на 40-50%. Уменьшается при хранении и инвертазная активность пчелиного меда.

Опыт 12. Определение инвертированного сахара

Основано на свойстве сахаров окисляться в щелочном растворе гексоцианоферрата (III) калия, который при этом восстанавливается до гексоцианоферрата (II) калия.

В качестве индикатора используют метиленовый голубой. В кипящем щелочном растворе малейший избыток сахара восстанавливает индикатор в бесцветное лейкосоединение, что указывает на конец реакции. Получившееся лейкосоединение легко окисляется, переходя в окрашенную форму метиленового голубого.

Существуют два метода определения инвертированного сахара: качественный (предельный) и количественный.

Предельное содержание инвертированного сахара определяют следующим образом. В колбочку наливают 10 мл 1%-ного раствора гексоцианоферрата (III) калия, 2,5 мл 10%-ного раствора едкого натрия и 5,8 мл 0,25%-ного раствора мёда (в мерную колбу на 200 мл наливают 5 мл 10%-ного раствора мёда и до метки добавляют дистиллированную воду). Содержимое колбочки нагревают до кипения, кипятят 1 мин и затем добавляют одну каплю 1%-ного раствора метиленового синего.

Если жидкость не обесцвечивается (синяя окраска), в исследуемом мёде инвертированного сахара содержится меньше 70%; такой мёд фальсифицирован и в продажу не допускается. Если жидкость обесцвечивается, значит в мёде инвертированного сахара больше 70%.

Окраску наблюдают сразу же после добавления к исследуемому раствору метиленового синего. Появление в дальнейшем синего окрашивания во внимание не принимают.

Количественное определение инвертированного сахара.

В колбу наливает 10 мл 10%-ного раствора красной кровяной соли, 2,5 мл 10% -ного раствора NaOH, 5 мл 0,25%-ного раствора меда и одну каплю 1%-ного раствора метиленового синего. Смесь перемешивают и нагревают до кипения. При постоянном слабом кипении титруют 0,25 %-ным раствором меда до исчезновения синей, а к концу титрования слегка фиолетовой окраски.

Восстановление метиленовой сини редуцирующими веществами меда происходит с некоторым запозданием, поэтому титрование ведут со скоростью не более одной капли в 2 секунды. Окрашивание смеси после остывания в расчет не принимается. Титрование повторяют 2-3 раза и вычисляют средний результат. Расхождение между результатами параллельных исследований не должно превышать 1%. Процент содержания инвертированного сахара в меде определяют по таблице.

Таблица 11 Содержание инвертированного сахара в меде

Количество 0,25 %-ного раствора меда, пошедшее на тит- рование, см ³	Инверти- рованный сахар, %	Количество 0,25 %-ного раствора меда, пошедшее на тит- рование, см ³	Инверти- рованный сахар, %	Количество 0,25 %-ного раствора меда, пошедшее на тит- рование, см ³	Инверти- рованный сахар, %
5,0	81,2	6,5	62,6	8,3	49,2
5,1	79,6	6,6	61,6	8,4	48,6
5,2	78,0	6,7	60,7	8,5	48,0
5,3	76,6	6,8	59,8	8,6	47,5
5,35	75,9	6,9	59,0	8,7	46,9
5,4	75,2	7,0	58,2	8,8	46,4
5,45	74,5	7,1	57,3	8,9	45,9
5,5	73,8	7,2	56,6	9,0	45,4
5,6	72,5	7,3	55,8	9,1	44,9
5,7	71,3	7,4	55,1	9,2	44,4
5,75	70,7	7,5	54,3	9,3	43,9
5,65	69,5	7,6	53,6	9,4	43,5
5,9	68,9	7,7	53,0	9,5	43,0
6,0	67,8	7,8	52,3	9,6	42,6
6,1	66,6	7,9	51,6	9,7	42,2
6,2	65,6	8,0	51,0	9,8	41,7
6,3	64,5	8,1	50,4	9,9	41,3
6,4	63,5	8,2	49,8	10,0	40,9

Сделать общий вывод о качестве исследованного меда.

Таблица 12 Итоги анализа меда

Компоненты и показатели качества меда	Образцы меда				
	1	2	3	4	5
Фруктоза					
Диастаза					
Кислотность					
Диастазное число					
Примеси					
Вода					
Мел					
Мука или крахмал					
Падевый мед					
Желатин					
Крахмальная патока					

Контрольные вопросы

1. Что такое мед? Каков его химический состав?
2. Какие углеводы входят в состав меда?
3. Какие ферменты?
4. Какие компоненты меда доступны для определения?
5. С помощью каких реакций их можно определить?
6. Какие примеси может содержать фальсифицированный мед?
7. Как их можно определить?

4.2 Химия и биохимия молока и молочных продуктов

Молоко является ценным пищевым продуктом, в его состав входят важнейшие питательные вещества, количественные соотношения между основными из них показаны на рис. 4.



Рисунок 4. Химический состав молока

Молоко представляет собой многокомпонентную систему, включающую разнообразные вещества (таблица 13) [12].

В молоке содержится в среднем около 3,2 % *белков*, большая часть приходится на казеин – основной белок молока. Казеин предназначен для связывания ионов кальция и фосфора, и доставки их в организм новорожденных млекопитающих. Кроме того, казеин транспортирует в составе своих частиц и ионы магния.

Таблица 13 Компоненты в составе молока

№	Группа компонентов	Состав группы
1	Белки	Казеин, сывороточные белки, белки оболочек жировых шариков
2	Углеводы	Лактоза, моносахариды глюкоза и галактоза и их производные, трисахариды, более крупные олигосахариды
3	Липиды	Триглицериды, фосфолипиды, гликолипиды, стерины
4	Неорганические соединения и ионы	H ₂ O, фосфаты, цитраты и хлориды кальция, калия, натрия, магния, Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Fe ²⁺ , Cu ²⁺ , Co ²⁺ , Mn ²⁺ , Zn ²⁺ , I ⁻ , Cl ⁻ , F ⁻ , SO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻ , HPO ₄ ²⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻ и др.
5	Витамины	A, D, E, K, B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₅ (PP), B ₆ , B ₁₂ , B _c , C
6	Ферменты	Пероксидаза, каталаза, липазы, фосфатазы, протеазы, лактаза, амилаза, лизоцим

К сывороточным белкам относятся – β -лактоглобулин, α -лактальбумин, иммуноглобулин и альбумин сыворотки крови. Гидрофобный гликопротеин встроен во внутренний слой оболочки жировых шариков. Белки, входящие в состав молока, разнообразны по строению, физико-химическим свойствам и биологическим функциям (о белках молока смотрите также 1.1.2).

Наряду с белками, в молоке содержатся азотистые соединения небелкового характера: свободные аминокислоты, пептиды, мочевины, аммиак и мочевая кислота и др. Их количество составляет около 5% всего содержания азота в молоке.

Основным *углеводом* молока является лактоза. Кроме того, в молоке содержатся моносахариды глюкоза и галактоза и их производные, а также трисахариды и более сложные олигосахариды

Липиды молока включают триглицериды, фосфолипиды (лецитин и кефалин), гликолипиды, стерины (холестерин). Молочный жир (рис.5) представляет собой смесь многочисленных триглицеридов, содержащих, как правило, остатки разных кислот, преимущественно насыщенных. Из них в молочном жире преобладают пальмитиновая, миристиновая и стеариновая кислоты, среди ненасыщенных - олеиновая кислота. По сравнению с другими природными жирами молочный жир содержит больше низкомолекулярных насыщенных жирных кислот - масляной, капроновой, каприловой и каприновой.

Основная часть фосфолипидов молока в комплексе с белками входит в состав оболочек жировых шариков. Липопротеиновая оболочка жировых шариков обеспечивает стойкость жировой эмульсии молока.



Рисунок 5. Химический состав молочного жира

Элементный состав молока разнообразен. Среднее содержание наиболее важных *макроэлементов* в молоке (в мг%) следующее: кальций – 120, фосфор - 95, калий - 140, натрий -50, магний - 12, хлор – 100 [12]. *Микроэлементы* Fe, Cu, Co, Mn, Zn, I, F, Se и др. связаны с белками и оболочками жировых шариков.

Из организма животного в молоко могут попадать *посторонние вещества*, опасные для здоровья человека: антибиотики, пестициды, моющие и дезинфицирующие вещества, соли тяжелых металлов, радиоактивные вещества, токсины, нитраты, нитриты и пр. Поэтому существуют жесткие правила контроля за соблюдением сроков применения лекарств, использования химических средств защиты растений и применения удобрений, за соблюдением гигиенических норм на всех стадиях работы с молочными продуктами.

Цель работы – освоить методику изучения некоторых физико-химических свойств молока и молочных продуктов, качественного и количественного определения отдельных компонентов молока, обнаружения активности некоторых ферментов.

Физико-химические свойства молока

Опыт 1. Определение плотности молока

Плотность молока – это масса молока при 20°C, заключенная в единице объема (кг/м³). Ее определяют ареометрическим методом. Плотность молока зависит от температуры и содержания в нем составных частей, которые имеют различную плотность. Так как химический состав молока непостоянен, то и плотность его колеблется в

довольно широких пределах – от 1027 до 1032 кг/м³. По плотности молока судят о его натуральности. При добавлении к молоку воды плотность его уменьшается (10% добавленной воды снижает плотность в среднем на 3 кг/м³).

Оборудование и реактивы: ареометр молочный АМ (лактометры), цилиндры

Материал для исследования: молоко сырое и пастеризованное

Ход опыта Пробу молока с температурой 15-25°C наливают в цилиндр на $\frac{3}{4}$ объема, осторожно погружают в него ареометр, следя за тем, чтобы он не касался стенок цилиндра, и производят отсчет. Показания плотности снимают с точностью до половины деления через одну минуту после остановки ареометра по верхнему краю мениска (край поверхности молока должен располагаться на уровне глаз). Определяют плотность как цельного, так и разведенного молока.

Опыт 2. Определение титруемой кислотности молока [12]

Титруемая кислотность выражается в условных единицах – градусах Тернера (°Т). Под *градусами Тернера* понимают количество кубических сантиметров 0,1н раствора гидроксида натрия, которое расходуется на нейтрализацию (титрование) 100 см³ молока, разбавленного вдвое водой. Кислотность свежесвыдоенного молока, в среднем, составляет 16 - 18 °Т. Титруемая кислотность молока обусловлена наличием некоторых анионов фосфорной и лимонной кислот), белков (казеин и сывороточные белки) и диоксида углерода. Белки дают 4 - 5°Т, дигидрофосфаты и дигидроцитраты - около 1°Т, СО₂ и другие составные части молока - 1 - 2°Т.

Кислотность молока у отдельных животных может изменяться в довольно широких пределах. Она зависит от рационов кормления, породы, возраста, индивидуальных особенностей животного и т. д.

Свежее натуральное молоко с повышенной естественной кислотностью (от 19 до 21 °Т) пригодно для производства кисломолочных продуктов и сыра. При хранении сырого молока кислотность повышается по мере развития в нем микроорганизмов, сбраживающих молочный сахар с образованием молочной кислоты.

Таблица 14 Кислотность молока и молочных продуктов

№ п/п	Продукт	Кислотность, °Т
1	Молоко 1-го сорта	16–18
2	Молоко 2-го сорта	19–20
3	Молоко пастеризованное	не более 22
4	Сливки	не более 19
5	Кефир, 1,0; 2,5; 3,2 % жирности	85–120

Кроме титруемой кислотности важными показателями в характеристике молока являются активная кислотность и окислительно-восстановительный потенциал. Активная кислотность выражается водородным показателем (pH), который у свежего молока колеблется в пределах 6,55 - 6,75. Активная кислотность не совпадает с титруемой. При хранении сырого молока титруемая кислотность изменяется значительно быстрее, чем активная.

Несовпадение активной и титруемой кислотности объясняется буферностью молока, которая обусловлена содержанием в нем белков и смеси фосфатов и цитратов. Буферные свойства составных частей молока играют большую роль при изготовлении кисломолочных продуктов и сыра. Так, pH кефира при титруемой кислотности 80°Т имеет величину равную 4,76. Аналогично, в сыре при высокой титруемой кислотности pH составляет лишь 5,3 - 5,5. При такой активной кислотности в сыре и кисломолочных продуктах возможно развитие молочнокислых бактерий.

Окислительно-восстановительный потенциал молока характеризует способность его составных частей отдавать или присоединять электроны (атомы водорода). Окислительно-восстановительную систему молока образуют аскорбиновая кислота, токоферолы, рибофлавин, цистеин, оксидоредуктазы, кислород и другие легко восстанавливающиеся и окисляющиеся вещества.

Оборудование и реактивы: бюретка на 25,00 см³; колбы для титрования 150 - 200 см³; пипетка вместимостью 10,00 см³; 0,1 н раствор гидроксида натрия; соляная кислота, 0,1000 моль/дм³; 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина; эталон окраски (в колбу на 150–200 см³ отмеривают пипеткой 10 см³ молока, 20 см³ воды и 1 см³ 2,5%-ного раствора сульфата кобальта (II); эталон пригоден для работы в течение рабочего дня).

Материал для исследования: сырое свежее молоко, пастеризованное молоко, кефир

Ход опыта В коническую колбу вместимостью 150-200 см³ пипеткой вносят 10,00 см³ молока, добавляют 20 см³ дистиллированной воды, 3 капли фенолфталеина и титруют раствором гидроксида натрия (или калия) до появления совпадающего с окраской эталона слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин.

Титрование аликвотной части молока повторяют 2 – 3 раза и рассчитывают средний объем NaOH. Кислотность рассчитывают по формуле:

$$X = K \cdot V(\text{NaOH}) \cdot 10^{\circ\text{T}},$$

где K – поправочный коэффициент к концентрации рабочего раствора;

$V(\text{NaOH})$ – средний объём раствора щелочи, израсходованный на титрование аликвотной части молока, см³.

Проводят титрование свежего и пастеризованного молока и кефира, результаты сравнивают с табличными данными, делают выводы.

Обнаружение отдельных компонентов в молоке

С помощью качественных реакций проводят определение белков, лактозы, фосфатов, кальция

Оборудование и реактивы: водяная баня, конические колбы на 50-100 мл, пробирки, воронки, фильтры 3%-ный раствор CH_3COOH ; 1%-ный и 10%-ный растворы NaOH ; 2%-ный раствор CuSO_4 ; порошок $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0,2%-ный раствор $\text{Ca}(\text{COO})_2$;

Опыт 3. Осаждение казеиногена

Белок молока – казеиноген – относится к сложным белкам – фосфопротеинам, его простетическая группа содержит фосфатные группировки, соединенные с аминокислотами серином и треонином. Казеиноген не свертывается при нагревании, растворим в растворах слабых щелочей. В молоке казеиноген находится в виде растворимой в воде кальциевой соли. В изоэлектрической точке (при $\text{pH} = 4,7$) казеиноген переходит в изоэлектрическое состояние, теряет свою устойчивость и выпадает в осадок.

Ход работы

В колбочку наливают 2,5 мл молока и 5 мл дистиллированной воды. Содержимое колбочки хорошо перемешивают и добавляют по каплям 0,5 мл 3%-го раствора уксусной кислоты. Затем снова хорошо перемешивают и оставляют стоять на 5 – 10 мин. Осадок белка отфильтровывают, фильтрат разливают в четыре пробирки и используют в последующих опытах.

Осадок белка после промывания водой растворяют на фильтре 1 мл 1%-го раствора гидроксида натрия. С полученной жидкостью проводят биуретовую реакцию: прибавляют равный объем 10%-го раствора гидроксида натрия и 1-2 капли 2%-го раствора сульфата меди, перемешивают. Жидкость окрашивается в фиолетовый цвет.

Опыт 4. Осаждение молочного альбумина и глобулина

Молочный альбумин и глобулин обладают всеми свойствами белков соответствующих групп (альбуминов и глобулинов): они свертываются при кипячении и высаливаются в насыщенном (альбумины) и полунасыщенном (глобулины) растворе сульфата аммония.

Ход работы

В первую пробирку с фильтратом добавляют равный объем насыщенного раствора сульфата аммония, выпадает осадок. Раствор фильтруют и фильтрат насыщают порошком сульфата аммония. Вторично выпадает осадок.

Опыт 5. Открытие лактозы

Молочный сахар – лактоза, - состоит из остатков β - галактозы и α - глюкозы, соединенных между собой 1,4-глюкозидной связью, вследствие чего обладает восстановительной способностью.

Ход работы

С фильтратом во второй пробирке проделывают реакцию Троммера: в пробирку наливают 0,5 мл исследуемой жидкости, добавляют 5-6 капель 10% -го раствора гидроксида натрия и по каплям 2%-й раствор сульфата меди до образования легкой исчезающей мути.

Пробирку осторожно нагревают, сначала появляется желтое окрашивание, а затем образуется желтый или красно-коричневый осадок.

Опыт 6. Открытие солей фосфорной кислоты

К фильтрату в третьей пробирке прибавляют 5-6 капель 3,75%-го раствора молибдата аммония в азотной кислоте и нагревают до кипения. Медленно образуется желтый кристаллический осадок фосфорномолибдата аммония.

Опыт 7. Открытие солей кальция

Ход работы

К фильтрату в четвертой пробирке прибавляют 2-4 капли 0,2%-го раствора оксалата аммония. Выпадает осадок не растворимого в воде оксалата кальция.

Результаты опытов оформить в виде таблицы.

Таблица 15 Результаты химического исследования молока

Номер опыта	Определяемое вещество	Признак реакции	Наличие вещества в молоке

Обнаружение ферментов в молоке [16]

Из молока, полученного при нормальных условиях от здорового животного, выделено более 20 истинных, или нативных, *ферментов*. Большая их часть образуется в клетках молочной железы и переходит в молоко во время секреции. Меньшая часть, переходит в молоко из крови животного.

Ферменты представлены в основном классами оксидоредуктазы (ксантиноксидаза, пероксидаза, каталаза) и гидролазы (липазы, фосфатазы, протеазы, лактаза, амилаза, лизоцим).

Оборудование и реактивы: водяная баня, пробирки, 3%-ный раствор H_2O_2 ; спиртовой раствор бензидина; 0,4%-ный раствор формальдегида; 0,01%-ный раствор метиленового синего

Материал для исследования: молоко сырое

Опыт 8. Открытие каталазы в молоке

В две пробирки наливают по 5 капель пероксида водорода. В первую пробирку добавляют 5 капель свежего молока, во вторую – столько же кипяченого. Отмечают, в какой из пробирок идет каталитическое разложение пероксида водорода:

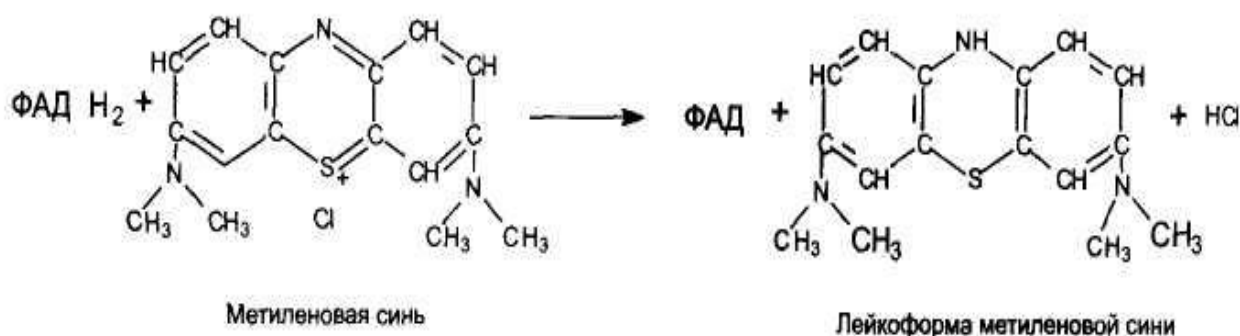


Опыт 9. Открытие пероксидазы в молоке

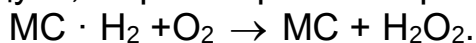
В первую пробирку наливают 1 мл свежего молока, во вторую – столько же кипяченого. Добавляют в обе пробирки по 5 капель спиртового раствора бензидина и по капле раствора пероксида водорода. Отмечают характерное окрашивание в пробирке с некипяченым молоком.

Опыт 10. Открытие альдегидоксидазы в молоке

В три пробирки наливают по 5 мл свежего коровьего молока. Одну пробу кипятят в течение 2-3 мин и остужают. В прокипяченную пробу и в одну из некипяченных проб добавляют по 1 мл 0,4%-ного раствора формальдегида, а в другую некипяченную – 1 мл воды. Затем во все три пробирки приливают по 1 мл 0,01%-ного раствора метиленового синего. Все пробы помещают в водяную баню, нагретую до 40°C . Через некоторое время жидкость в некипяченной пробе, содержащей субстрат, обесцвечивается за счет образования восстановленной формы метиленового синего:



Если бесцветный раствор метиленового синего встряхнуть на воздухе, то раствор вновь приобретает синий цвет:



Вследствие отсутствия активного фермента в первой прокипяченной и субстрата в одной из некипяченных проб обесцвечивания метиленового синего в них не происходит.

Открытие витаминов в молоке [16]

Молоко содержит практически все витамины, необходимые для нормального развития человека. Они попадают в него из поедаемого животными корма и синтезируются микрофлорой рубца.

Жирорастворимые витамины (А, D, Е, К) включены в оболочки жировых шариков, водорастворимые (B_1 , B_2 , B_3 , B_5 (РР), B_6 , B_{12} , B_c , С) содержатся в свободном виде и в качестве коферментов в составе различных ферментов.

Для обнаружения витаминов используются соответствующие качественные реакции.

Оборудование и реактивы: водяная баня; бюретка на 25,00 см³; колбы для титрования 150 - 200 см³; пипетка вместимостью 10,00 см³; 0,1 н раствор гидроксида натрия; соляная кислота 0,1000 моль/дм³; 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина; эталон окраски (в колбу на 150–200 см³ отмеривают пипеткой 10 см³ молока, 20 см³ воды и 1 см³ 2,5%-ного раствора сульфата кобальта (II); эталон пригоден для работы в течение рабочего дня).

Материал для исследования: сырое свежее молоко

Опыт 11. Обнаружение витамина А по реакции Друммонда с концентрированной серной кислотой

В сухую пробирку по стенке налить 0,5 мл молока. Вслед за этим сюда же осторожно поместить каплю серной кислоты. В месте соприкосновения витамина А с серной кислотой появляется фиолетовое окрашивание, переходящее в вишнево-красное.

Опыт 12. Качественная реакция на витамин Е с $FeCl_3$

В сухую пробирку внести 0,5 мл молока, добавить 0,5 мл 1%-ного раствора $FeCl_3$ и тщательно перемешать содержимое пробирки. Появляется красное окрашивание.

Опыт 13. Реакция на витамин B_1 с диазореактивом

К 5 каплям основного раствора сульфаниловой кислоты прибавить 5 капель 5%-ного раствора нитрита натрия. К полученному раствору диазореактива добавить 0,5 мл молока и 5-7 капель 10%-ного раствора карбоната натрия. Жидкость окрашивается в розовый цвет.

Опыт 14. Качественная реакция на витамин B_2

К 0,5 мл молока добавить 5 капель концентрированной соляной кислоты и небольшой кусочек металлического цинка. Выделяющийся водород восстанавливает рибофлавин, сначала жидкость окрашивается в розовый цвет, а затем обесцвечивается. При взбалтывании раствора бесцветный лейкофлавин вновь окисляется кислородом воздуха в рибофлавин.

Опыт 15. Качественная реакция на витамин С с гексациано – (III) ферратом калия

Аскорбиновая кислота восстанавливает гексациано- (III) феррат калия $K_3[Fe(CN)_6]$ до гексациано-(II)-феррата калия $K_4[Fe(CN)_6]$, который с ионом железа Fe^{3+} образует в кислой среде $Fe_4 [Fe(CN)_6]_3$ - берлинскую лазурь.

К 1 мл молока прибавить 2 капли 10% раствора гидроксида калия, 2 капли 5% раствора $K_3[Fe(CN)_6]$ и энергично встряхнуть содержимое пробирки. Затем в пробирку добавить 6-8 капель 10%-ного раствора соляной кислоты и 1-2 капли раствора хлорида железа (III), выпадает синий (или зеленовато-синий) осадок берлинской лазури.

Количественное определение компонентов молока

Опыт 16. Определение массовой доли белков методом формольного титрования [12]

Метод можно применять только для анализа свежего сырого молока кислотностью не выше 22 °Т, нельзя контролировать данным методом консервированные пробы.

Метод заключается в блокировке аминогрупп белков молока формальдегидом с образованием метилпроизводных белков, карбоксильные группы которых могут быть нейтрализованы щелочью.

Количество щелочи, пошедшее на титрование карбоксильных групп, эквивалентно количеству аминогрупп и может быть пересчитано на массовую долю белков.

Оборудование и реактивы: коническая колба на 100 см³; пипетки 20 см³ и 1 см³; бюретка вместимостью 25 см³; 0,1 N раствор гидроксида натрия; 1 %-ный спиртовой раствор фенолфталеина; 40 %-ный раствор нейтрализованного формалина; эталон окраски молока (смешивают 20 см³ молока и 0,5 см³ 2,5 %-ного раствора сульфата кобальта).

Материал для исследования: молоко сырое кислотностью менее 22 °Т;

Ход опыта В колбу вместимостью 100 см³ отмеривают 20 см³ молока, 0,25 см³ (10—12 капель) 1 %-ного раствора фенолфталеина и титруют 0,1N раствором гидроксида натрия до появления розовой окраски, соответствующей цвету эталона. Затем вносят 4 см³ (4 объема) нейтрализованного 40 %-ного формалина и вновь титруют 0,1N раствором гидроксида натрия до окраски эталона. Количество щелочи, пошедшее на второе титрование (при первом титровании она расходуется на нейтрализацию веществ, обуславливающих кислотность молока), умножают на коэффициент 0,959 и получают массовую долю белков в молоке в процентах.

Для перевода объема раствора гидроксида натрия в массовую долю белка использовать табл.5.

Таблица 16 Зависимость массовой доли белков от объема раствора щелочи ($C_{\text{э}} = 0,1$ моль/дм³), затраченного на титрование проб молока в присутствии формалина [12]

Расход раствора NaOH, см ³	Массовая доля белков в молоке, %	Расход раствора NaOH, см ³	Массовая доля белков в молоке, %
2,45	2,35	3,15	3,03
2,50	2,40	3,20	3,07
2,55	2,44	3,25	3,12
2,60	2,49	3,30	3,16
2,65	2,54	3,35	3,21
2,70	2,59	3,40	3,25
2,75	2,64	3,45	3,31
2,80	2,69	3,50	3,35
2,85	2,73	3,55	3,40
2,90	2,78	3,60	3,45
2,95	2,83	3,65	3,50
3,00	2,88	3,70	3,55
3,05	2,93	3,75	3,60
3,10	2,98	3,80	3,65

Опыт 17. Определение массовой доли лактозы в молоке [12]

Иодометрический метод основан на окислении редуцирующих сахаров (лактоза, глюкоза), содержащих альдегидную группу, иодом в щелочной среде. Массовую долю сахарозы определяют по разности между количеством взятого и неизрасходованного иода, определяемого титрованием тиосульфатом натрия. Метод является арбитражным.

Оборудование и реактивы: весы электронные, мерные колбы на 100 см³ и 500 см³; мерные пипетки на 25 см³ и 50 см³; мерные цилиндры на 10 см³; 0,1н раствор иода; 1 н раствор NaOH ; 0,1 н раствор Na₂S₂O₃; 0,5 н раствор HCl; 1%-ный раствор крахмала; раствор Фелинга (69,26 г перекристаллизованного сульфата меди, не содержащего железа, взвешивают и растворяют в мерной колбе вместимостью 1000 см³).

Материал для исследования: молоко сырое

Ход опыта Для приготовления фильтрата отвешивают 25 г молока с точностью до 0,01 г и помещают в мерную колбу на 500 см³, добавляют до половины колбы дистиллированную воду и 10 см³ реактива Фелинга, 4 см³ 1н раствора гидроксида натрия. Жидкость перемешивают после добавления воды и каждого реактива. Доводят до метки водой, перемешивают, оставляют на 30 мин при температуре

20°C. Отстоявшуюся жидкость фильтруют в сухую колбу через складчатый бумажный фильтр, удаляя первые 10-20 см³ фильтрата.

Отмеривают пипеткой 50 см³ фильтрата (2,5 г молока) и переносят в коническую колбу на 250-300 см³ с притертой или резиновой пробкой. Приливают пипеткой или из бюретки 25 см³ 0,1 раствора иода и медленно при непрерывном помешивании приливают из бюретки 37,5 см³ 0,1 н раствора гидроксида натрия. Закрыв колбу пробкой, оставляют ее в темном месте на 20 мин при температуре 20 °C. Затем прибавляют 8 см³ 0,5 н раствора соляной кислоты и титруют выделившийся иод 0,1 н раствором тиосульфата натрия сначала без прибавления индикатора до получения светло-желтого раствора, затем прибавляют 1 см³ 1%-ного раствора крахмала и продолжают титрование каплями до момента, когда исчезнет синяя окраска.

Для контрольного опыта в другую такую же колбу отмеривают пипеткой 25 см³ 0,1 н раствора иода, 25 см³ воды и добавляют при непрерывном перемешивании 37,5 см³ 0,1 н раствора гидроксида натрия и, закрыв колбу пробкой, оставляют в темном месте на 20 мин при температуре 20 °C и дальше определение проводят как в первой колбе.

Массовую долю лактозы в молоке (%) рассчитывают по формуле

$$W = \frac{0,01801(V_1 - V) \cdot 100 \cdot 0,97}{m} = 0,699(V_1 - V), \%$$

где V_1 - объем раствора тиосульфата натрия, пошедшее на титрование иода в контрольном опыте, см³; V - объем раствора тиосульфата натрия, пошедшее на титрование иода при определении в фильтрате, см³; m - масса молока в 50 см³ фильтрата, равная 2,5 г; 0,97 - поправка, установленная эмпирически; 0,01801 - масса лактозы, моногидрата, соответствующая 1 см³ 0,1н раствора иода.

Контрольные вопросы

1. Перечислите главные белки молока и их биологические функции.
2. Дайте характеристику казеина и его фракциям.
3. Назовите основные сывороточные белки.
4. Что представляет собой молочный жир?
5. Назовите основные макроэлементы молока.
6. Назовите основные микроэлементы молока.
7. Назовите основные водорастворимые витамины молока.
8. Назовите основные жирорастворимые витамины молока.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Выберите группу аминокислот, в которой перечислены только незаменимые для человека:
 1. Гли, ала, цис
 2. Цис, тир, гис
 3. Гис, сер, асп
 4. Вал, лей, тре
 5. Глу, про, гли
2. Индекс ИНАК применяется для характеристики
 1. Биологической ценности белков
 2. Биологической ценности углеводов
 3. Биологической ценности жиров
 4. Пищевых добавок
 5. Витаминов
3. Метод Кьельдаля применяется для определения в пищевых продуктах
 1. Жира
 2. Гликогена
 3. Белка
 4. Крахмала
 5. Сахара
4. С химической точки зрения переваривание белков – это...
 1. Гидратация
 2. Окисление
 3. Гидролиз
 4. Гликолиз
 5. Восстановление
5. Основные протеолитические ферменты
 1. лактаза, мальтаза
 2. амилазы
 3. липаза, фосфолипазы
 4. нуклеазы
 5. трипсин, химотрипсин
6. Поджелудочная железа выделяет секрет, имеющий
 1. слабощелочную реакцию
 2. слабокислую реакцию
 3. нейтральную реакцию
 4. сильнощелочную реакцию
 5. сильноокислую реакцию
7. Трипсин, химотрипсин, эластаза ускоряют гидролиз
 1. пептидных связей
 2. N- гликозидных связей
 3. сложноэфирных связей

4. фосфоэфирных связей
5. С-гликозидных связей
8. Фермент трипсин вырабатывается
 1. В желудке
 2. В печени
 3. В поджелудочной железе
 4. В тонком кишечнике
 5. В толстом кишечнике
9. Ферментные препараты фестал, мезим, панкреатин готовят на основе
 1. Синтетических ферментов
 2. Вытяжки из поджелудочной железы
 3. Желудочного сока
 4. Смеси растительных ферментов
 5. Печеночных препаратов
10. Фермент дипептидаза вырабатывается
 1. В желудке
 2. В печени
 3. В поджелудочной железе
 4. В тонком кишечнике
 5. В толстом кишечнике
11. Конечные продукты деструкции белков под действием микрофлоры кишечника:
 1. пептиды
 2. индол
 3. дипептиды
 4. мочевины
 5. мочевая кислота
12. Полиненасыщенные жирные кислоты
 1. $C_{17}H_{31}COOH$, $C_{15}H_{31}COOH$
 2. $C_{17}H_{29}COOH$, $C_{17}H_{35}COOH$
 3. $C_{15}H_{31}COOH$, $C_{17}H_{35}COOH$
 4. $C_{17}H_{35}COOH$, $C_{19}H_{31}COOH$
 5. $C_{17}H_{29}COOH$, $C_{19}H_{31}COOH$
13. Энергетический коэффициент окисления жиров равен

1. 3,7 ккал	4. 7,1 ккал
2. 4,1 ккал	5. 9,3 ккал
3. 6,3 ккал	
14. Соли желчных кислот содействуют перевариванию
 1. полинуклеотидов
 2. белков
 3. полисахаридов
 4. пептидов
 5. жиров

15. Правильная последовательность перечисленных этапов преобразования пищевых жиров в ЖКТ человека.
1. Всасывание. 2. Эмульгирование. 3. Гидролиз жиров.
 1. 1 2 3 4. 3 2 1
 2. 2 1 3 5. 2 3 1
 3. 3 1 2
16. Правильная последовательность перечисленных этапов усвоения пищевых жиров в ЖКТ человека.
1. Образование хиломикронов. 2. Ресинтез ТАГ. 3. Всасывание продуктов гидролиза жиров.
 1. 1 2 3 4. 3 2 1
 2. 2 1 3 5. 2 3 1
 3. 3 1 2
17. В группе жирных кислот указаны только непредельные:
1. Пальмитиновая, олеиновая
 2. Олеиновая, стеариновая
 3. Миристиновая, пальмитиновая
 4. Линолевая, миристиновая
 5. Линолевая, линоленовая
18. Биологическая эффективность жира определяется количеством:
1. ненасыщенных жирных кислот
 2. эссенциальных жирных кислот
 3. насыщенных жирных кислот
 4. фосфолипидов
 5. стеридов
19. Полиненасыщенная жирная кислота, обладающая наибольшей физиологической активностью:
1. стеариновая
 2. миристиновая
 3. олеиновая
 4. арахидоновая
 5. пальмитиновая
20. Показатель характеризует непредельность жирных кислот, входящих в состав жира
1. иодное число
 2. кислотное число
 3. число омыления
 4. перекисное
 5. эфирное число
21. Ненасыщенные жирные кислоты, которые относятся к незаменимым и должны поступать с пищей
1. Стеариновая, пальмитиновая, олеиновая
 2. Олеиновая, пальмитиновая
 3. Олеиновая, стеариновая

4. Линолевая, линоленовая, арахидоновая
5. Олеиновая, линолевая
22. При гидролизе гликолипидов образуются продукты:
 1. Глицерин + ВЖК
 2. Высший спирт + ВЖК
 3. Сфингозин + ВЖК + углевод
 4. Стерол + ВЖК
 5. Глицерин + ВЖК + H_3PO_4 + азотистое основание
23. Ферменты, участвующие в переваривании углеводов
 1. Оксидоредуктазы
 2. Трансферазы
 3. Гидролазы
 4. Лиазы
 5. Лигаза
24. Углеводы расщепляются с помощью фермента
 1. Пепсина
 2. Химотрипсина
 3. Липазы
 4. Амилазы
 5. Трипсина
25. Меланоидинообразование -
 1. взаимодействие полиненасыщенных жирных кислот с флавоноидами
 2. взаимодействие полиненасыщенных жирных кислот друг с другом
 3. взаимодействие восстанавливающих сахаров с аминокислотами и белками
 4. взаимодействие восстанавливающих сахаров с гидроксидом меди
 5. взаимодействие восстанавливающих сахаров с окислителями
26. Относительная сладость сахаров определяется в условных единицах по отношению к _____, сладость которой принята за 100
 1. фруктозе
 2. сахарозе
 3. лактозе
 4. глюкозе
 5. мальтозе
27. Редуцирующие олигосахариды растительного сырья:
 1. сахароза
 2. мальтоза
 3. гликоген
 4. фруктоза
 5. амилоза
28. Усвояемый полисахарид:
 1. целлюлоза
 2. гемицеллюлоза

3. крахмал
 4. лигнин
 5. пектин
29. Не переваривается в ЖКТ человека углевод
1. Мальтоза
 2. Крахмал
 3. Целлюлоза
 4. Сахароза
 5. Гликоген
30. Микронутриенты
1. Углеводы
 2. Липиды
 3. Витамины
 4. Белки
 5. Жиры
31. К жирорастворимым относится витамин
- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. D | 4. B _c |
| 2. C | 5. B ₆ |
| 3. B ₁ | |
32. Из металлов, входящих в состав организма человека, в наибольшем количестве присутствуют...
1. Na, Fe, Mn
 2. Fe, K, Cu
 3. Ca, Mg, Co
 4. Na, K, Ca
 5. Zn, K, Na
33. Только водорастворимые витамины
1. A, D, E, Q
 2. K, F, C, D
 3. P, H, C, B₆
 4. K, Q, P, H
 5. H, E, B₆, D
34. Аппетитный вид мясным изделиям придаст применение нитрита натрия, имеющего пищевой код:
- | | |
|----------|----------|
| 1. E 250 | 4. E 306 |
| 2. E 250 | 5. E211 |
| 3. E300 | |
35. Красители, усиливающие или восстанавливающие цвет продукта:
- | | |
|-----------------|------------------|
| 1. E 100-E132 | 4. E 300-E399 |
| 2. E 600 - E699 | 5. E 400 - E 499 |
| 3. E 500-E599 | |
36. Неалиментарные компоненты пищи
1. пищевые волокна
 2. белки

- 3. углеводы
- 4. липиды
- 5. микронутриенты
- 37. Растворимые в воде пищевые волокна
 - 1. Фитины
 - 2. Лигнины
 - 3. Пектины
 - 4. Целлюлоза
 - 5. Крахмал
- 38. Жирорастворимое биологически активное вещество
 - 1. Токоферол
 - 2. Ниацин
 - 3. Пектин
 - 4. Рутин
 - 5. Биотин
- 39. Ферментативное окисление жира происходит при участии:
 - 1. Липазы
 - 2. Карбоксилазы
 - 3. Гидратазы
 - 4. Фосфорилазы
 - 5. Липоксигеназы
- 40. Условия для осуществления меланоидинообразования:
 - 1. наличие редуцирующего углевода и свободных аминогрупп
 - 2. кислая среда и наличие редуцирующего углевода
 - 3. щелочная среда и наличие редуцирующего углевода
 - 4. наличие редуцирующего углевода и свободных карбоксильных групп
 - 5. наличие свободных карбоксильных групп и свободных аминогрупп

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаппаров М.М., Мойсеенок А.Г. Биохимические основы нутроциологии // Питание и обмен веществ. Сборник статей. - 2005. - Вып.3 С.5-10.
2. ГОСТ 8756.13-87. Межгосударственный стандарт. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров- М.: Стандартинформ, 2010.
3. ГОСТ Р 54386-2011. Мёд. Методы определения активности сахаразы, диастазного числа, нерастворимого вещества. - М.: Стандартинформ, 2012.
4. Заикина В. И. Экспертиза меда и способы обнаружения его фальсификации: Учебное пособие. - М.: Дашков и К°, 2012.
5. Методы биохимического исследования растений // Под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987.
6. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочетков А.А. и др. Пищевая химия / Под ред. А.П. Нечаева. Издание 4-е, испр. и доп. - СПб.: ГИОРД, 2007.
7. Панова Т.М., Щеголев А.А. Технология и оборудование для переработки растительного сырья. - Екатеринбург: Редакционно-издательский отдел УГЛТУ, 2010.
8. Покровский А.А. Метаболические аспекты фармакологии и токсикологии пищи. - М.: Медицина, 1979.
9. Позняковский В.М. Гигиенические основы питания и экспертизы продовольственных товаров. - Н-ск: Изд-во НГУ, 1996.
10. Продукты мясные. Методы определения нитрита и нитрата. ГОСТ 8558.1-78. – М.: Изд-во стандартов, 1993.
11. Рогов И.А., Антипова Л.В., Дунченко Н.И. Химия пищи.- М.: Колос, 2007.
12. Рогожин В. В. Биохимия молока и молочных продуктов.– СПб.: ГИОРД, 2006.
13. Сагимбекова Н.Б. Экспертиза пищевых продуктов: методическое руководство. – Алматы: Қазақ университеті, 2004.
14. Скурихин И. М., Нечаев А.П. Всё о пище с точки зрения химика. - М.: Высш. шк., 1991.
15. Тулупов В.П., Приходько Е.И., Фомиченко Э.И. Токсико-гигиеническая оценка нитратов в пищевых продуктах // Вопросы питания.- 2001. - №2. - С.32-35.
16. Филиппович Ю.Б., Егорова Т.А. Севастьянова Г.А. Практикум по общей биохимии. - М.: Просвещение, 1982.
17. Филиппович Ю.Б., Коничев А.С., Севастьянова Г.А., Кутузова Н.М. Биохимические основы жизнедеятельности человека. - М: ВЛАДОС, 2005.