

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

**И.Э. Бражная, С.Ю. Дубровин, Б.Ф. Петров, В.И. Волченко,  
В.В. Корчунов**

**ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ (ХИМИЯ ПИЩИ)**

**Учебное пособие**

*Рекомендовано Ученым советом МГТУ в качестве учебного пособия по  
дисциплинам "Пищевая химия", "Химия пищи"*

*для обучающихся по направлениям*

*19.03.03 «Продукты питания животного происхождения»,*

*19.03.04 «Технология производства и организация общественного пита-  
ния», 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»*

Мурманск

2018

**УДК 577.12 : 663/664(076.5)**

**ББК 36-1**

**П 36**

**Пищевая химия (химия пищи) : лабораторный практикум : учеб. пособие по дисциплинам "Пищевая химия", "Химия пищи" для обучающихся по направлениям 19.03.03 «Продукты питания животного происхождения», 19.03.04 «Технология производства и организация общественного питания», 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»/ И.Э. Бражная, С.Ю. Дубровин, Б.Ф. Петров, В.И. Волченко, В.В. Корчунов. – Мурманск**

В пособии в соответствии с программой курса "Пищевая химия" ("Химия пищи") излагаются основные темы разделов курса: химический состав пищевых продуктов, гидролиз белка, влияние режимов промывки на состав и свойства белоксодержащего сырья, изменение состава углеводов в растительном сырье при тепловой обработке, изменение содержания сахаров в процессе приготовления изделий из теста, влияние стабилизирующих добавок на структурные свойства пищевых продуктов, влияние процесса обжаривания пищевых продуктов на качество растительного масла, влияние различных видов обработки на сохранность  $\beta$ -каротина в пищевых продуктах.

Рецензенты: преподаватель высшей категории ГАПОУ МО «Мурманский строительный колледж им. Н.Е. Момота», к.т.н. Лобода Е.А.; АНО ВО Центросоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации».

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Краткие теоретические сведения.....	6
Практическая работа № 1. Определение биологической ценности белковой составляющей пищевых продуктов.....	16
Лабораторная работа 1. Изучение процесса гидролиза белков .....	17
Часть 2. Липиды и их превращения.....	23
Краткие теоретические сведения.....	23
Практическая работа № 2. Определение биологической ценности липидов пищевых продуктов .....	29
Лабораторная работа 2. Влияние параметров процесса обжаривания пищевых продуктов на качество растительного масла.....	31
Часть 3. Углеводы и их превращения.....	35
Краткие теоретические сведения.....	35
Лабораторная работа 3. Изучение изменения состава углеводов в растительном сырье в процессе тепловой обработки .....	40
Часть 4. Общая оценка пищевых продуктов с точки зрения сбалансированности.....	43
Краткие теоретические сведения.....	43
Лабораторная работа 4. Изучение химического состава пищевых продуктов.....	50
Практическая работа № 4. Оценка степени удовлетворения суточной потребности человека в пищевых веществах (по А.А. Покровскому) .....	69
Часть 5. Влияние способов и режимов технологической обработки на свойства пищевого сырья.....	73
Краткие теоретические сведения.....	73
Лабораторная работа 5. Изучение влияния режимов промывки на состав и свойства фарша из мышечной ткани рыб .....	93
Лабораторная работа 6. Изучение изменения содержания сахаров в процессе приготовления изделий из теста.....	111
Лабораторная работа 7. Влияние различных стабилизирующих добавок на структурные свойства пищевых продуктов.....	120
Проведение испытания .....	128
Вопросы для самопроверки .....	129
Лабораторная работа 8.....	130
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	132

## Введение

Питание является важнейшим условием существования человека, а производство продуктов питания – одной из сторон человеческой культуры. Качество продуктов, своевременность и регулярность их употребления решающим образом влияют на человеческую жизнь во всех ее проявлениях.

Все необходимое для жизнедеятельности, кроме кислорода, человек получает при употреблении пищи. По данным ООН, на Земле в настоящее время проживает не многим более 7,5 млрд человек, которые потребляют около 4,9 млн т пищи в сутки. В пересчете на основные органические компоненты продуктов это составляет: белка – 0,74 млн т (15,1 %); жиров – 0,86 млн т (17,6 %); углеводов – 3,3 млн т (67,3 %).

Человечество испытывало и продолжает испытывать дефицит питательных веществ (нутриентов), особенно не хватает продуктов с высоким содержанием белка, но простое увеличение количества потреблённой пищи не может решить всех проблем дефицита питательных веществ, поскольку необходимо, чтобы питание было рациональным.

С употребляемыми в пищу продуктами организм человека получает весь пластический материал, расходуемый на построение клеток, тканей, органов, которые непрерывно обновляются. Так, в организме взрослого человека полная замена белковых молекул происходит примерно за 14 суток.

Пища также является источником энергии, затрачиваемой организмом на выполнение разнообразных функций, и поставщиком резервных материалов, откладываемых в некоторых тканях и органах (жир в жировых тканях; гликоген – в печени и т. д.). Кроме того, с пищей в организм поступают биологически активные вещества.

Для правильной организации питания необходимо знать химический и биохимический состав пищевого сырья и продуктов питания, иметь представление о превращениях компонентов пищевых продуктов при хранении в различных условиях, консервировании или кулинарной обработке, а также о пищеварительных процессах.

Дисциплина "Пищевая химия" ("Химия пищи") изучает состав и свой-

ства пищевого сырья и готовых продуктов, их изменения при хранении и различных видах технологической обработки.

Лабораторный практикум включает в себя теоретический материал и методические указания к выполнению восьми лабораторных работ по данной дисциплине. Представленные работы охватывают все основные разделы дисциплины и направлены на изучение влияния различных видов технологической обработки на химический состав и свойства пищевых продуктов из животного, растительного сырья и сырья водного происхождения.

## Часть 1. Белки и аминокислоты

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Качество продуктов питания оказывает большое влияние на организм человека и его здоровье. Ингредиенты пищевых веществ, поступая в организм человека и преобразуясь в ходе различных биохимических реакций в структурные элементы клеток, обеспечивают его пластическим материалом и энергией, влияют на работоспособность, активность и продолжительность жизни. Кроме того, продукты питания могут оказывать профилактическое и лечебное воздействие.

Различают два вида обмена веществ в организме – основной и дополнительный. Основной обмен веществ связан со всеми жизненно важными физиологическими процессами, протекающими в организме (дыхание, кроветворение, пищеварение и т. д.). Другими словами, основной обмен веществ – это минимальное количество энергии, необходимое человеку для поддержания жизни в состоянии полного покоя. Дополнительный обмен веществ связан с затратами энергии на выполняемую человеком работу, в основном это затраты энергии на мышечную деятельность.

Количество энергии, выделяемое при усвоении организмом какого-либо пищевого продукта, называется его калорийностью. Установлено, что при окислении 1 г жира организм получает 37,7 кДж энергии, 1 г белка – 16,7 кДж, 1 г углеводов – 15,7 кДж. Однако питательные вещества усваиваются организмом не полностью. Животные белки имеют более высокую усвояемость, чем растительные. Одной из причин низкой усвояемости растительных белков является их взаимодействие с полисахаридами (целлюлозой, гемицеллюлозами), которые затрудняют доступ пищеварительных ферментов к полипептидам. Например, белки молока, молочных продуктов, яиц усваиваются на 96 %, белки мяса и рыбы – на 93–95 %, белки хлеба – на 62–86 %, овощей – на 80 %, картофеля и некоторых бобовых – на 70 %. Жиры в среднем усваиваются на 94 %, углеводы – на 95,6 %. Поэтому при определении калорийности пищевых продуктов учитывают коэффициент усвояемости.

Потребность человека в пищевых продуктах зависит от многих факторов – возраста, пола, массы тела, состояния здоровья, климатических условий, профессии и т. д. Калорийность пищевого рациона должна соответствовать энергетическим затратам организма. Для нормальной жизнедеятельности человека необходимо определенное соотношение белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ.

Норма потребления **белка**, по данным ФАО, составляет 12–15 % общей калорийности суточного рациона человека, или 90–100 г, 60–70 % приходится на белок животного происхождения.

Известно, что около 95 % населения земного шара испытывают белковый дефицит, особенно в животных белках, отличающихся полным

набором и сбалансированностью аминокислотного состава.

Мировое производство животного пищевого белка в четыре раза меньше его потребности. Ежегодный дефицит такого белка только в нашей стране составляет 1,6 млн т. Анализ структуры питания населения свидетельствует об ухудшении ситуации: отмечено снижение объемов потребления белка на 7 %, в том числе животного – на 18 %.

В связи с дефицитом животного белка около 70 % общей его потребности население восполняет за счет других источников, поэтому существует опасность нарушения белкового обмена, связанного с метаболизмом отдельных аминокислот и общим их недостатком в рационе питания. Иногда белковое голодание является вторичным и развивается на фоне других заболеваний, например при нарушении процессов переваривания белков в пищеварительном тракте, при кровотечениях, ожоговой болезни, глистных инвазиях, раке, поражении печени и других заболеваниях. Значительно чаще встречается качественное белковое голодание, связанное с нарушением соотношения аминокислот, которое может иметь экзогенную (при недостатке незаменимых аминокислот в диете) или эндогенную (при недостатке отдельных аминокислот внутри организма) природу. Так, постоянная нехватка белков в питании детей вызывает у них заболевание квашиоркор. При этом отмечается задержка роста, развиваются анемия, отеки тканей, дегенеративные изменения в печени, почках и поджелудочной железе. Смертность больных квашиоркором очень высока. Даже если они выживают, то длительная недостаточность белка приводит к необратимым нарушениям физиологических функций в их организме. Кроме того, недостаток белка в раннем возрасте вызывает нарушение умственных способностей.

Недостаток какой-либо аминокислоты проявляется в виде заболеваний с характерными признаками. Например, недостаток триптофана приводит к нарушению функций сердца и помутнению хрусталика (катаракта), снижение уровня метионина – к поражению поджелудочной железы и жировой инфильтрации печени, лизина – к изменению процессов торможения в центральной нервной системе.

Недостаток в рационе хотя бы одной незаменимой аминокислоты ведет к неполному усвоению других аминокислот. С другой стороны, потребность в той или иной незаменимой аминокислоте может быть частично компенсирована заменимой аминокислотой. Так, фенилаланин может быть частично заменен тирозином, метионин – гомоцистеином с добавлением необходимого количества доноров метильных групп, присутствие глутаминовой кислоты снижает потребность в аргинине.

Эндогенные нарушения обмена аминокислот могут быть вызваны наследственными заболеваниями, которые приводят к снижению активности ферментов, ответственных за синтез заменимых аминокислот и их превращения. Так, например, нарушение метаболизма тирозина приводит к



появлению специфической (от желтой до коричневой и даже черной) окраски хрящей ушных раковин, кончика носа, а иногда и склер вследствие отложения в них соответствующих пигментов. При нарушении синтеза пигмента меланина возникает альбинизм, который проявляется в отсутствии характерной окраски волос, радужной оболочки глаз и кожи.

Рациональное питание предполагает обеспеченность организма достаточным количеством белков, жиров, углеводов, минеральных веществ, витаминов, воды и поступление этих веществ в определенных сбалансированных по отношению друг к другу количествах. Например, рекомендуемое соотношение между белками, жирами и углеводами – 1 : 1 : 4, растительными и животными жирами – 1 : 3, кальцием и фосфором – 1,0 : 0,5–1,8, между белками и витамином С – 1 : 1 000.

Белки необходимы для обеспечения организма незаменимыми аминокислотами, причем в определенном соотношении. Для взрослых людей суточное потребление незаменимых аминокислот варьирует от 0,5 г (триптофан) до 1–5 г (лейцин, фенилаланин, лизин). Суточная потребность в белках и незаменимых аминокислотах (в мг/кг массы тела в сутки) для взрослых приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Суточная потребность в белках и незаменимых аминокислотах для взрослых (в мг/кг массы тела)

<b>Белки</b>	<b>660</b>
<b>Незаменимые аминокислоты:</b>	
<b>валин</b>	<b>26</b>
<b>изолейцин</b>	<b>20</b>
<b>лейцин</b>	<b>39</b>
<b>лизин</b>	<b>30</b>
<b>Метионин+цистеин</b>	<b>15<sup>1</sup></b>
<b>треонин</b>	<b>15</b>
<b>триптофан</b>	<b>4</b>
<b>фенилаланин+тирозин</b>	<b>25</b>
<b>гистидин</b>	<b>10</b>

Потребность растущего организма в белке и незаменимых аминокислотах более высокая и колеблется в зависимости от возраста ребенка (таблица 2).

<sup>1</sup> Рекомендуется 10-11 мг метионина и около 4 мг цистеина на кг в сутки

Таблица 2 Потребность детей в белке и незаменимых аминокислотах (на 1 кг массы тела)

Показатель	Суточная потребность в зависимости от возраста	
	1–2 года	3–10 лет
Белки, г	0,86	0,73
Аминокислоты, мг:		
валин	36	29
изолейцин	27	23
лейцин	54	44
лизин	45	35
метионин + цистин	22	18
треонин	23	18
триптофан	6,4	4,8
фенилаланин + тирозин	40	30
гистидин	15	12

Для полного удовлетворения потребности детского организма в аминокислотах от 80 до 100 % суточного количества белка должно поступать за счет продуктов животного происхождения.

Суточным пищевым рационом за счет белков должно обеспечиваться примерно 12–15 % энергетической потребности организма. Для студентов и женщин эти нормы на 15–20 % меньше, чем для мужчин. Это связано с тем, что белки восполняют в организме энергетические затраты, связанные с физическими и нервными нагрузками, неблагоприятными воздействиями внешней среды. Потребление 0,66 г белка на 1 кг массы тела принято считать рекомендуемой нормой для взрослых при условии адекватного количества незаменимых аминокислот в потребляемой пище при высокой степени ее усвоения.

Физиологические нормы питания положены в основу планирования производства большинства пищевых продуктов. Ввиду многообразия природных белков для источников питания приняты оценочные критерии, в частности питательная ценность, или качество белка.

Питательная ценность белка определяется двумя факторами: аминокислотным составом и степенью усвояемости белка живым организмом. В свою очередь, усвояемость белка складывается из его переваримости ферментами пищеварительного тракта и доли всасывания в тонком отделе кишечника.

На практике с определенной степенью условности белковые продукты подразделяют на две группы. В первую входят продукты животного происхождения: молоко, мясо, яйца, рыба, белки которых легко и полностью усваиваются организмом человека. Ко второй группе относят большинство продуктов растительного происхождения, в частности пшеницу, рис, кукурузу и другие злаковые, белки которых усваиваются организмом не полностью и не содержат полного набора незаменимых аминокислот. Условность подобного деления связана с высокой биологической ценностью ряда белков растительного происхождения (картофеля, гречихи, сои, подсолнечника) и низкой биологической ценностью некоторых продуктов животного происхождения (желатина, кожа, сухожилия). Однако большинство животных белков, как правило, содержит все незаменимые аминокислоты в соотношении, необходимом для человеческого организма.

Длительное потребление исключительно растительной пищи неизбежно приводит к дисбалансу аминокислот, что нарушает многие функции организма. Особенно чувствительны к недостатку аминокислот дети.

Для определения соответствия аминокислотного состава белков потребностям человека предложен ряд показателей. Наиболее точное представление о биологической ценности белка дает показатель "аминокислотный скор", АС, %, который рассчитывается для каждой незаменимой аминокислоты по формуле

$$AC_i = \frac{\omega_{di}}{\omega_{ni}} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $\omega_{di}$  содержание данной ( $i$ -й) аминокислоты в данном белке, %;

$\omega_{ni}$  содержание данной ( $i$ -й) аминокислоты в «идеальном» белке, %.

ФАО/ВОЗ разработала шкалу идеального белка, из которой и берут значение  $\omega_{ni}$ . Последний утверждённый вариант этой шкалы приведён в таблице 3.

Таблица 3 – Шкала идеального белка ФАО/ВОЗ

Аминокислота	Содержание в идеальном белке, %
Валин	3,9
Изолейцин	3
Лейцин	5,9
Лизин	4,5
Метионин + цистеин	2,2
Треонин	2,3
Триптофан	0,6
Фенилаланин + тирозин	3,8
Гистидин	1,5

На практике аминокислотный скор чаще всего выражают в процентах, для этого полученную величину умножают на 100.

Аминокислота, у которой скор наименьший называется "лимитирующей". Если лимитирующих аминокислот несколько, то среди них выделяют главную лимитирующую, скор которой минимален. Белок считают полноценным, если в нём нет лимитирующих аминокислот, т.е. скор всех незаменимых аминокислот не менее 100 % (на практике достаточно, чтобы скор был более 90-95 %). Белки животного происхождения, как правило, не содержат лимитирующих аминокислот. Из белков растительного происхождения наименьшей биологической ценностью обладают белки ряда злаковых, особенно пшеницы (50 %) и кукурузы (45 %), лимитирующими аминокислотами в которых являются лизин, треонин и триптофан. При термической обработке пищевых продуктов как свободный, так и входящий в состав белков лизин способен вступать своей свободной  $\epsilon$ -аминогруппой в реакцию меланоидинообразования, что еще больше снижает аминокислотный скор данной аминокислоты.

Аминокислотный скор показывает предел использования организмом азота данного вида белка для пластических целей. Избыток остальных содержащихся в белке аминокислот может служить источником неспецифического азота или использоваться организмом на энергетические нужды.

Возможность утилизации организмом аминокислот определена минимальным скором одной из аминокислот и может быть охарактеризована показателем утилитарности, который определяется по формуле

$$A_i = A C_{min} / A C_i, \quad (2)$$

где  $A C_i$  – аминокислотный скор данной аминокислоты;

$A C_{min}$  – минимальный аминокислотный скор.

Этот показатель также может выражаться в процентах, для чего полученную величину умножают на 100.

Показатель утилитарности используется для расчета коэффициента утилитарности аминокислотного состава  $U$ , который достаточно полно отражает сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к эталону:

Коэффициент утилитарности аминокислотного состава  $U$  рассчитывают по формуле

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot \frac{\omega_{di}}{100}}{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_{di}}{100}}, \quad (3)$$

где  $n$  – количество аминокислот по шкале;

$\omega_{di}$  содержание данной ( $i$ -й) аминокислоты в данном белке, %.

Для идеально сбалансированного белка коэффициент  $U$  будет стремиться к единице, на практике он значительно меньше. Он может быть равен нулю в том случае, если в белке отсутствует хотя бы одна из незаменимых аминокислот.

О сбалансированности состава незаменимых аминокислот также можно

судить по показателю сопоставимой избыточности

$$\sigma_c = \sigma_n / \sigma_{\min} \quad (4)$$

где  $\sigma_n$  – показатель избыточности содержания незаменимых аминокислот, г;  $\sigma_{\min}$  – минимальный из скоров незаменимых аминокислот белка по отношению к скору этой же аминокислоты в эталоне, %.

Таким образом, минимальная утилизация организмом незаменимых аминокислот белка соответствует случаям, когда их скоры максимальны или близки к максимуму.

Различия в усвояемости могут быть обусловлены природой белка, наличием клетчатки и полифенолов, которые снижают усвоение, и химическими реакциями, изменяющими выделение аминокислот из белков в ходе ферментативных процессов. Все это необходимо учитывать при расчете потребности в белке путем ввода соответствующих поправочных коэффициентов.

Другим способом оценки сбалансированности белка является расчёт коэффициента различия аминокислотного состава (КРАС), определяемого по формуле

$$\text{КРАС} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta \text{РАС}_i}{n}, \quad (5)$$

где  $\Delta \text{РАС}_i$  различие аминокислотного сора для  $i$ -й аминокислоты.

Чтобы определить  $\Delta \text{РАС}_i$  для каждой аминокислоты в шкале, надо определить разность аминокислотного сора этой аминокислоты и аминокислоты, скор которой минимален<sup>2</sup>

$$\Delta \text{РАС}_i = \text{АС}_i - \text{АС}_{\min}, \quad (6)$$

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС} \quad (7)$$

Биологическая ценность белков, определенная химическими методами, не совпадает с показателями, определенными биологическими методами.

Обычно о переваримости и усвояемости белков судят по задержанию (ретенции) азота в организме и на основании этого показателя определяют биологическую ценность белка.

Рассматривая биологическую ценность отдельных белков, следует учитывать, что практически во все рационы питания входят не отдельные белки, а их совокупность. Различные белки дополняют друг друга, тем самым усредняя показатель усвоения белкового азота. Так, при потреблении смешанной пищи (растительной и животной) показатель усвояемости белков сравнительно постоянен и равен 85 %.

<sup>2</sup> Очевидно, что для аминокислоты с минимальным скором  $\Delta \text{РАС}_i$  будет равно 0

Усвояемость – это разница между количеством белкового азота, поступающего с пищей и выделенного с испражнениями. Усвояемость зависит от активности пищеварительных протеиназ и других ферментов, доступности субстратов для их действия, структурно-механических свойств пищи, ее состава и размера частиц. При этом большое значение имеют органолептические свойства пищи (вкус, запах, внешний вид), стимулирующие выделение пищеварительных секретов и способствующие более эффективному перевариванию.

При лабораторных исследованиях часто ограничиваются оценкой переваримости субстрата *in vitro* под действием основных пищеварительных ферментов (пепсин + трипсин) в условиях, приближенных к условиям желудочно-кишечного тракта животных.

Очень важным вопросом при хранении пищевого сырья и использования его в технологии являются изменения, происходящие при его хранении; и белковым веществам в этом плане уделяют особое внимание. В живом организме реакции, протекающие при участии ферментов, идут в двух направлениях:

- распад веществ;
- синтез необходимых организму веществ.

После смерти организма ферментативные процессы приобретают одностороннюю направленность и сводятся к распаду веществ. При этом основную роль играют ферменты. Для каждого вида ферментов существует определенный температурный оптимум, при котором наблюдается их наибольшая активность. При температурах, близких к 0 °С и ниже, ферментативная активность замедляется. Экспериментально установлено, что некоторые ферментативные реакции протекают даже при температурах около –60 °С. Среди ферментов, расщепляющих белки, различают тканевые ферменты (катепсины) и ферменты пищеварительной системы (пепсин и трипсин).

Катепсины относятся к группе протеиназ, которые гидролизуют пептидные связи в белковой молекуле, могут расщеплять пептиды и их производные. Максимальная активность катепсинов у разных видов пищевого сырья чаще всего приходится на область рН 3,5–4,5 и проявляется при температуре 35 °С. Так, протеолиз мышечных белков рыбы начинает активизироваться после завершения стадии посмертного окоченения, когда в результате снижения рН складываются благоприятные условия для работы протеолитических ферментов. В рыбном и мясном сырье протеолиз начинается в системах организма с повышенным содержанием тканевых ферментов, таких как кровеносная система и желудочно-кишечный тракт. В результате протеолиза повышается проницаемость тканей, и ферменты проникают в брюшную полость, где, контактируя с ферментами пищеварительной системы, ускоряют процесс гидролиза белков. Основное влияние на скорость развития протеолиза оказывает температура хранения – с

понижением температуры протеолиз замедляется. Под действием протеиназ белки расщепляются до пептонов и полипептидов. Пептидазы гидролизуют пептоны и полипептиды до свободных аминокислот. Одновременно происходит ферментативное дезаминирование аминокислот до аммиака и восстановление триметиламинооксида в триметиламин. Признаком развивающегося протеолиза является накопление в тканях небелковых азотистых веществ, представленных в основном свободными аминокислотами и азотистыми основаниями.

Об интенсивности протеолиза часто судят по скорости накопления аминокислот в мышечной ткани, хотя это не совсем оправдано. Дело в том, что большинство катепсинов (пепсиной трипсиноподобных) относятся к эндопептидазам. В результате их действия образуются различные по длине полипептиды, а не свободные аминокислоты. Поэтому даже если увеличение содержания аминокислот не наблюдается, это не значит, что протеолиз не протекает. Об интенсивности протеолиза можно также судить по нарастанию аминного азота.

Следует также отметить, что саркоплазматические белки мяса играют значительную роль в накоплении свободных аминокислот и нарастании аминного азота. Эти белки имеют глобулярную структуру и легко взаимодействуют с катепсинами.

Для рыбного сырья характерно различие в химическом составе и ферментативной активности между красным и белым мясом. Это связано с кислородным характером обмена веществ в красных мышцах. При этом в белых мышцах метаболические процессы протекают в бескислородных условиях и энергия образуется за счет распада гликогена. В красных мышцах главным источником энергии являются липиды. Большинство ферментов, содержащихся в красных мышцах, характеризуются более высокой активностью, чем содержащихся в белых. Это относится к таким ферментам как деметилаза, триметиламинооксида, фосфатаза, фосфорилаза, аминопептидаза, аргиназа и др. Из гидролаз наиболее активна липаза, активность которой в красных мышцах примерно в пять раз выше, чем в белых. Поэтому гидролиз рыбного сырья с большим количеством красных мышц идет активнее.

В результате протеолиза изменяются органолептические и пластические свойства сырья. Повышение проницаемости клеточных стенок способствует перемещению плазмы в межклеточное пространство и область миосепт. Это облегчает выделение сока при технологической обработке мяса и рыбы. Гидролиз белков снижает водоудерживающую способность тканей и приводит к снижению упругоэластических свойств. Гидролиз белков соединительной ткани ослабляет связь между мышечными волокнами, снижает их устойчивость к механическому и тепловому воздействию.

Для предотвращения нежелательных изменений, вызываемых протеолизом, при переработке животного сырья необходимо производить его

обескровливание, удалять внутренности и тщательно зачищать брюшную полость.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ БЕЛКОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

**Цель работы** – оценить биологическую ценность белковой составляющей заданного пищевого продукта (сырья).

### **Задачи:**

1. Определить аминокислотный состав белка заданного продукта
2. Рассчитать аминокислотный скор для всех незаменимых аминокислот заданного продукта
3. Рассчитать значения коэффициента утилитарности отдельных аминокислот и аминокислотного состава.
4. Рассчитать значения коэффициента различия аминокислотного состава (КРАС) и биологической ценности (БЦ) для заданного продукта (сырья)
5. Сделать вывод о возможности и целесообразности использования данного вида продукта (сырья) в качестве белкового продукта.

Ориентировочное время выполнения практической работы – 4 часа.

### **Порядок выполнения работы**

Каждый обучающийся получает в качестве задания название и характеристику продукта (например, «свинина жирная», «мука пшеничная 1 сорта» и т.п.). По справочным данным необходимо выписать:

1. Содержание белка в продукте
2. Содержание незаменимых аминокислот и аминокислот, рассчитываемых вместе с ними (цистеин и тирозин).

В большинстве справочников содержание аминокислот приведено в пересчёте на 100 г продукта, т.е. в мг/100 г, или (что то же самое) в мг%. Но для расчёта аминокислотного сора необходимо провести перерасчёт на содержание аминокислоты в белке. Для этого можно воспользоваться очевидной формулой:

$$\omega_{ди} = \frac{A_{пи} \cdot 100}{B \cdot 1000}, \quad (8)$$

где  $\omega_{ди}$  – массовая доля данной аминокислоты в данном белке;

$B$  – массовая доля белка в продукте;

$A_{пи}$  – содержание данной аминокислоты в продукте, мг/100 г.

Далее рассчитывают аминокислотный скор для каждой незаменимой аминокислоты по формуле (1).

После этого выявляют аминокислоту, скор которой меньше всего. Если он оказывается меньше 100 %, то делают вывод о биологической неполноценности данного белка для организма человека, в противном слу-



чае – о биологической полноценности.

Затем для каждой незаменимой аминокислоты по формуле (2) определяют значение показателей утилитарности каждой из незаменимых аминокислот  $A_i$ . На основании проведенного расчета по формуле 3 определяют значение коэффициента утилитарности аминокислотного состава.

Далее рассчитывают значения  $\Delta P A C_i$  для каждой незаменимой аминокислоты по формуле (6), значение КРАС по формуле (5) и значение биологической ценности БЦ по формуле (7).

На основании проведенных расчетов делают вывод о полноценности и сбалансированности белка выбранного продукта.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое белок? Что такое первичная, третичная, четвертичная структура?
2. От чего зависит биологическая ценность белка?
3. Что такое «лимитирующая аминокислота»? Во всех ли белках она присутствует?
4. Как рассчитать аминокислотный скор?
5. Всегда ли наибольший скор любой из незаменимых аминокислот обуславливает наибольшую биологическую ценность? Если да, то почему, если нет, то в каком случае это неверно?
6. Что такое КРАС, когда он будет больше?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ГИДРОЛИЗА БЕЛКОВ**

**Цель работы** – изучить процесс ферментативного гидролиза белков на примере мышечной ткани рыбы.

### **Задания:**

1. Подготовить пробу для исследования согласно выданному заданию.
2. Исследовать степень и глубину гидролиза белков мышечной ткани в процессе эксперимента по следующим показателям:
  - изменение содержания небелкового азота (НБА) и аминного, или формально-титруемого азота (ФТА);
  - буферность.
3. Сделать заключение о влиянии продолжительности и условий эксперимента на процесс гидролиза белковых веществ.

### **Порядок выполнения работы**

Учебную группу студентов делят на подгруппы по два-три человека. Каждая группа получает образец рыбы или мяса. Образец необходимо тщательно промыть и отделить мышечную ткань (рыбное сырье разделя-

вают на филе). При разделке рыб, обладающих высокой активностью ферментных систем желудочно-кишечного тракта, внутренние органы собирают в отдельную посуду для последующего использования в качестве источника протеолитических ферментов. Подготовленный образец измельчают на мясорубке, собирают в отдельную емкость и взвешивают. Масса пробы должна быть около 400 г.

Далее пробу готовят по одному из указанных преподавателем вариантов. После тщательного перемешивания пробы из нее отбирают навеску, необходимую для определения массовой доли НБА и ФТА, а также буферности (нулевая точка). Оставшуюся часть пробы помещают в холодильник для проведения гидролиза при температуре около +4 °С.

Через равные промежутки времени производится отбор проб для определения выше указанных показателей.

Полученные данные заносятся в таблицу, аналогичную таблице 4.

Таблица 4 – Влияние продолжительности хранения на показатели, характеризующие степень и глубину гидролиза белков

Характеристика пробы	Продолжительность хранения, сут	Массовая доля, %		Буферность, град
		НБА	ФТА	

По данным таблицы строят графики изменения указанных показателей в процессе опыта и сравнивают с результатами, полученными в ходе эксперимента в других учебных подгруппах. На основании анализа графического материала делают вывод о влиянии условий эксперимента на протекание процессов гидролиза белковых веществ мышечной ткани.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 1. Определение буферности

Метод основан на изменении буферности – буферной емкости продуктов расщепления белка, растворенных в воде и слабых солевых растворах.

Буферность устанавливают по объему 0,1 н раствора щелочи, необходимого для изменения концентрации водородных ионов (рН) водной вытяжки рыбы (соотношение рыба : вода 1 : 10) от 8,2 до 9,8, и условно выражают в градусах.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы технические; ступки фарфоровые; баня водяная; плита электрическая; фильтры бумажные; колбы мерные вместимостью 100 см<sup>3</sup>; фенолфталеин (1 %-й р-р); тимолфталеин (1 %-й р-р); гидроксид натрия (0,1 н р-р).

#### Проведение испытания

Навеску фарша массой 10 г, взвешенную с погрешностью не более 0,01 г, тщательно растирают палочкой в фарфоровой ступке с холодной дистиллированной водой, взятой в объеме 5–10 см<sup>3</sup>. Смесь количественно переносят кипящей дистиллированной водой в мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup> до 2/3 объема. Содержимое колбы хорошо перемешивают и выдерживают в кипящей водяной бане в течение 5 мин, охлаждают до комнатной температуры, доливают холодной дистиллированной водой до метки, перемешивают и фильтруют через сухой складчатый фильтр.

В две колбы отбирают по 10 см<sup>3</sup> фильтрата. В одну колбу вносят три капли 1 %-го раствора фенолфталеина и жидкость титруют 0,1 н раствором гидроксида натрия до слабо-розовой окраски. В другую колбу вносят 10 капель 1 %-го раствора тимолфталеина и титруют 0,1 н раствором гидроксида натрия до ярко-голубой окраски.

В конце титрования с обоими индикаторами окраску растворов в колбах сравнивают с окраской растворов сравнения.

Буферность ( $X_{\text{БУФ}}$  в градусах) вычисляют по формуле

$$X_{\text{БУФ}} = (V_2 - V_1) \cdot k \cdot 100, \quad (9)$$

где  $V_1$  – объем 0,1 н раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование с фенолфталеином, см<sup>3</sup>;  $V_2$  – объем 0,1 н раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование с тимолфталеином, см<sup>3</sup>;  $k$  – поправочный коэффициент щелочи; 100 – условный коэффициент, принятый для пересчета в градусы.

За окончательный результат испытаний принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 10 град.

## 2. Определение содержания небелкового азота (НБА)

Метод основан на отделении небелковых азотистых веществ от белковых путем осаждения последних трихлоруксусной кислотой.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы аналитические; весы технические; колбы Къельдаля; цилиндры мерные вместимостью 25 см<sup>3</sup>; колбы отгонные вместимостью 500 см<sup>3</sup>; парообразователь; холодильник водяной; плита электрическая; колбы плоскодонные вместимостью 250 см<sup>3</sup>; кислота серная (плотность 1 840 кг/м<sup>3</sup>); кислота серная (0,1 н р-р); гидроксид натрия (33 %-й р-р); гидроксид натрия (0,1 н р-р); кислота трихлоруксусная (ТХУ); купорос медный (крист.); индикатор метиловый красный; индикатор универсальный РКС; марля; бумага фильтровальная.

### Проведение испытания

Навеску фарша 50 г, взвешенную с погрешностью не более 0,01 г, растирают в ступке со 100 г дистиллированной воды, переносят в мерную колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup>, настаивают 30 мин при периодическом взбалтывании, после чего доводят до метки дистиллированной водой и фильтруют через марлю, сложенную в четыре слоя.

В коническую колбу отбирают 100 см<sup>3</sup> полученного фильтрата и небольшими порциями при взбалтывании жидкости приливают к ней 25 см<sup>3</sup> 20 %-го раствора трихлоруксусной кислоты. Для интенсификации осаждения пробу осторожно подогревают на водяной бане. После 30-минутного отстаивания жидкость отфильтровывают через сухой складчатый фильтр. В колбу Къельдаля отбирают 10 см<sup>3</sup> фильтрата и проводят минерализацию. С этой целью в колбу вносят 5 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты (плотность 1 840 кг/м<sup>3</sup>) и добавляют несколько мелких кристаллов медного купороса (0,2–0,3 г). Затем колбу с содержимым осторожно нагревают в вытяжном шкафу, не допуская разбрызгивания жидкости. Когда содержимое колбы станет однородным, нагревание прекращают, колбе дают остыть, добавляют 0,5 г сернокислого калия и возобновляют нагревание до тех пор, пока жидкость в колбе не станет прозрачной, зеленоватоголубой без бурого оттенка. Внутренние стенки колбы должны быть чистыми.

По окончании сжигания содержимое колбы охлаждают и количественно переносят в отгонную колбу вместимостью 500–750 см<sup>3</sup>. Колбу для сжигания тщательно ополаскивают, проверяя полноту смывания добавлением 1–2 капель раствора метилового красного.

Общий объем раствора в отгонной колбе не должен быть более 250–300 см<sup>3</sup>.

Приемником служит коническая колба вместимостью 200–300 см<sup>3</sup>, в которую из бюретки налито 25–30 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора серной кислоты. Конец трубки холодильника должен быть погружен в раствор серной кислоты. В отгонную колбу осторожно, по стенке, приливают 50 см<sup>3</sup> 33 %-го раствора гидроксида натрия и быстро закрывают ее пробкой, соединенной через каплеуловитель с холодильником, содержимое перемешивают и нагревают. Реакция среды в колбе должна быть резко щелочной.

После закипания жидкости в колбе приемник опускают так, чтобы конец трубки холодильника находился на некотором расстоянии от поверхности раствора, и продолжают отгонку. Окончание отгонки проверяют по реакции индикаторной бумаги. Когда отгонка закончена, образующийся дистиллят не должен иметь рН более 7.

По окончании отгонки конец трубки холодильника ополаскивают водой в приемную колбу и содержащийся в ней избыток серной кислоты оттитровывают 0,1 н раствором гидроксида натрия в присутствии метилового красного.

Одновременно проводят контрольный анализ без навески исследуемого образца.

Количество небелкового азота ( $X$  в %) вычисляют по формуле

Массовую долю небелкового азота ( $X_{НБА}$ ) в процентах вычисляют по формуле:

$$X_{НБА} = \frac{V_1 \cdot K \cdot 0,0014 \cdot V_2 \cdot V_4 \cdot 100}{m \cdot V_3 \cdot V_5}, \quad (10)$$

где  $V_1$  – объем раствора гидроксида натрия 0,1 моль/дм<sup>3</sup>, пошедший на титрование серной кислоты в контрольном анализе, см<sup>3</sup>;  $V_2$  – объем водной вытяжки в мерной колбе, см<sup>3</sup>;  $V_3$  – объем водной вытяжки, взятый для осаждения белков, см<sup>3</sup>;  $V_4$  – объем водной вытяжки, взятый для осаждения белков с учетом объема трихлоруксусной кислоты, см<sup>3</sup>;  $V_5$  – объем фильтрата, взятый для минерализации, см<sup>3</sup>;  $K$  – коэффициент пересчета на точный раствор гидроксида натрия, 0,1 моль/дм<sup>3</sup>, г; 0,0014 количество азота эквивалентное 1 см<sup>3</sup> гидроксида натрия 0,1 моль/дм<sup>3</sup>, г;  $m$  навеска исследуемой пробы, г.

Вычисление проводят до второго десятичного знака.

### 3. Определение аминного или формально-титруемого азота (ФТА)

Метод основан на блокировании аминной группы аминокислот формалином и титровании карбоксильных групп щелочью.

Аминокислоты – амфотерные электролиты, т. е. вещества, несущие противоположные по знаку электрические заряды. В водном растворе они одновременно проявляют основные и кислотные свойства. При введении формалина в водные растворы аминокислот аминная группа связывается с ним, и основные свойства исчезают. Оставшиеся карбоксильные группы оттитровывают щелочью и косвенным методом определяют количество аминных групп.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы аналитические; весы технические; цилиндры мерные вместимостью 25 см<sup>3</sup>; колбы плоскодонные вместимостью 250 см<sup>3</sup> с притертыми пробками; колбы мерные вместимостью 250 см<sup>3</sup>; марля; фильтры бумажные; хлорид бария (сухой); гидроксид натрия (0,1 н и 2 н р-ры); лакмус; кислота розоловая; кислота серная (0,5 н р-р); кислота трихлоруксусная (ТХУ); формалин.

#### Проведение испытания

Навеску исследуемого продукта 50 г, взвешенную с погрешностью не более 0,01 г, растирают в ступке со 100 г дистиллированной воды, пере-

носят количественно в мерную колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup>, настаивают 0,5 часа при периодическом взбалтывании, после чего доводят объем жидкости в колбе до метки дистиллированной водой и фильтруют через четыре слоя марли.

В коническую колбу отбирают 100 см<sup>3</sup> полученного фильтрата и небольшими порциями при взбалтывании жидкости приливают к ней 25 см<sup>3</sup> 20 %-ного раствора трихлоруксусной кислоты. Для интенсификации осаждения пробу осторожно подогревают на водяной бане. После 30-минутного отстаивания жидкость отфильтровывают через сухой складчатый фильтр<sup>3</sup>.

Отфильтровав осадок, отбирают 100 см<sup>3</sup> фильтрата и прибавляют к нему для осаждения фосфатов и углекислых солей 2 г сухого хлорида бария и 2 моль/дм<sup>3</sup> раствор гидроксида натрия до сильнощелочной реакции на лакмус; объем добавленной щёлочи фиксируют. После 15-минутного отстаивания жидкость фильтруют через сухой бумажный фильтр в колбу.

Отбирают по 25 см<sup>3</sup> фильтрата в две колбы с притертыми пробками. В каждую из них вносят 2-3 капли фенолфталеина и производят нейтрализацию раствора сначала 0,5 моль/дм<sup>3</sup> раствором соляной кислоты (до исчезновения окраски), а затем 0,1 моль/дм<sup>3</sup> раствором гидроксида натрия (до появления бледно-розовой окраски).

К содержимому каждой колбы приливают по 15 см<sup>3</sup> формалина, предварительно нейтрализованного щелочью, и оттитровывают 0,1 моль/дм<sup>3</sup> раствором гидроксида натрия в присутствии фенолфталеина до яркого розового окрашивания.

Массовую долю аминного азота ( $X_{AA}$ ) в процентах вычисляют по формуле:

$$X_{AA} = \frac{V_1 \cdot K \cdot 0,0014 \cdot V_2 \cdot V_4 \cdot V_6 \cdot 100}{m \cdot V_3 \cdot V_5 \cdot V_7}, \quad (11)$$

где  $V_1$  объем 0,1 моль/дм<sup>3</sup> раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование, см<sup>3</sup>;  $V_2$  объем водной вытяжки в мерной колбе, см<sup>3</sup>;  $V_3$  объем водной вытяжки, взятый для осаждения белков, см<sup>3</sup>;  $V_4$  объем водной вытяжки, взятый для осаждения белков с учетом объема трихлоруксусной кислоты, см<sup>3</sup>;  $V_5$  объем фильтрата, взятого для добавле-

<sup>3</sup> До этого момента опыт выполняется аналогично п. 5.1.4, поэтому возможно вести оба эти опыта вместе, используя одну навеску

ния хлорида бария и нейтрализации,  $\text{см}^3$ ;  $V_6$  объём фильтрата, взятого для осаждения фосфатов, после добавления к нему NaOH,  $\text{см}^3$ ;  $V_7$  объём фильтрата, взятого для титрования,  $\text{см}^3$ ;  $K$  коэффициент пересчета на точный 0,1 моль/ $\text{дм}^3$  раствор гидроксида натрия; 0,0014 количество азота эквивалентное 1  $\text{см}^3$  0,1 моль/ $\text{дм}^3$  раствора гидроксида натрия;  $m$  масса навески исследуемого продукта, г.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 0,2 %.

Вычисление проводят до третьего десятичного знака.

### Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение гидролиза белков.
2. Какие виды гидролиза белков Вы знаете?
3. Какие факторы влияют на глубину гидролиза белков?
4. По каким химическим показателям можно судить о глубине гидролиза?
5. Роль ферментов в превращениях белков пищевого сырья в процессе хранения.
6. Что такое протеолиз? Дайте характеристику протеолитических ферментов.
7. Что такое автолиз? Какие ферменты участвуют в процессе автолиза?

## Часть 2. Липиды и их превращения

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

**Липиды** – группа природных органических веществ, включающая жиры и масла. Практически все её представители не растворяются в воде (хотя некоторые способны к образованию эмульсий), но растворяются в органических растворителях (хлороформ, диэтиловый эфир и др.). Липиды можно разделить на простые и сложные, на полярные и неполярные, на омыляемые и неомыляемые.

**Жиры и масла** обязательно должны входить в рацион питания живого организма, так как они являются источником энергии и пластического материала для клеточной структуры организма. Растительные масла и жиры рыб и морепродуктов служат источником непредельных жирных кислот, фосфолипидов, жирорастворимых витаминов, стероидов. Все эти компоненты являются незаменимыми факторами питания, которые определяют биологическую эффективность жиров. Рекомендуемое содержание жира в рационе человека составляет 30–33 % от общей калорийности; для

населения северных широт – 38–40 %, что составляет 90–107 г в сутки на одного человека. На долю растительных жиров должно приходиться не менее 30 % от общего количества потребляемых жиров.

Длительное ограничение поступления жиров в организм или систематическое употребление жиров с пониженным содержанием необходимых компонентов способствует нарушению деятельности центральной нервной системы, снижает устойчивость организма к инфекциям, сокращает продолжительность жизни. Избыточное потребление жиров также нежелательно, так как это может привести к ожирению, сердечно-сосудистым заболеваниям, преждевременному старению.

Наиболее важными источниками жиров являются:

- растительные рафинированные масла (99,7–99,8 % жира);
- сливочное масло (61,5–82,5 % жира);
- маргарин (до 82,0 % жира);
- комбинированные жиры (50–72 % жира);
- кулинарные жиры (99 % жира);
- молочные продукты (3,5–30 % жира);
- некоторые виды кондитерских изделий: шоколад (35–40 % жира), отдельные сорта конфет (до 35 % жира), печенье (10–11 % жира);
- крупы: гречневая (3,3 % жира), овсяная (6,1 % жира);
- сыры (25–50 % жира);
- продукты из свинины, колбасные изделия (10–23 % жира).

В питании имеет значение не только количество, но и химический состав употребляемых жиров, особенно содержание полиненасыщенных кислот с определенным положением двойных связей и *cis*-конфигурацией (линолевой  $C_{18:2}$ ;  $\alpha$  и  $\gamma$ -линоленовой  $C_{18:3}$ ; олеиновой  $C_{18:1}$ ; арахидоновой  $C_{18:4}$ ; полиненасыщенных жирных кислот семейства  $\omega$ -3).

Линолевая и линоленовая кислоты не синтезируются в организме человека, арахидоновая – синтезируется из линолевой кислоты только при участии витамина  $B_6$ . Поэтому данные кислоты получили название незаменимых, или эссенциальных (от лат. *essentia* – сущность). Линоленовая кислота образует другие полиненасыщенные жирные кислоты. В состав полиненасыщенных жирных кислот семейства  $\omega$ -3 входят:  $\alpha$ -линоленовая, эйкозапентаеновая, докозагексаеновая кислоты. Линолевая,  $\gamma$ -линоленовая, арахидоновая кислоты входят в семейство  $\omega$ -6.

Таким образом, очень важно не только (и даже не столько) регулировать общее количество жиров в рационе (и уж точно нельзя исключать из него жиры вообще на продолжительное время), сколько соблюдать правильное соотношение между группами жирных кислот. Такое соотношение можно установить, воспользовавшись МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различ-



ных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации».

Исходя из этих норм, ориентировочно можно выбрать для взрослых людей соотношение между насыщенными, мононенасыщенными и полиненасыщенными жирными кислотами в рационе соответственно 1:1:1. Соотношение между ПНЖК групп  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 составляет от 1:5 до 1:10. Если исходить из того же соотношения, то содержание  $\omega$ -6 ПНЖК можно принять на уровне 0,85, а  $\omega$ -3 ПНЖК – 0,15. Это соответствует 0,283 и 0,05 от суммы жирных кислот.

Оценить сбалансированность жирнокислотного состава в сырье (продукте) можно с помощью коэффициента жирнокислотного соответствия  $R_L$ , о.е.:

$$R_L = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n dL_i} \quad (12)$$

где  $n$  – количество показателей, характеризующих сбалансированность ЖКС.

$$dL_i = \frac{L_i}{L_{эi}} \text{ при } L_i < L_{эi} \text{ или } dL_i = \frac{L_{эi}}{L_i} \text{ при } L_i \geq L_{эi} \quad (13)$$

$L_i$  –  $i$ -й показатель, характеризующий сбалансированность ЖКС

$L_{эi}$  – эталонное значение  $i$ -го показателя, характеризующий сбалансированность ЖКС

В качестве показателей, характеризующих сбалансированность ЖКС, выбирают содержание насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, а также соотношение  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6. Эталонными значениями будет соответственно 1/3 от всей суммы жирных кислот для насыщенных, мононенасыщенных и всех полиненасыщенных жирных кислот, а также 0,283 от суммы всех жирных кислот для  $\omega$ -6 ПНЖК и 0,05 от суммы всех жирных кислот для  $\omega$ -3 ПНЖК.

Рекомендуемое Институтом питания РАМН соотношение кислот семейств  $\omega$ -6 к  $\omega$ -3 в рационе здорового человека должно составлять 10 : 1, а в рационах лечебного питания – от 3 : 1 до 5 : 1.

Эссенциальные кислоты участвуют в построении клеточных мембран, синтезе простагландинов, регулировании обмена веществ в клетках, кровяного давления, способствуют выведению из организма избыточного количества холестерина, предупреждая и снижая риск развития атеросклероза, повышают эластичность стенок кровеносных сосудов. Следует отметить, что эти функции выполняют только *цис*-изомеры ненасыщенных кислот. При отсутствии эссенциальных кислот прекращается рост организма и возникают тяжелые заболевания. Биологическая активность указанных кислот неодинакова. Наибольшей активностью обладает арахидоновая кислота, высокой – линолевая, активность линоленовой кислоты в 8–10 раз ниже, чем линолевой.

Наиболее богаты полиненасыщенными жирными кислотами расти-

тельные масла, такие как кукурузное, подсолнечное, соевое. Содержание в них линолевой кислоты составляет 50–60 %, в маргарине – до 20 %, в говяжьем жире – около 0,6 %. Арахидоновая кислота в наибольшем количестве содержится в яйцах (до 0,5 %), субпродуктах (0,2–0,3 %), мозгах (около 0,5 %).

Суточная потребность в линолевой кислоте составляет 6–10 г, минимальная – 2–6 г, а ее суммарное содержание в жирах пищевого рациона должно быть не менее 4 % от общей калорийности. Состав жирных кислот в пищевых продуктах должен быть сбалансированным: 10–20 % – полиненасыщенных, 50–60 % – мононенасыщенных и 30 % насыщенных. Это обеспечивается наличием в рационе 1/3 растительных и 2/3 животных жиров. Для людей пожилого возраста и больных сердечно-сосудистыми заболеваниями содержание линолевой кислоты должно составлять около 40 %, соотношение полиненасыщенных и насыщенных кислот – 2 : 1, линолевой и линоленовой кислот – 10 : 1.

Способность входящих в состав липидов жирных кислот обеспечивать синтез структурных компонентов клеточных мембран характеризуют с помощью специального коэффициента (предложенного Институтом питания РАМН), представляющего собой отношение количества арахидоновой кислоты, которая является главным представителем полиненасыщенных жирных кислот в мембранных липидах, к сумме всех других полиненасыщенных жирных кислот с 20 и 22 атомами углерода. Этот коэффициент получил название коэффициента эффективности метаболизации эссенциальных жирных кислот (КЭМ):

$$\text{КЭМ} = \frac{C_{20:4}}{C_{20:2} + C_{20:3} + C_{20:5} + C_{22:5} + C_{22:6}} \quad (14)$$

Важной для питания группой липидов являются фосфолипиды, участвующие в построении клеточных мембран и транспорте жира в организме, улучшают усвоение жира и препятствуют ожирению печени. Общая потребность человека в фосфолипидах – 5–10 г в сутки.

Повышенный уровень холестерина в крови способствует развитию атеросклероза, поэтому суточное потребление холестерина с продуктами питания не должно превышать 0,5 г. Так, в яйцах содержится 0,57 % холестерина, в сливочном масле – 0,2–0,3 %, в субпродуктах – 0,2–0,3 %. Кроме того, растительные масла являются источником витамина Е и β-каротина, а животные жиры – витаминов А и D.

Безусловно, пищевая и биологическая ценность липидов не может быть оценена полностью без учёта превращения жиров и масел при технологической обработке. Одним из наиболее распространённых технологических процессов, сопровождающихся интенсивными процессами в липидной фракции, является **обжаривание**. Обжаривание пищевых полуфаб-

рикатов широко применяется при изготовлении кулинарной продукции, в консервном производстве и в общественном питании. Обжаривание производится с использованием растительных масел, животных жиров и различных видов маргаринов. Из растительных масел чаще всего используют "невысыхающее" оливковое масло или "высыхающее" подсолнечное. Масло, на котором осуществляется обжаривание полуфабрикатов, подвергается значительным изменениям в результате:

- длительного воздействия высокой температуры;
- влияния компонентов обжариваемых продуктов, таких как вода, белки, жиры, углеводы и минеральные вещества;
- контакта масла с металлическими поверхностями используемого технологического оборудования.

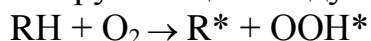
Под влиянием данных факторов складываются условия для быстрого снижения качества масла, при этом в нем одновременно протекают процессы гидролиза, окисления и полимеризации, что в конечном итоге делает масло непригодным для пищевого использования.

Гидролиз представляет собой процесс расщепления триглицеридов масла в присутствии воды до свободных жирных кислот и глицерина. В начальный период времени реакция протекает только на поверхности раздела фаз – в гетерогенной среде. Скорость процесса сравнительно невелика. Факторами, повышающими взаимную растворимость жира в воде и увеличивающими скорость его расщепления, являются температура, давление, катализаторы химические (минеральные кислоты, щелочи, оксиды металлов) или биологические (липолитические ферменты). Гидролиз триглицеридов идет ступенчато с образованием промежуточных продуктов – дии моноглицеридов. По мере образования этих продуктов, обладающих по сравнению с триглицеридами большей растворимостью в воде, скорость расщепления глицеридов значительно повышается за счет протекания реакции уже в гомогенной среде.

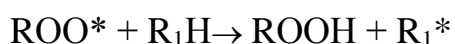
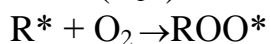
Наличие свободных жирных кислот ведет к повышению кислотного числа. Предельное значение кислотного числа не должно превышать 4–5 мг КОН на 1 г масла.

Окисление липидов масла происходит в результате взаимодействия их с кислородом воздуха. Процесс протекает в три стадии. Первая стадия – начальный период окисления, в течение которого окисление развивается сравнительно медленно. Вторая стадия – период быстрой реакции, когда процесс развивается наиболее активно. Третья стадия характеризуется замедлением скорости реакции. Реакция липидов с кислородом воздуха является автокаталитической, так как ее продукты стимулируют дальнейшее развитие окислительного процесса в объекте. Цепь окисления начинается с образования свободного радикала ( $R^*$ ) из молекулы жирной кислоты ( $RH$ ) под воздействием световой и тепловой энергии, в присутствии металлов переменной валентности и при высоком парциальном давлении кислорода

в окружающем воздухе:



Образование свободных пероксид-радикалов ( $ROO^*$ ), способных к реакции с донором водорода (например, другой жирной кислотой), в результате чего образуется первый стабильный промежуточный продукт автоокисления – гидроперекись ( $ROOH$ ) и новый свободный радикал жирной кислоты ( $R_1^*$ ):

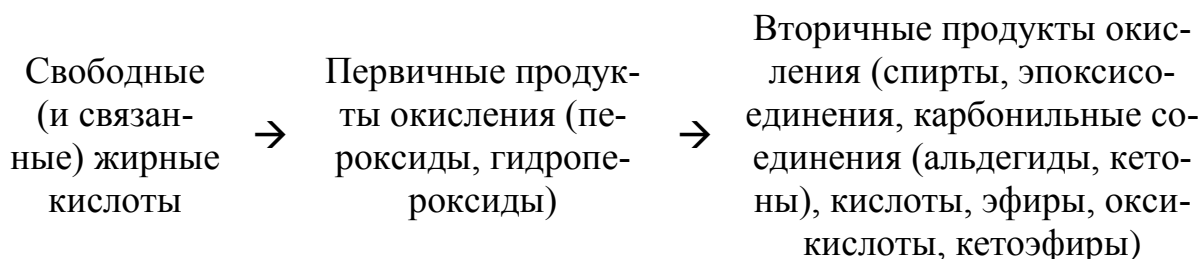


Когда накапливается достаточное количество гидроперекисей, они самопроизвольно распадаются в ходе бимолекулярной реакции на активные радикалы, стимулирующие разветвление и ускорение цепной реакции:



В результате распада гидропероксидов и дальнейших реакций с их участием образуются сравнительно устойчивые промежуточные и конечные продукты окисления, такие как спирты, эпоксисоединения, карбонильные соединения (альдегиды, кетоны), кислоты, эфиры, оксикислоты, кетозэфиры и т. д.

Образование вторичных продуктов окисления можно представить в виде схемы:



При обжаривании в результате окисления в маслах происходят необратимые изменения, которые оказывают влияние на органолептические свойства как самого масла, так и пищевых продуктов. Цвет масла изменяется в основном за счет накопления оксикислот, имеющих темную окраску, запах изменяется в связи с образованием низкомолекулярных карбонильных соединений, важное место среди которых занимает акролеин.

Акролеин (от лат. *acer (acris)* – острый, едкий + *oleum* – масло) обладает удушливым запахом. Данное соединение образуется при отщеплении от глицерина двух молекул воды. В результате реакции образуется неустойчивый спирт (енол), который в момент формирования изомеризуется в альдегид.

При испарении акролеин вызывает раздражение слизистой оболочки глаз и дыхательных путей.

Образование свободных радикалов в жирах приводит, как правило, не только к накоплению продуктов окисления, но и к полимеризации.

В определенных условиях радикалы высоконенасыщенных жирных кислот могут подвергаться окислению с образованием полимерных продуктов.

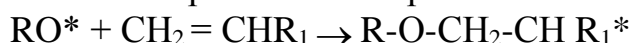
Полимеризация липидов представляет собой цепную реакцию образования высокомолекулярных органических соединений из низкомолекулярных (мономеров). Процесс состоит из трех основных этапов:

1. Возникновение активных центров и начало роста цепи.
2. Рост цепи.
3. Обрыв цепи.

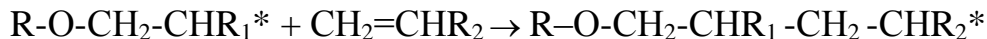
В качестве инициаторов полимеризации могут выступать пероксиды и гидропероксиды, способные распадаться с образованием свободных радикалов.



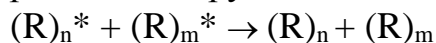
Свободный радикал ( $\text{RO}^*$ ) взаимодействует с непредельным мономером, при этом разрывается двойная связь и появляется новый свободный радикал с неспаренным электроном:



Дальнейший рост цепи происходит аналогично:



При каждом присоединении один электрон двойной связи образует пару с электроном свободного радикала (ковалентную связь), другой – остается неспаренным (свободным) и может снова присоединиться к двойной связи молекулы мономера. В результате к растущей цепи в течение короткого промежутка времени присоединяется множество молекул мономера и образуется макрорадикал  $((\text{R})_n)^*$ . При столкновении такого макрорадикала с другим свободным радикалом происходит обрыв цепи:



Образовавшаяся макромолекула полимера теряет способность участвовать в дальнейшей реакции. Скорость реакции полимеризации зависит от температуры, давления и количества инициатора.

Суммарное содержание продуктов окисления и полимеризации в масле во время обжаривания не должно превышать 1 %. Пероксидное число свежего жира или масла не должно превышать 0,03 % йода. Жир с пероксидным числом выше 0,1 % йода в пищу не пригоден.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ЛИПИДОВ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

**Цель работы** – оценить биологическую ценность липидов (по жирнокислотному составу) заданного пищевого продукта (сырья).

**Задачи:**

1. Определить жирнокислотный состав (ЖКС) липидов заданного продукта (сырья)
2. Выбрать предполагаемую категорию потребителей данного вида продукции (сырья) и определить требуемое соотношение групп жирных кислот.
3. Определить фактическое соотношение групп жирных кислот в данном виде продукции (сырья).
4. Оценить биологическую ценность липидной составляющей.

**Порядок выполнения работы**

Работа выполняется индивидуально каждым обучающимся. Преподаватель выдаёт вариант задания – наименование сырья (продукта). Обучающийся по справочным данным выписывает содержание каждой жирной кислоты и сумму жирных кислот. Каждую из жирных кислот он относит в одну из трёх групп: насыщенные, мононенасыщенные и полиненасыщенные, после чего находит сумму жирных кислот в каждой из этих групп – это будут соответственно  $L_1$ ,  $L_2$  и  $L_3$ . Эталонными значениями  $L_{э1}$ ,  $L_{э2}$  и  $L_{э3}$  можно выбрать суммарное содержание жирных кислот, делённое на 3. Таким образом, можно рассчитать  $dL_1$ ,  $dL_2$  и  $dL_3$  по формуле (13).

Затем группу ПНЖК делят на две подгруппы:  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6, находят сумму в каждой из них. Для  $\omega$ -6 выбирают в качестве эталона суммарное содержание жирных кислот, умноженное на 0,283, таким образом, рассчитывают  $dL_4$ . Для  $\omega$ -3 эталоном будет суммарное содержание жирных кислот, умноженное на 0,05<sup>4</sup>, таким образом, рассчитывают  $dL_5$ .

После этого можно провести расчёт значения коэффициента жирнокислотного соответствия по формуле (12).

По значению этого коэффициента (его близости к единице) делают вывод о сбалансированности ЖКС в продукте.

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое липиды? Какие группы липидов Вы знаете?
2. Какие функции выполняют липиды в организме человека?
3. Чем различаются друг от друга природные жирные кислоты?
4. Какие жирные кислоты (группы) относятся к незаменимым, и почему?
5. Какое соотношение жирных кислот следует считать оптимальным?

---

<sup>4</sup> Можно выбрать и другие соотношения  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 к общему количеству жирных кислот, исходя из приведённого рекомендуемого интервала от 1:5 до 1:10.

Какой нормативный документ регламентирует это соотношение?

6. Как оценить сбалансированность жирнокислотного состава?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОБЖАРИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ НА КАЧЕСТВО РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА**

**Цель работы** – исследовать изменение качества растительного масла в процессе обжаривания пищевых продуктов.

**Задания:**

1. Подготовить пробу для исследования согласно выданному заданию.
2. Определить изменение качества растительного масла в процессе обжаривания пищевых продуктов по комплексу показателей:
  - органолептические показатели (цвет, запах);
  - химические показатели (кислотное, альдегидное и пероксидное числа).
3. Дать характеристику изменениям качества масла в процессе обжаривания в зависимости от времени и условий эксперимента.

### **Порядок выполнения работы**

Учебную группу делят на подгруппы по 2–3 человека. Каждая подгруппа получает образец масла и пищевое сырье (мясо, рыба, овощи). Рыбу необходимо тщательно промыть и разделать, отделив голову, внутренности и хвостовой плавник. Разделанную рыбу порционируют на кусочки высотой не более 1 см. Мясо разделяют на куски и отбивают деревянным молотком. Овощи очищают от кожуры и порционируют.

Кусочки мяса и рыбы, а также некоторые овощи панируют и обжаривают по 2–3 кусочка в 200 г предварительно нагретого до заданной температуры растительного масла до кулинарной готовности, т. е. до появления на поверхности кусочков корочки золотистого цвета и легкого отделения мяса рыбы от костей. Продолжительность обжаривания каждой порции составляет от 10 до 15 мин. Температура масла и количество направляемого на обжаривание сырья задаются преподавателем.

Перед обжариванием, а затем через равные промежутки времени после его начала отбирают пробы масла в количестве от 3 до 5 г для определения кислотного, пероксидного и альдегидного чисел. В ходе отбора проб оценивают также органолептические характеристики масла (цвет, запах).

Данные, полученные при определении химических показателей, заносят в таблицу, аналогичную таблице 5.

Таблица 5 – Влияние параметров процесса обжаривания на свойства масла

Вид сырья и параметры процесса обжаривания	Продолжительность обжаривания, мин	Кислотное число, мг КОН/г	Пероксидное число, % I <sub>2</sub>	Альдегидное число, мг % коричневого альдегида

По данным таблицы строят графики изменения показателей в процессе опыта и сравнивают с результатами, полученными студентами других учебных подгрупп. На основании анализа графического материала делают вывод о влиянии условий на протекание процессов гидролиза и окисления растительного масла при обжаривании пищевых продуктов.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 1. Определение кислотного числа жира

Метод основан на взаимодействии свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г масла, с гидроксидом калия.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы технические; колбы конические вместимостью 250 см<sup>3</sup>; цилиндры мерные вместимостью 50 см<sup>3</sup>; смесь спиртоэфирная (1 : 2); фенолфталеин (1 %-й спиртовой р-р); гидроксид калия (0,1 н р-р).

#### Проведение испытания

В коническую колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup> вносят навеску масла массой от 2 до 5 г, взвешенную с точностью не более 0,01 г, приливают 30 см<sup>3</sup> нейтрализованной смеси спирта с этиловым эфиром (1 : 2), перемешивают. В полученный раствор добавляют 1 см<sup>3</sup> 1 %-го спиртового раствора фенолфталеина и при постоянном взбалтывании титруют 0,1 н раствором гидроксида калия до появления слабо-розовой окраски, устойчивой в течение 30 с.

Кислотное число масла ( $X$  в мг КОН на 1 г продукта) вычисляют по формуле

$$X_{\text{КЧ}} = 5,61kV/m, \quad (15)$$

где  $V$  – объем 0,1 н раствора гидроксида калия, израсходованного на титрование, см<sup>3</sup>;  $K$  – коэффициент пересчета точно на 0,1 н раствор щелочи; 5,61 – количество гидроксида калия, соответствующее 1 см<sup>3</sup> точного 0,1 н раствора гидроксида калия, мг;  $m$  – масса исследуемого масла, г.

### 2. Определение альдегидного числа

Метод основан на измерении интенсивности окраски, образующейся при реакции карбонильных соединений с бензидином. Подобное окраши-



вание развивается также при взаимодействии коричневого альдегида с бензидином, что дает возможность выражать результаты определений в конкретных величинах – процентах коричневого альдегида.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Колбы мерные вместимостью 25 см<sup>3</sup>; фотоэлектроколориметр; пипетки мерные; спирт этиловый (96 %-й р-р); хлороформ; бензидин; кислота ледяная уксусная.

### Проведение испытания

Навеску масла от 0,8 до 1,2 г, взвешенную с точностью до 0,005 г, помещают в мерную колбу с притертой пробкой вместимостью 25 см<sup>3</sup>, растворяют в смеси этилового спирта и хлороформа (1 : 1) и доводят объем раствора той же смесью до метки.

Измеряют оптическую плотность этого раствора ( $D_1$ ) на фотоэлектроколориметре (или спектрофотометре) при длине волны около 360 нм или на спектрофотометре при длине волны 350 нм в кювете с толщиной слоя 1 см.

Раствором для сравнения служит смесь 95 %-го спирта и хлороформа (1 : 1). В колбу вместимостью 25 см<sup>3</sup> помещают 10 см<sup>3</sup> спиртохлороформного раствора препарата, добавляют 1 см<sup>3</sup> 0,5 %-го свежеприготовленного раствора бензидина в смеси 95 %-го спирта и ледяной уксусной кислоты (1 : 1), тщательно перемешивают и выдерживают 15 мин.

Измеряют оптическую плотность полученного раствора ( $D_2$ ) при тех же условиях, что и  $D_1$ . Параллельно проводят контрольный опыт. Оптическую плотность, обусловленную окраской, которая развивается в результате взаимодействия альдегидов с бензидином, определяют по формуле

$$D = 1,1D_2 - D_1, \quad (16)$$

где 1,1 – поправка на изменение объема при добавлении к 10 см<sup>3</sup> 0,5 %-го раствора бензидина.

Содержание альдегидов в 1 см<sup>3</sup> испытуемого раствора находят по калибровочному графику. Содержание альдегидов в препарате ( $X$  в мг % коричневого альдегида) в пересчете на коричневый альдегид вычисляют по формуле

$$X = CV \cdot 100 / m, \quad (17)$$

где  $C$  – содержание коричневого альдегида в 1 см<sup>3</sup> испытуемого раствора, найденное по калибровочному графику, мг;  $V$  – объем спирто-хлороформного раствора жира, взятого для анализа, см<sup>3</sup>;  $m$  – масса навески, г.

Для приготовления стандартного раствора коричневого альдегида (0,01 мг/л) в бюксе наливают коричневый альдегид, вкладывают в нее небольшую пипетку, закрывают крышкой и взвешивают с погрешностью не более 0,0002 г. Пользуясь пипеткой, быстро отбирают навеску альдегида массой 0,1 г в мерную колбу. Ввиду большой летучести коричневого альдегида бюкса и колба как во время взвешивания, так и до взвешивания должны быть

плотно закрыты крышками.

Взятую навеску альдегида при помощи этилового спирта с хлороформом (1:1) количественно переносят из бюксы в мерную колбу на 100 см<sup>3</sup>, той же смесью доводят до метки и тщательно перемешивают. Отбирают пипеткой 1 см<sup>3</sup> приготовленного раствора, помещают в другую мерную колбу на 100 см<sup>3</sup>, доводят объем до метки добавлением спирто-хлороформенной смеси (1:1) и хорошо перемешивают. Полученный раствор является стандартным (в 1 см<sup>3</sup> раствора содержится 0,01 мг коричневого альдегида).

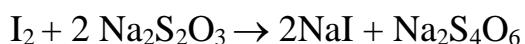
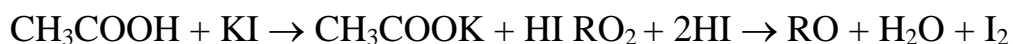
Для приготовления рабочих растворов в 5 сухих, предварительно пронумерованных пробирок с притертыми пробками, вносят последовательно от 1 до 10 см<sup>3</sup> стандартного раствора коричневого альдегида. После этого в пробирки добавляют спирто-хлороформенную смесь (1:1) с таким расчетом, чтобы объем полученного раствора в каждой пробирке был равен 10 см<sup>3</sup>, и хорошо перемешивают содержание пробирок.

Затем в каждые 4 пробирки (в три со стандартом и в одну с чистым растворителем – смесь спирта с хлороформом) добавляют по 1 см<sup>3</sup> свежеприготовленного раствора бензидина в смеси с этиловым спиртом и ледяной уксусной кислотой (1:1). Пробирки закрывают пробками, хорошо перемешивают их содержимое и выдерживают 15 мин до полного развития окраски. После этого определяют оптическую плотность раствора, содержащих коричневый альдегид, по отношению к чистому растворителю с бензидином фотоэлектроколориметром при длине волны 360 нм, пользуясь кюветой с шириной 10 мм.

При построении калибровочного графика на оси ординат откладывают найденной значение оптической плотности, а по оси абсцисс – процентное содержание коричневого альдегида.

#### 4. Определение пероксидного числа

Метод основан на окислении йодистого калия перекисями и гидроперекисями жира в растворе уксусной кислоты и хлороформа и титровании выделившегося йода раствором тиосульфата натрия:



**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы технические; колбы конические вместимостью 300 см<sup>3</sup>; цилиндры вместимостью 25 и 100 см<sup>3</sup>; пипетки мерные; хлороформ; кислота ледяная уксусная; йодид калия (10 %-й р-р); крахмал (1 %-й р-р); тиосульфат натрия (0,01 н р-р).

##### **Проведение испытания**

В коническую колбу вместимостью 300 см<sup>3</sup> вносят навеску масла от 2 до 5 г, взвешенную с погрешностью не более 0,01 г. Добавляют цилиндром 10 см<sup>3</sup> хлороформа, после растворения масла приливают пипеткой 15 см<sup>3</sup> ледяной уксусной кислоты и 1 см<sup>3</sup> 10 %-го раствора йодида калия. Колбу закрывают пробкой, перемешивают в течение 1 мин и оставляют на 5 мин в темном месте. Далее приливают цилиндром 75 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, тщательно перемешивают и вносят 5 капель 1 %-го раствора крахмала. Оттитровывают выделившийся йод 0,01 н раствором тиосульфата натрия.

Пероксидное число ( $Y$  в % йода) рассчитывают по формуле

$$X = \frac{0,001269 \cdot k \cdot (a - b) \cdot 100}{m} \quad (18)$$

где  $a$  – количество 0,01 н раствора тиосульфата, израсходованного на титрование выделившегося йода в контрольном опыте, см<sup>3</sup>;  $b$  – количество 0,01 н раствора тиосульфата, израсходованного на титрование выделившегося йода в рабочем опыте, см<sup>3</sup>;  $k$  – поправка к титру 0,01 н раствора тиосульфата натрия;  $m$  – навеска масла, г; 0,001269 – количество йода, соответствующее 1 см<sup>3</sup> 0,01 н раствора тиосульфата натрия.

## **Часть 3. Углеводы и их превращения**

### **КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

Углеводы также играют важную роль в питании человека. В среднем на долю углеводов приходится 50–60 % общей калорийности суточного рациона. Основным источником углеводов являются растительные продукты.

С химической точки зрения, все углеводы можно разделить на три группы: моносахариды, полисахариды и производные углеводов. В свою очередь, моносахариды по виду функциональной группы в линейной форме делятся на альдозы и кетозы; по числу углеродных атомов – на тетрозы (треоза, эритроза и др.), пентозы (рибоза, дезоксирибоза, арабиноза, ксилоза и др.), гексозы (глюкоза, галактоза, фруктоза, манноза и др.), гептозы (манногептулоза, седогептулоза) и т.д. В свою очередь, полисахариды делятся на полисахариды первого порядка, или олигосахариды (мультисахариды) с низкой степенью полимеризации, которые, как и моносахариды, хорошо растворяются в воде, обладают сладким вкусом, вступают в качественные реакции как многоатомные спирты, и полисахариды второго порядка (с высокой степенью полимеризации), которые либо не растворяются в воде (целлюлоза, гемицеллюлозы), либо полученный раствор не относится к категории истинных растворов (крахмал, пектин), не обладают сладким вкусом и имеют свойства биополимеров. В связи с этим, часто выделяют группу «сахара», к которой относят все моносахариды и полиса-

хариды первого порядка.

Сахара с точки зрения участия в реакциях по карбонильной группе делят на редуцирующие (к ним относят все моносахариды и большинство дисахаридов), способные восстанавливать окислители в щелочной среде и, в частности, вступающие в реакцию серебряного зеркала, и нередуцирующие (или невосстанавливающие), не обладающие этими свойствами. В нередуцирующих сахарах (например, сахароза, трегалоза) в циклической форме все полуацетальные гидроксилы задействованы на образование связей между мономерами, тогда как в редуцирующих (например, мальтоза, лактоза, целлобиоза) хотя бы один из полуацетальных гидроксильных групп остаётся свободным.

По усвояемости организмом человека углеводы можно разделить на две группы:

- *усвояемые* (глюкоза, фруктоза, галактоза, сахароза, мальтоза, декстрины, крахмал);
- *неусвояемые* – пищевые волокна или балластные вещества (целлюлоза, гемицеллюлоза и пектиновые вещества).

Из углеводов первой группы легче всего усваиваются фруктоза и глюкоза, а сахароза, мальтоза и лактоза – после их гидролиза ферментами пищеварительного тракта. Декстрины и крахмал усваиваются после их деполимеризации, т. е. гидролиза до глюкозы, поэтому потребление крахмала в отличие от монодисахаридов не приводит к быстрому повышению содержания глюкозы в крови, хотя крахмал и является основным полисахаридом пищи (на его долю приходится до 80 % всех углеводов).

Пищевые волокна (балластные вещества) влияют на перистальтику кишечника, способствуют выведению из организма холестерина, препятствуют всасыванию ядовитых веществ. Недостаточное содержание в пище пищевых волокон способствует ожирению, развитию желчно-каменной болезни, рака толстого кишечника, сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, балластные вещества создают чувство насыщения, снижают аппетит. С другой стороны, повышенное содержание клетчатки в рационе приводит к снижению усвоения многих компонентов пищи (особенно минеральных веществ) и может вызывать нарушения в деятельности желудочно-кишечного тракта. Основными источниками балластных веществ являются хлеб грубого помола, картофель, капуста, морковь.

Организм человека не усваивает целлюлозу, гемицеллюлозу и другие компоненты пищевых волокон, так как он не синтезирует ферменты, необходимые для их расщепления. Частичное расщепление этих веществ происходит под действием ферментов, которые выделяют микроорганизмы кишечника.

Из усвояемых сахаров особая роль отводится сахарозе, которая широко используется в приготовлении кондитерских, хлебобулочных изделий,

варенья и других сладких блюд. Содержание сахарозы в сахаре достигает 99,8 %. Однако для питания предпочтительнее использовать фруктозу, так как она слаще глюкозы и превращение фруктозы в организме протекает иначе, поэтому ее можно употреблять больным сахарным диабетом. Основные источники фруктозы – свекла, фрукты, мед.

Дисахарид лактоза (молочный сахар) состоит из остатков галактозы и глюкозы и обладает восстанавливающими свойствами. Под влиянием молочнокислых бактерий лактоза гидролизуется с последующим сбраживанием продуктов в молочную кислоту (молочнокислое брожение). У большинства взрослых людей отсутствует или снижена активность фермента лактазы, расщепляющей лактозу, поэтому они не могут потреблять в пищу молоко, так как это вызывает рвоту и расстройство желудка.

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности в крови человека должно содержаться от 80 до 100 мг глюкозы на 100 см<sup>3</sup>. Повышенное содержание углеводов в питании способствует развитию аллергии, ожирению и нарушению деятельности нервной системы. Избыток сахара в организме накапливается в виде гликогена (животного крахмала) в печени и мышцах. По мере необходимости гликоген расходуется организмом. Среднесуточная потребность человека в углеводах составляет от 360 до 500 г в сутки, в том числе пищевых волокон – около 25 г.

При производстве многих пищевых продуктов из растительного и животного сырья имеет место гидролиз углеводов (олигои полисахаридов). Глубина гидролиза зависит от многих факторов: pH среды, температуры, наличия ферментов и др. Этот процесс происходит и при хранении готовых изделий и может привести к нежелательным изменениям органолептических свойств продукта.

### **Гидролиз крахмала**

1. *Кислотный гидролиз.* При гидролизе крахмала под действием кислот сначала происходит ослабление и разрыв ассоциативных связей между макромолекулами амилазы и амилопектина. Это сопровождается нарушением структуры крахмальных зерен и образованием гомогенной массы. Далее происходит разрыв  $\alpha$ -D-(1,4) и  $\alpha$ -D-(1,6)-связей и присоединение по месту разрыва молекулы воды. В процессе гидролиза увеличивается количество свободных альдегидных групп и уменьшается степень полимеризации. По мере гидролиза и нарастания количества редуцирующих (восстанавливающих) веществ содержание декстринов уменьшается, глюкозы – увеличивается. Содержание мальтозы, трини тетрасахаров сначала увеличивается, а затем снижается. Конечным продуктом гидролиза является – глюкоза. На промежуточных стадиях образуются декстрины, мальтоза, трини тетрасахара.

Кислотный гидролиз лежит в основе получения глюкозы из крахмала.

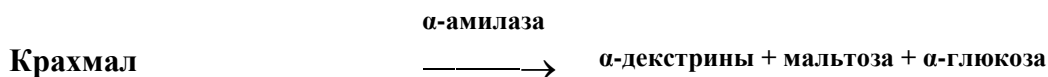
2. *Ферментативный гидролиз.* Крахмал гидролизуется под действием

амилолитических ферментов, к которым относятся  $\alpha$  и  $\beta$ -амилаза, глюкоамилаза, пуллуланаза и др.

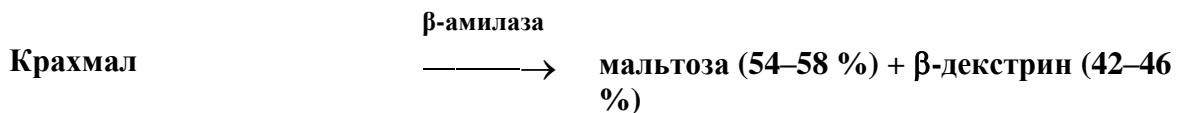
Амилазы бывают двух типов: эндои экзоамилазы. К группе эндоамилаз относится, например,  $\alpha$ -амилаза, способная к разрыву внутримолекулярных связей в высокополимерных цепях субстрата. Глюкоамилаза и  $\beta$ -амилаза являются экзоамилазами, т. е. ферментами, атакующими субстрат с нередуцирующего конца.

$\alpha$ -Амилаза, атакует крахмальное зерно, разрыхляет его поверхность, образует в ней каналы и бороздки, т. е. разделяет зерно на части. Клейстеризованный крахмал гидролизуется  $\alpha$ -амилазой с образованием не окрашиваемых йодом продуктов, в основном низкомолекулярных декстринов.

Процесс гидролиза крахмала протекает в несколько стадий. На первых стадиях в результате действия  $\alpha$ -амилазы в гидролизате накапливаются декстрины, затем появляются не окрашиваемые йодом тетраи тримальтозы, которые очень медленно гидролизуются  $\alpha$ -амилазой до дии моносахаридов. Схема гидролиза крахмала (гликогена)  $\alpha$ -амилазой:



В отличие от  $\alpha$ -амилазы  $\beta$ -амилаза гидролизует природный (нативный) крахмал до мальтозы. Схема процесса:



Глюкоамилаза  $\alpha$ -(1,4)-глюканглюкогидролаза является экзоферментом, катализирующим последовательно отщепление концевых остатков  $\alpha$ -D-глюкозы с нередуцирующего конца крахмальной цепи. Многие глюкоамилазы обладают способностью так же быстро, как и  $\alpha$ -1,4-связь, гидролизовать  $\alpha$ -1,6-глюкозидные связи. Однако это происходит только в том случае, когда за  $\alpha$ -1,6-связью следует  $\alpha$ -1,4-связь. Отличительной особенностью глюкоамилаз является их способность в десятки раз быстрее, чем олигои дисахариды, гидролизовать высокополимеризованный субстрат.

Ферментативный гидролиз крахмала применяется во многих пищевых технологиях как процесс, обеспечивающий качество конечного продукта: в хлебопечении (процесс приготовления теста и выпечки хлеба), производстве пива (получение пивного сусла, сушка солода), кваса (приготовление квасных хлебцев), спирта (подготовка сырья для брожения), различных сахаристых крахмалопродуктов (глюкозы, патоки, сахарных сиропов).

### **Гидролиз сахарозы**

Сахароза как сырье используется во многих пищевых производствах. При нагревании в присутствии небольшого количества пищевых кислот сахароза гидролизуется, образуя редуцирующие сахара (глюкозу, фруктозу). Продукты гидролиза участвуют в реакциях дегидратации, карамелизации и меланоидинообразования, способствуя образованию окрашенных и ароматических веществ. В ряде случаев это нежелательно.

Ферментативный гидролиз сахарозы под действием фермента

$\beta$ -фруктофуранозидазы (сахаразы, инвертазы) играет положительную роль в ряде пищевых технологий. При действии  $\beta$ -фруктофуранозидазы на сахарозу образуются глюкоза и фруктоза. Благодаря этому в кондитерских изделиях замедляется процесс черствения, в хлебопекарных изделиях улучшаются органолептические свойства (аромат). Инверсия<sup>5</sup> сахарозы под действием  $\beta$ -фруктофуранозидазы имеет место на начальной стадии производства виноградных вин. Инвертные сиропы, полученные из сахарозы под действием  $\beta$ -фруктофуранозидазы, используются при производстве безалкогольных напитков.

### **Ферментативный гидролиз некрахмалистых полисахаридов**

Данный процесс происходит под действием ферментов целлюлолитического, гемицеллюлазного и пектолитического комплекса. Используется в пищевой технологии, например, для гидролиза некрахмалистых полисахаридов (пентозанов и др.) при приготовлении солода, в производстве соков и в виноделии для осветления и увеличения выхода продукта, а также для улучшения условий фильтрации.

Гидролиз целлюлозы происходит под действием комплекса целлюлолитических ферментов.

Гемицеллюлозы и пектиновые вещества образуют основное вещество клеточных оболочек растений. Гидролиз гемицеллюлоз происходит под действием комплекса гемицеллюлазных ферментов. Эта группа полисахаридов, различная по строению, молекулярной массе и составу, при гидролизе образует набор разнообразных соединений: глюкоза, фруктоза, манноза, галактоза, ксилоза, арабиноза, глюкуроновая и галактуроновая кислоты.

Гидролиз пектиновых веществ протекает под действием пектолитических ферментов.

Пектинэстераза гидролизует сложные эфирные связи в пектиновой кислоте и пектине и отщепляет метиловый спирт.

---

<sup>5</sup> Гидролиз сахарозы часто называют инверсией, поскольку образующаяся при этом фруктоза, в отличие от сахарозы и глюкозы, интенсивно поворачивает плоскость поляризации света влево, то есть, при гидролизе сахарозы изменяется направление поворота плоскости поляризации света.

Полигалактуроназа осуществляет гидролитическое расщепление

$\alpha$ -1,4-гликозидных связей в цепи пектиновых веществ. По характеру действия на пектиновые вещества она подразделяется на эндои экзоферменты. Протопектиназа – это фермент, действующий на протопектин. При воздействии комплекса пектолитических ферментов на срединные пластинки растительной ткани резко снижается вязкость раствора, уменьшается молекулярная масса пектина без увеличения количества отщепленных редуцирующих групп. С пектиновыми веществами происходят превращения, существенно отличающиеся от тех, которые возникают при воздействии известных пектолитических ферментов.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА УГЛЕВОДОВ В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ В ПРОЦЕССЕ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ**

**Цель работы** – изучить процесс накопления продуктов гидролиза углеводов (глюкозы) в процессе тепловой обработки растительного сырья.

**Задания:**

1. Подготовить пробу для исследования согласно выданному заданию.
2. Определить содержание глюкозы в исходном сырье.
3. Произвести тепловую обработку растительного сырья и определить содержание глюкозы в отваре и разваренном сырье.
4. Дать характеристику процесса накопления глюкозы в отваре и разваренном сырье в зависимости от условий эксперимента.

**Порядок выполнения работы**

Учебную группу студентов делят на подгруппы по 2–3 человека. Каждая группа получает образец растительного сырья. Образец тщательно промывают и готовят для исследования согласно заданию. Масса подготовленного образца должна быть около 300 г.

Из подготовленного образца отбирают пробу для определения содержания глюкозы в растительном сырье.

Сырье взвешивают и закладывают в емкость с кипящей водой (или раствором, приготовленным согласно заданию преподавателя) при соотношении сырье : вода (раствор) 1 : 2. Тепловую обработку сырья проводят в течение 30 мин, а затем определяют выход отвара и разваренного сырья.

Полученные данные заносят в таблицу, аналогичную таблице 6.

Таблица 6 – Влияние термической обработки растительного сырья на со-



### держание глюкозы

Характеристика пробы	Масса глюкозы, г		
	В сырье до тепловой обработки	После тепловой обработки	
		В отваре	В разваренном сырье

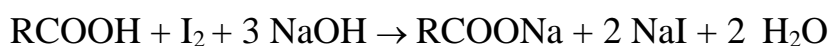
Массу глюкозы в системе отвар + разваренное сырье определяют как сумму масс глюкозы в отваре и разваренном сырье.

На основании анализа полученных результатов делают вывод о влиянии условий эксперимента на протекание процесса накопления глюкозы в сырье и отваре.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### Количественное определение глюкозы йодометрическим методом в растительном сырье и отваре

Метод основан на окислении альдегидной группы глюкозы йодом в щелочной среде. При этом происходит окисление глюкозы до глюконовой кислоты:



**Оборудование, материалы и реактивы.** Колбы мерные вместимостью 100 см<sup>3</sup>; колбы конические вместимостью 200 см<sup>3</sup>; бюретки; пипетки вместимостью 10 и 25 см<sup>3</sup>; весы лабораторные; йод (0,1 н р-р); гидроксид натрия (0,1 н р-р); тиосульфат натрия (0,1 н р-р); крахмал (1,0 %-й р-р); кислота соляная (0,5 н р-р).

#### Проведение испытания

Для определения содержания глюкозы в сырье до тепловой обработки и в разваренном сырье в мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup> вносят 10 г тщательно измельченной пробы, заливают ее на 2/3 горячей дистиллированной водой и настаивают в течение 30 мин при периодическом взбалтывании. Затем раствор в колбе доводят дистиллированной водой до метки и фильтруют через бумажный фильтр.

В коническую колбу вместимостью 200 см<sup>3</sup> помещают 10 см<sup>3</sup> полученного фильтрата, приливают 25 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора йода и при перемешивании 35 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора NaOH. Закрытую колбу помещают в темное место на 20 мин. Затем в колбу добавляют 10 см<sup>3</sup> 0,5 н раствора соляной кислоты. Выделившийся йод титруют 0,1 н раствором тиосульфата натрия в следующей порядке:

- 1) титруют до получения светло-желтого окрашивания<sup>6</sup>;

<sup>6</sup> Титровать по этой схеме можно только если раствор имеет бурый, красноватый или темно-жёлтый цвет. Если раствор изначально имеет светло-жёлтую окраску – то необходимо сразу перед титрованием доба-

- 2) добавляют 1 см<sup>3</sup> крахмала – в результате появляется синее окрашивание;
- 3) титруют тем же реактивом до исчезновения синей окраски;
- 4) по окончании титрования проверяют полноту выделения йода, добавляя несколько см<sup>3</sup> 0,5 н раствора соляной кислоты.

Параллельно ставят контрольный опыт, в котором вместо водной вытяжки из растительного сырья берут 10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды.

Содержание глюкозы в навеске исследуемого сырья ( $X_1$  в г/г) рассчитывают по формуле

$$X_1 = \frac{(V - V_1) \cdot 0,009 \cdot P}{m}, \quad (19)$$

где  $V_1$  – объем 0,1 н раствора тиосульфата натрия, израсходованного для титрования в контрольном опыте, см<sup>3</sup>;  $V_2$  – объем 0,1 н раствора тиосульфата натрия, израсходованного для титрования в рабочем опыте, см<sup>3</sup>; 0,009 – количество глюкозы, соответствующее 1 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора йода, г;  $P$  – фактор разведения (10);  $m$  – масса навески растительного сырья, г.

По аналогичной формуле рассчитывают содержание глюкозы в разваренном сырье ( $X_3$  в г/г).

Содержание глюкозы ( $X_2$  в г) в сырье до тепловой обработки или в разваренном сырье рассчитывают по формуле

$$X_2 = X_1 M_c, \quad (20)$$

где  $X_1$  – масса глюкозы в исследуемом сырье, г/г;  $M_c$  – масса растительного сырья, взятого для тепловой обработки, или разваренного сырья, г.

Массу глюкозы в разваренном сырье ( $X_4$ , г) рассчитывают аналогично, подставляя соответственно содержание глюкозы в разваренном сырье и массу разваренного сырья.

Для определения содержания глюкозы в отваре последний предварительно охлаждают до температуры окружающей среды. Затем в коническую колбу вместимостью 200 см<sup>3</sup> помещают 10 см<sup>3</sup> полученного отвара, приливают 25 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора йода и при перемешивании 35 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора NaOH. Закрытую колбу помещают в темное место на 20 мин. Затем в колбу добавляют 10 см<sup>3</sup> 0,5 н раствора соляной кислоты. Выделившийся йод титруют 0,1 н раствором тиосульфата натрия в следующем порядке:

- 1) титруют до получения светло-желтого окрашивания;
- 2) добавляют 1 см<sup>3</sup> крахмала – в результате появляется синее окрашивание;

---

вить крахмал. Если окраска раствора сразу интенсивно-синяя (или чёрная) – то, по всей видимости, крахмал присутствовал в сырье в достаточных количествах, поэтому титрование сразу осторожно, медленно ведут до исчезновения синего окрашивания, а затем для контроля добавляют несколько см<sup>3</sup> соляной кислоты и несколько капель раствора крахмала.

- 3) титруют тем же реактивом до исчезновения синей окраски;
- 4) по окончании титрования проверяют полноту выделения йода, добавляя несколько см<sup>3</sup> 0,5 н раствора соляной кислоты.

Параллельно ставят контрольный опыт, в котором вместо навески отвара берут 10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды.

Массу глюкозы в исследуемом отваре ( $X_3$  в г/г) рассчитывают по формуле

$$X_1 = \frac{(V - V_1) \cdot 0,009 \cdot P}{m}, \quad (21)$$

где  $V_1$  – объем 0,1 н раствора тиосульфата натрия, израсходованного для титрования в контрольном опыте, см<sup>3</sup>;  $V_2$  – объем 0,1 н раствора тиосульфата натрия, израсходованного для титрования в рабочем опыте, см<sup>3</sup>; 0,009 – количество глюкозы, соответствующее 1 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора йода, г;  $P$  – фактор разведения (10);  $m$  – масса навески отвара из растительного сырья, г.

Содержания глюкозы в отваре ( $X_4$  в г) рассчитывают по формуле

$$X_4 = X_3 M_{\text{отв}},$$

где  $X_3$  – масса глюкозы в исследуемом отваре, г/г;  $M_{\text{отв}}$  – масса отвара, полученного в результате тепловой обработки растительного сырья, г.

### Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение гидролиза углеводов.
2. Какие факторы влияют на глубину гидролиза углеводов?
3. Какие виды гидролиза Вы знаете?
4. В каких пищевых технологиях используют гидролиз полисахаридов?
5. Какие методы определения углеводов Вы знаете?
6. На чем основан метод количественного йодометрического определения глюкозы?

## Часть 4. Общая оценка пищевых продуктов с точки зрения сбалансированности

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Для оценки степени сбалансированности рациона важно знать характеристики каждого продукта или блюда, употребляемого человеком. Одним из подходов к оценке сбалансированности рациона является концепция академика А.А. Покровского. В соответствии с указанной концепцией, в рационе должно выдерживаться строго определённое соотношение между группами питательных веществ. На основе этих

соотношений была разработана таблица потребности человека в пищевых веществах (таблица 7).

Таблица 7 – Потребность взрослого человека в пищевых веществах  
(формула сбалансированного питания по А. А.Покровскому)

Пищевое вещество	Суточная потребность	Пищевое вещество	Суточная потребность
1	2	4	5
Вода, г	1750-2200	Минеральные вещества, мг	800-1000
В том числе: питьевая (вода, чай, кофе и др.)	800-1000		
в супах	250-500	фосфор	1000-1500
В продуктах питания	700	натрий	4000-6000
Белки, г	80-100	калий	2500-5000
В том числе животные	50	хлориды	5000-7000
		магний	300-500
Незаменимые аминокислоты, г		железо	15
триптофан	1	цинк	10-15
лейцин	4-6	марганец	5-10
изолейцин	3-4	хром	2-2,5
валин	4	медь	2
треонин	2-3	кобальт	0,1-0,2
лизин	3-5	молибден	0,5
метионин	2-4	селен	0,5
фенилаланин	2-4	фториды	0,5-1,0
Заменимые аминокислоты, г		йодиды	0,1-0,2
гистидин	1,5-2	Витамины и Витаминоподобные соединения, мг	70-80
аргинин	5-6		
цистеин	2-3	аскорбиновая кислота (витамин С)	1,1-2,0
тирозин	3-4		
аланин	3	тиамин (витамин В1)	1,3-2,4
серии	3	рибофлавин (витамин В2)	1,8-2,0
глутаминовая кислота	16		
аспарагиновая кислота	6	пиридоксин (витамин В6)	15-25
пролин	5		
глицин	3	никотиновая кислота (витамин РР)	0,2
Углеводы, г	400-500	фолиевая кислота (фолацин)	0,2
В том числе: крахмал	350-450		
сахар	50-100		
Органические кислоты (лимонная, молочная и др.), г	2		

		кобаламин (витамин В12)	0,003
Балластные вещества (клетчатка, пектин), г	25	рутин (витамин Р)	25

Продолжение таблицы 7

1	2	4	5
Жиры, г В том числе растительные	60-100 20-30	пантотеновая кислота (витамин В3)	5-10
Полиненасыщенные жирные кислоты	6-8*	биотин (витамин Н)	0,15-0,3
Холестерин, г	0,3-0,6	витамин А (различные формы)	0,8-1,0
Фосфолипиды, г	5	витамин D (различные формы)	100 МЕ
		витамин Е (различные формы)	2-6
		Витамин К (различные формы)	2
		холин	500-1000
		инозит, г	0,5-1,0
		липовая кислота	0,5

Чтобы заполнить указанную таблицу, необходимо знать общий химический состав продукта (или всех его ингредиентов), а также биохимические свойства (аминокислотный, жирнокислотный состав, содержание витаминов) и элементный состав.

Общая характеристика макронутриентов (белки и аминокислоты, липиды, углеводы) была дана ранее, ниже приводится характеристика микронутриентов.

**Минеральные вещества** содержатся в протоплазме и биологических жидкостях организма человека; обеспечивают постоянство осмотического давления, что является необходимым условием для нормальной жизнедеятельности клеток и тканей; входят в состав сложных органических соединений (гемоглобина, гормонов, ферментов); являются пластическим материалом для построения костной и зубной ткани. В виде ионов минеральные вещества участвуют в передаче нервных импульсов, обеспечивают свертывание крови и другие физиологические процессы организма.

В зависимости от количества минеральных веществ в организме человека и пищевых продуктах их подразделяют на макро- и микроэлементы. Если массовая доля элемента в организме превышает  $10^{-2}\%$ , то его относят к макроэлементам. Доля микроэлементов в организме составляет от  $10^{-3}$  до  $10^{-5}\%$ . Микроэлементы входят в состав тканей организма в концентрациях порядка десятых, сотых и тысячных долей миллиграмма. Если содержание элемента менее  $10^{-5}\%$ , его считают ультрамикроэлементом.

К макроэлементам относят калий, натрий, кальций, магний, фосфор, хлор и серу. Их содержание составляет сотни и десятки миллиграммов на 100 г тканей или пищевого продукта.

Микроэлементы условно подразделяют на две группы: абсолютно (жизненно) необходимые (кобальт, железо, медь, цинк, марганец, йод, бром, фтор) и вероятно необходимые (алюминий, стронций, молибден, селен, никель, ванадий и др.). Жизненно необходимыми называют элементы потому, что их отсутствие или недостаток нарушает нормальную жизнедеятельность организма. В основном это объясняется снижением активности ферментов, в состав которых входит данный элемент. При повышенном уровне содержания элемента проявляется его токсическое действие.

Распределение микроэлементов в организме зависит от их химических свойств. Железо, например, является составной частью гемоглобина, миоглобина и других веществ, участвующих в поглощении и транспорте кислорода во все ткани организма; атомы меди образуют активный центр ряда ферментов и т. д.

Микроэлементы активно влияют на интенсивность и характер обмена веществ. Так, например, марганец, цинк, йод влияют на рост организма; молибден, медь, марганец принимают участие в репродуктивной функции, и их недостаток отрицательно влияет на нее.

Наиболее дефицитными минеральными веществами в организме человека являются кальций и железо, избыточными – натрий и фосфор.

Недостаток или избыток в питании каких-либо минеральных веществ вызывает нарушение обмена белков, жиров, углеводов, витаминов, что приводит к развитию ряда заболеваний. Наиболее распространенным следствием дисбаланса в рационе кальция и фосфора является кариес зубов, разрежение костной ткани. При недостатке фтора в питьевой воде разрушается зубная эмаль, дефицит йода в пище и воде приводит к заболеваниям щитовидной железы. Таким образом, минеральные вещества очень важны для профилактики и лечения ряда заболеваний.

Причинами нарушения обмена минеральных веществ являются:

а) несбалансированное питание (недостаточное или избыточное количество белков, жиров, углеводов, витаминов и др.);

б) применение методов кулинарной обработки пищевых продуктов, обуславливающих потери минеральных веществ, например, при размораживании (в горячей воде) мяса, рыбы или при отваривании овощей и фруктов, так как в отвар переходят растворимые соли;

в) отсутствие своевременной коррекции рационов при изменении потребности организма в минеральных веществах. Так, например, у людей, работающих в условиях повышенной температуры внешней среды, увеличивается потребность в калии, натрии, хлоре и других минеральных веществах в связи с тем, что большая их часть выводится из организма с потом;

г) нарушение процесса всасывания минеральных веществ в желудочно-кишечном тракте или значительные потери жидкости (например, кровопотери).

### **Витамины.**



Витамины – это низкомолекулярные органические соединения различной природы, являющиеся незаменимыми (необходимыми) для жизнедеятельности человека.

Витамины, как правило, не могут синтезироваться в организме (незаменимы). Исключения – биосинтез витаминов из провитаминов, а также синтез отдельных витаминов в кишечнике симбиотическими бактериями. Ранее ошибочно витамины относили к классу аминов, «амины жизни». Позднее было выявлено, что лишь некоторые витамины (в основном, группы В) являются аминами.

Витамины участвуют во многих физиологических процессах в организме человека, многие из них входят в состав коферментов. Дефицит витаминов называют **гиповитаминозом**, отсутствие – **авитаминозом**. Последнее состояние очень опасно, приводит к тяжёлым заболеваниям, часто заканчивающимся смертью, если поступление витамина в организм не будет восстановлено.

Витамины можно разделить на две большие группы – водорастворимые и жирорастворимые. К водорастворимым витаминам относятся витамины группы В, витамины С и Р. Они поступают как с растительной, так и с животной пищей (в частности, витамин В<sub>12</sub> – только с животной пищей), вне зависимости от её жирности. К жирорастворимым витаминам относят витамин А (ретинол), все формы витамина D (кальциферола), витамина Е (токоферола), витамина К (викасола). Указанные витамины растворяются в липидной фракции; если же продукт содержит малое количество жира, то есть риск, что жирорастворимые витамины будут усвоены далеко не полностью, поэтому продукты, богатые жирорастворимыми витаминами, но бедные жирами следует употреблять в сочетании с жирными продуктами.

Некоторые витамины способны синтезироваться в организме человека, но только из особых веществ – провитаминов. В частности, каротин и каротиноиды являются провитамином витамина А, триптофан – это провитамин витамина РР.

Витамин А, относящийся к группе жирорастворимых витаминов, был открыт в 1912 г. В природе встречается в виде ретинола, ретинолацетата, ретиналя и ретиноевой кислоты. Ретинол относится к непредельным одноатомным спиртам, участвует в биохимических процессах, связанных с деятельностью мембран клеток. При недостатке этого витамина в организме ухудшается зрение (развиваются такие болезни, как ксерофтальмия – сухость роговицы глаза, гемералопия (куриная слепота) – расстройство способности видеть при ослабленном освещении), замедляется рост, наблюдается повреждение слизистых оболочек дыхательных путей и пищеварительной системы, возможны нарушения кожного покрова.

Потребность взрослого человека в витамине А в пересчете на ретиноловый эквивалент составляет 1,5–2,5 мг/сут, детей и подростков – 1,5

мг/сут.

Витамин А (в мг%) содержится в продуктах животного происхождения: рыбьем жире – 15; печени трески – 4; сливочном масле – 0,5; молоке – 0,025.

Ретинол легко окисляется под действием света и кислорода воздуха. При тепловой кулинарной обработке пищевых продуктов теряется до 30 % витамина А.

Потребность человека в витамине А может быть удовлетворена и за счет растительной пищи, в которой содержатся его провитамины.

Их называют каротинами. Каротиноидные пигменты определяют окраску растений и обладают высокой биологической ценностью. Они нерастворимы в воде, но способны к растворению в различных жировых растворах.

Высокой биологической активностью обладает  $\beta$ -каротин – самый распространенный из желтых пигментов. Из молекулы  $\beta$ -каротина в организме человека под действием специальных ферментов образуется две молекулы витамина А, поэтому продукты растительного происхождения, богатые  $\beta$ -каротином, целесообразно использовать для обогащения пищевых продуктов. Значительное количество каротина содержится в шпинате, листьях щавеля, зелени петрушки и укропа, красном перце, моркови, помидорах, абрикосах.

#### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

**Цель работы** – изучить химический состав пищевых продуктов.

**Задания:**

1. Подготовить пробу для исследования согласно выданному заданию.
2. Изучить методы исследования и определить химический состав пищевых продуктов.
3. Рассчитать калорийность продукта.
4. Сделать вывод о химическом составе различных пищевых продуктов, их калорийности, пищевой и биологической ценности. Сравнить полученные результаты со справочными данными.

#### **Порядок выполнения работы**

Учебная группа студентов делится на подгруппы по 2–3 человека. Каждая подгруппа получает образец сырья, из которого готовят пробы. Сырье моют, очищают и измельчают на мясорубке. Масса пробы не более 200 г.

В каждом образце определяют массовую долю белка, воды, жира, минеральных соединений, в растительном сырье, кроме того, и углеводов.

В конце работы необходимо сделать вывод о химическом составе раз-

личных пищевых продуктов, их калорийности, пищевой и биологической ценности. Сравнить полученные результаты со справочными данными.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При исследовании химического состава пищевых продуктов для определения содержания общего азота чаще всего используют метод Кьельдаля. Массовую долю влаги определяют высушиванием при 105 °С, жира – экстракционным методом в аппарате Сокслета, минеральных веществ – путем озоления.

### 1.Определение содержания общего азота

Метод основан на окислении органического вещества при сжигании его в серной кислоте в присутствии катализатора, отгонке образующегося аммиака паром, улавливании раствором серной кислоты и определении содержания азота методом титрования.

Реакции протекают по уравнениям:  $RCHNH_2COOH + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + SO_2 + H_2O + NH_3$   
 $2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$

$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow 2NH_3 + 2H_2O + Na_2SO_4$   
 $2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы аналитические; весы технические; парообразователь; холодильник водяной; плита электрическая; колбы Кьельдаля; цилиндры мерные вместимостью 25 см<sup>3</sup>; колбы отгонные вместимостью 500 см<sup>3</sup>; колбы плоскодонные вместимостью 250 см<sup>3</sup>; кислота серная (плотн. 1 840 кг/м<sup>3</sup>); кислота серная (0,1 н р-р); гидроксид натрия (33 %-й р-р), гидроксид натрия (0,1 н р-р); медный купорос (крист.); индикатор метиловый красный; универсальный индикатор РКС.

#### Проведение испытания

В колбу Кьельдаля отбирают навеску анализируемой пробы массой порядка 0,2 г с точностью до 0,001 и проводят минерализацию. С этой целью в колбу добавляют 5 см<sup>3</sup> серной кислоты плотностью 1 840 кг/м<sup>3</sup> и несколько мелких кристаллов медного купороса (0,2–0,3 г). Затем смесь в колбе осторожно нагревают в вытяжном шкафу, не допуская разбрызгивания жидкости. Когда содержимое колбы станет однородным, нагревание прекращают, дают содержимому колбы остыть, добавляют 0,5 г сернокислого калия и продолжают нагревать до тех пор, пока жидкость в колбе не станет прозрачной, зеленовато-голубой окраски без бурого оттенка. Внутренние стенки колбы должны быть чистыми.

По окончании сжигания содержимое колбы охлаждают и количественно переносят в отгонную колбу вместимостью 500–750 см<sup>3</sup>. Колбу для сжигания тщательно ополаскивают, проверяя полноту смывания добавлением 1–2 капель раствора метилового красного.

Общий объем раствора в отгонной колбе не должен быть более

200–250 см<sup>3</sup>.

Приемником служит коническая колба вместимостью 200–300 см<sup>3</sup>, в которую с помощью бюретки налито 25 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора серной кислоты. Конец трубки холодильника должен быть погружен в раствор серной кислоты.

В отгонную колбу осторожно, по стенке, приливают 50 см<sup>3</sup> 33 %-го раствора гидроксида натрия, бросают кусочек лакмусовой бумаги и быстро закрывают ее пробкой, соединенной посредством каплеуловителя с холодильником, содержимое осторожно перемешивают и нагревают. Реакция среды в колбе должна быть резко щелочной. После закипания жидкости в колбе приемник опускают так, чтобы конец трубки холодильника находился на некотором расстоянии от поверхности раствора и продолжают отгонку. Окончание отгонки проверяют по реакции индикаторной бумаги. Если отгонка закончена, то капля дистиллята не должна иметь рН более 7.

По окончании отгонки конец трубки холодильника ополаскивают водой, которую затем добавляют в приемную колбу, и содержащийся в ней избыток серной кислоты оттитровывают 0,1 н раствором гидроксида натрия в присутствии метилового красного.

Одновременно проводят контрольный анализ без навески исследуемого образца.

Количество общего азота в сырье ( $X_{OA}$  в %) вычисляют по формуле

$$X_{OA} = \frac{(V - V_1) \cdot K \cdot 0,0014 \cdot 100}{m} \quad (22)$$

где  $V_1$  – объем 0,1 н раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование серной кислоты в контрольном опыте, см<sup>3</sup>;  $V_2$  – объем 0,1 н раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование серной кислоты в рабочем опыте, см<sup>3</sup>;  $m$  – навеска сырья, г;  $K$  – коэффициент пересчета на точный 0,1 н раствор гидроксида натрия; 0,0014 – количество азота, эквивалентное 1 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора гидроксида натрия, г.

## 2. Определение массовой доли воды высушиванием при 105 °С

Метод основан на выделении (испарении) воды из продукта при тепловой обработке и определении изменения его массы взвешиванием.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы лабораторные общего назначения 2-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г; шкаф сушильный лабораторный; эксикатор; термометр с пределом измерений от 0 до 200 °С; бюксы; песок силикатный речной или морской (очищенный и прокаленный).

### Проведение испытания

Навеску анализируемой пробы массой около 5 г, взвешенную с абсолютной погрешностью не более 0,001 г, помещают в чистую высушенную и тарированную бюксу со стеклянной палочкой. При помощи палочки распределяют навеску продукта в бюксе ровным слоем. Бюксу с навеской взвешивают на аналитических весах и высушивают в сушильном шкафу при температуре 100...105 °С до постоянной массы.

Первые 2 ч навеску исследуемого объекта, за исключением сушеных, вяленых и обработанных холодным копчением продуктов, сушат при 60...80 °С; навески продуктов с массовой долей жира более 20 % – при температуре 60...65 °С; с массовой долей жира более 40 % – при 60...65 °С в токе инертного газа.

Первое взвешивание проводят через 3 ч после начала сушки, все последующие – через 30–40 мин. Предварительно перед каждым взвешиванием бюксу с пробой охлаждают 30 мин в эксикаторе.

Постоянная масса считается достигнутой, если разница между двумя взвешиваниями не превышает 0,001 г.

При работе с пищевыми продуктами, способными при высушивании спекаться в плотную массу, в бюксу предварительно вносят 5–10 г песка и навеску продукта тщательно перемешивают.

Массовую долю воды ( $X_B$  в %) вычисляют по формуле

$$X_B = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m_1 - m} \quad (23)$$

где  $m$  – масса бюксы с песком, г;  $m_1$  – масса бюксы с навеской и песком до высушивания, г;  $m_2$  – масса бюксы с навеской и песком после высушивания, г.

Полученный результат округляют до первого десятичного знака.

### 3. Определение массовой доли жира

Метод основан на экстракции жира из исследуемого продукта серным эфиром в экстракционном аппарате Сокслета и весовом определении количества жира по разности между массой исследуемого вещества до экстракции и после нее.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы лабораторные общего назначения 2-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г; шкаф сушильный лабораторный; аппарат Сокслета экстракционный; эфир этиловый; бумага фильтровальная.

#### Проведение испытания

Высушенную навеску (см. п. 2) количественно переносят на заранее высушенную фильтровальную бумагу размером 8×9 см. Бюксу протирают небольшим кусочком ваты, смоченной в эфире. Затем вату присоединяют к навеске на фильтровальной бумаге. Фильтровальную бумагу с навеской и

ватой сворачивают в виде пакета и для предотвращения потерь помещают в пакет из фильтровальной бумаги размером 9×10 см. Пакет сушат в сушильном шкафу в течение 10–15 мин и после охлаждения в эксикаторе взвешивают с точностью до 0,001 г. Высушенный пакет помещают в экстрактор аппарата Сокслета и подвергают экстрагированию этиловым эфиром.

После полного извлечения жира пакеты вынимают из экстрактора, сушат сначала в течение 20–30 мин в вытяжном шкафу, затем 1,5–2 ч в сушильном шкафу при температуре 98...100 °С и взвешивают с точностью до 0,001 г.

Массовую долю жира ( $X_{ж}$  в %) вычисляют по формуле

$$X_{ж} = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m} \quad (24)$$

где  $m$  – масса сырой навески, взятой для высушивания (см. п. 2), г;  $m_1$  – масса пакета с высушенной навеской до экстракции, г;  $m_2$  – масса пакета с высушенной навеской после экстракции, г.

Полученный результат округляют до первого десятичного знака.

#### 4. Определение массовой доли минеральных соединений

Метод основан на полном сжигании органических веществ, удалении продуктов их сгорания и определении оставшейся минеральной части исследуемого продукта.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы лабораторные общего назначения 2-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г; тигли фарфоровые; печь муфельная; плитка электрическая; баня песчаная; щипцы; эксикатор.

##### Проведение испытания

Навеску анализируемой пробы массой 1,5–3,0 г взвешивают с точностью до 0,0001 г, помещают в прокаленный тигель и озолют, предварительно обуглив. Обугливание проводят на электрической плитке с использованием песчаной бани. Озоление навески проводят в муфельной печи при температуре 300...400 °С. После озоления тигель охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

Массовую долю минеральных веществ ( $X_{м.в}$  в %) рассчитывают по формуле

$$X_{м.в.} = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 100}{m} \quad (25)$$

где  $m$  – масса навески, г;  $m_1$  – масса пустого тигля, г;  $m_2$  – масса тигля с зо-

лой, г.

Полученный результат округляют до первого десятичного знака.

## **5. Определение массовой доли углеводов** **Определение содержания крахмала**

**Качественный метод.** Метод основан на появлении синей или черносиней окраски при воздействии раствора Люголя на поверхность свежего среза продукта. Появление указывает на присутствие крахмала.

**Количественный метод.** Метод основан на окислении альдегидных групп моносахаридов, образующихся при гидролизе крахмала в кислой среде, двухвалентной медью жидкости Фелинга с образованием осадка закиси меди. Количество невосстановленной меди определяют йодометрическим методом в кислой среде.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Колбы конические вместимостью 100–150 и 250 см<sup>3</sup>; холодильник обратный; весы технические; плита электрическая; колбы мерные вместимостью 250 см<sup>3</sup>, 100 и 50 см<sup>3</sup>; пипетки; фильтры бумажные; сульфат меди; тартрат калия-натрия (сегнетова соль); кислота соляная (10 %-й р-р); соль желтая кровяная (калия гексацианоферрат (II) тригидрат) (15 %-й р-р); гидроксид натрия (10 %-й р-р); сульфат цинка (30 %-й р-р); тиосульфат натрия (0,1 М р-р); йодид калия (30 %-й р-р; если раствор желтоватого цвета, его необходимо обесцветить раствором тиосульфата натрия); кислота серная (25 %-й р-р); фенолфталеин (1 %-й р-р); йод (крист.); раствор крахмала в насыщенном растворе хлорида натрия (1 %-й); жидкость Фелинга; раствор Люголя.

### Проведение испытания

Навеску анализируемой пробы массой 20 г, взвешенную с точностью до 0,01 г, помещают в коническую колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup> и приливают небольшими порциями 80 см<sup>3</sup> 10 %-го раствора соляной кислоты при постоянном помешивании стеклянной палочкой. Колбу с содержимым присоединяют к обратному водяному или воздушному холодильнику, ставят на плитку и кипятят в течение 15 мин, периодически помешивая. Затем колбу охлаждают до комнатной температуры и содержимое переносят в мерную колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup>. Объем жидкости доводят дистиллированной водой до метки (попавший в колбу жир должен находиться над меткой). После перемешивания содержимое колбы фильтруют через бумажный фильтр.

Фильтрат в количестве 25 см<sup>3</sup> вносят пипеткой в мерную колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup>, добавляют две капли 1 %-го раствора фенолфталеина и нейтрализуют 10 %-м раствором гидроксида натрия до появления красноватой окраски. В колбу сразу добавляют по каплям 10 %-й раствор соляной кислоты до исчезновения красноватой окраски и еще 2–3 капли этой же кислоты до установления слабокислой реакции раствора.

Для осветления гидролизата и осаждения белков к раствору в колбе вместимостью 50 см<sup>3</sup> пипеткой добавляют 1,5 см<sup>3</sup> 15 %-го раствора желтой кровяной соли и 1,5 см<sup>3</sup> 30 %-го раствора цинка. Содержимое колбы охлаждают до комнатной температуры, дистиллированной водой доводят объем до метки, перемешивают и фильтруют через бумажный фильтр (в случае образования пены добавляют 1–2 капли серного эфира).

В мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup> вносят 10 см<sup>3</sup> прозрачного фильтрата (при контрольном определении 10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды), добавляют 20 см<sup>3</sup> жидкости Фелинга, взбалтывают и кипятят 3 мин. После кипячения колбу охлаждают, доводят объем до метки дистиллированной водой, тщательно перемешивают и дают некоторое время для осаждения оксида меди.

В коническую колбу вместимостью 100–150 см<sup>3</sup> вносят пипеткой 20 см<sup>3</sup> отстоявшейся жидкости. Мерным цилиндром последовательно добавляют 10 см<sup>3</sup> 30 %-го раствора йодида калия и 10 см<sup>3</sup> 25 %-го раствора соляной кислоты и сразу титруют 0,1 М раствором тиосульфата натрия до слабо желтой окраски. Затем добавляют 1 см<sup>3</sup> 1 %-го раствора крахмала и продолжают титрование медленно (с промежутками между каплями 5–6 с)



до полного исчезновения синей окраски раствора. Аналогично титруют контрольный раствор.

Массовую долю крахмала ( $X_K$ , %) рассчитывают по формуле

$$X_K = \frac{m \cdot 250 \cdot 50 \cdot 100}{20 \cdot 25 \cdot 10} = m \cdot 250, \quad (26)$$

где  $m$  – количество крахмала, соответствующее объему 0,1 М раствора тиосульфата натрия (определяют по табл. 2), г; 250 – объем гидролизата, см<sup>3</sup>; 50 – разбавление фильтрата после нейтрализации и осаждения белков, см<sup>3</sup>; 20 – масса образца, г; 25 – объем фильтрата, взятого для нейтрализации и осаждения белков, см<sup>3</sup>; 10 – объем гидролизата, взятого для кипячения, см<sup>3</sup>.

Объем точно 0,1 М раствора тиосульфата натрия ( $V$ , см<sup>3</sup>) рассчитывают по формуле

$$V = \frac{K \cdot (V_0 - V_1)}{20} \cdot 100, \quad (27)$$

где  $K$  – коэффициент перерасчета на точно 0,1 М раствор тиосульфата натрия;  $V_0$ ,  $V_1$  – объем 0,1 М раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование соответственно контрольного и рабочего растворов, см<sup>3</sup>; 100 – разведение гидролизата после кипячения, см<sup>3</sup>; 20 – объем титруемого раствора, см<sup>3</sup>.

Затем по таблице 8 определяют соответствующую объему тиосульфата массу крахмала и выражают ее в граммах.

Таблица 8 - Количество крахмала, соответствующее объему 0,1 М раствора тиосульфата натрия

Объем раствора, см <sup>3</sup>	Количество крахмала, мг	Объем раствора, см <sup>3</sup>	Количество крахмала, мг
1	2,6	11	32,3
2	5,6	12	35,4
3	8,4	13	38,6
4	11,3	14	41,8
5	14,2	15	45,0
6	17,1	16	48,3
7	20,1	17	51,6
8	23,1	18	54,9
9	26,1	19	58,2
10	29,2	20	61,6

## 6. Ферментный метод определения нерастворимых и растворимых пищевых волокон

Сущность метода заключается в гидролизе и удалении белковых и крахмалистых веществ ферментами из продуктов растительного происхождения (аналогичными ферментам пищеварительного тракта человека). Метод позволяет определить растворимые (в этиловом спирте) и нерастворимые пищевые волокна, отличающиеся физиологическим действием.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы аналитические; баня водяная;

мельница лабораторная; гомогенизатор или микроизмельчитель; шкаф сушильный; стаканы химические; фильтр стеклянный пористый № 100, № 40 или бумажный обеззоленный; спирт этиловый; панкреатин; глюкоамилаза (очищ.); гемоглобин бычий (окисленный лиофилизированный МБ); протеаза № Р-3910 или другой протеолитический ферментный препарат аналогичной активности.

### **Подготовка образцов к испытанию**

Исследуемый сухой материал измельчают на лабораторной мельнице, просеивают через сито, отбирают фракцию с частицами размером не более 1 мм и увлажняют ее; влажный материал гомогенизируют в гомогенизаторе или микроизмельчителе.

При содержании жира в образцах более 5 % проводят обезжиривание. Для этого навеску образца, предназначенную для определения пищевых волокон, заливают трехкратным (к массе образца) объемом петролейного эфира, периодически перемешивают в течение 15 мин и затем отстаивают не менее 1 мин, прозрачный раствор петролейного эфира декантируют и повторяют экстракцию с тем же количеством эфира два раза. Обезжиренный образец высушивают на воздухе.

### **Проведение испытания**

Навеску тонкоизмельченного образца массой 0,5 г, взвешенную с точностью до 0,0001 г, помещают в химический стакан и суспендируют в 30 см<sup>3</sup> дистиллированной воды при 40 °С в течение 1,5 ч.

Полученную суспензию после настаивания нагревают на кипящей водяной бане для клейстеризации крахмала в течение 30 мин при условии, что температура суспензии достигает 90 °С.

После охлаждения смеси до комнатной температуры доводят ее рН до (1,5 ± 0,1) путем добавления 0,5 М раствора соляной кислоты, вносят 100 мг пепсина (активность 1 мкг эквивалентна 5×10<sup>-3</sup> ПЕ<sub>НВ</sub>) и выдерживают при температуре 40 °С в течение 1–1,5 ч при периодическом помешивании.

Смесь охлаждают до комнатной температуры, доводят рН до (6,8 ± 0,1)

путем добавления 3 М раствора гидроксида натрия, а затем приливают 10 см<sup>3</sup> 0,05 М раствора панкреатина. Смесь выдерживают в течение 1–1,5 ч при температуре 40 °С, постоянно помешивания.

Полученную смесь охлаждают до комнатной температуры, приливают 1,0 см<sup>3</sup> водного раствора глюкоамилазы концентрацией 50 мг/см<sup>3</sup> (рекомендуется использовать 100 единиц активности глюкоамилазы на расщепление 1 г крахмала), доводят рН до (4,8 ± 0,1) путем добавления 5 М раствора соляной кислоты, выдерживают при температуре 40 °С в течение 12 ч.

Полноту гидролиза крахмала проверяют йодной пробой. Для этого несколько капель гидролизуемой смеси помещают на стекло, добавляют

каплю йода в водном растворе йодида калия. О присутствии крахмала в препарате пищевых волокон судят по наличию окрашенных в синий цвет крахмальных зерен. В случае положительной реакции на крахмал проводят обработку смеси дополнительным количеством глюкоамилазы (приливают к смеси 5 см<sup>3</sup> водного раствора глюкоамилазы концентрацией 5 мг/см<sup>3</sup>, выдерживают 1 ч при рН (4,8 ± 0,1) и температуре 60 °С).

Полученную смесь фильтруют через предварительно доведенный до постоянной массы стеклянный пористый фильтр № 100 или предварительно высушенный и взвешенный обеззоленный фильтр. Нерастворимые пищевые волокна, оставшиеся на фильтре, промывают последовательно 25 см<sup>3</sup> 70 %-го раствора этилового спирта (в два приема) и 25 см<sup>3</sup> ацетона (в два приема). Фильтрат должен быть прозрачным. Фильтр помещают в сушильный шкаф при температуре (105 ± 1) °С и высушивают до постоянной массы.

Фильтрат делят на две равные части. В одной части фильтрата осаждают растворимые пищевые волокна 4-кратным количеством 96 %-го этилового спирта, взятого к объему фильтрата. Смесь оставляют для осаждения на 10–12 ч, затем фильтруют через доведенный до постоянной массы стеклянный пористый фильтр № 40 (при необходимости используют слабый вакуум) до получения прозрачного фильтрата. Осадок на фильтре промывают последовательно 25 см<sup>3</sup> 70 %-го раствора этилового спирта и 25 см<sup>3</sup> ацетона, затем высушивают в сушильном шкафу при температуре (105 ± 1) °С до постоянной массы.

В полученных препаратах нерастворимых пищевых волокон определяют содержание непереваренного белка методом Кьельдаля и золы методом озоления.

Параллельно проводят контрольный опыт без навески образца. Содержание пищевых волокон в продуктах определяют по формулам:

– для нерастворимых пищевых волокон

$$X_1 = \frac{m_1 - (B+C) - m_2}{m} \cdot 100, \quad (28)$$

– для растворимых пищевых волокон

$$X_2 = \frac{m_3 - m_2}{m} \cdot 100 \cdot 2, \quad (29)$$

где  $X_1$  – содержание нерастворимых пищевых волокон, %;  $X_2$  – содержание растворимых пищевых волокон, %;  $m$  – масса навески образца продукта, г;  $m_1$  и  $m_3$  – масса остатка нерастворимых и растворимых пищевых волокон после высушивания соответственно, г;  $m_2$  – масса остатка в контрольном опыте после высушивания, г;  $B$  – содержание белка в препарате пищевых волокон, г;  $C$  – содержание золы в препарате пищевых волокон, г (возможно использование справочных данных).

Общее содержание пищевых волокон ( $X$ ) вычисляют суммированием

величин  $X_1$  и  $X_2$ .

Окончательным результатом определения массовой доли нерастворимых или растворимых пищевых волокон считают среднее арифметическое двух параллельных определений. Определение проводят до второго десятичного знака с последующим округлением до первого десятичного знака.

## 7. Гексацианоферратные методы определения содержания редуцирующих веществ, общего сахара и сахарозы

### А) Колориметрический метод

Метод основан на колориметрировании избытка щелочного раствора гексацианоферрата (III) калия после реакции с редуцирующими сахарами объекта исследования. При этом гексацианоферрат (III) калия восстанавливается до гексацианоферрата (II) калия, что ведет к ослаблению окраски, так как гексацианоферрат (III) калия дает окраску значительно более интенсивную, чем гексацианоферрат (II) калия.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Фотоэлектрocolориметр (ФЭК); плита электрическая; ступки фарфоровые; фильтры бумажные; баня водяная; пипетки; колбы конические вместимостью 100–150 см<sup>3</sup>; колбы мерные вместимостью 250 и 1 000 см<sup>3</sup>; глюкоза (кристаллическая гидратная); гексацианоферрат калия; гидроксид калия или натрия (2,0 М и 1,25 М р-ры); кислота хлороводородная (1 М р-р); натрия хлорид; метиленовый голубой; сахароза или сахаррафинад; сульфат цинка (0,5 М р-р).

#### Подготовка к анализу

##### *Приготовление стандартного раствора глюкозы*

С точностью до 0,0002 г взвешивают 1,6000 г безводной глюкозы и растворяют в мерной колбе вместимостью 1 000 см<sup>3</sup>. Предварительно глюкозу выдерживают в эксикаторе над свежеприготовленным хлоридом кальция в течение 3 сут. После растворения навески раствор в колбе доводят дистиллированной водой до метки.

##### *Построение градуировочного графика*

В шесть конических колб вместимостью 100 см<sup>3</sup> вносят пипеткой по 25 см<sup>3</sup> щелочного раствора гексацианоферрата (III) калия и по 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5 см<sup>3</sup> стандартного раствора глюкозы. Дистиллированной водой из бюретки доводят объем жидкости в каждой колбе до 41 см<sup>3</sup>. Содержимое колб доводят до кипения и кипятят в течение 1 мин, закрыв каждую колбу часовым стеклом. Затем содержимое колб охлаждают и измеряют оптическую плотность на ФЭК со светофильтром, имеющим  $\lambda = 440$  нм (синий светофильтр). Раствором сравнения служит дистиллированная вода. Кювету подбирают такого размера, чтобы оптическая плотность была в пределах 0,3–0,6 для раствора, содержащего 8,5 см<sup>3</sup> раствора глюкозы (10,

20 или 30 мм). Оптическую плотность определяют в каждом растворе не менее трех раз и по полученным данным вычисляют 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 сначала тщательно измельчают в ступке, а затем готовят его водную вытяжку. Массу навески ( $M$  в г) рассчитывают по формуле

$$M = CV/P, \quad (30)$$

где  $V$  – вместимость колбы,  $\text{см}^3$ ;  $P$  – предполагаемое содержание общего сахара в объекте исследования, %;  $C$  – оптимальное для данного метода содержание сахаров в водной вытяжке на  $100 \text{ см}^3$ , г (принимают равным  $0,16$  г).

Растворение навески и осаждение нес сахаров проводят следующим образом. Измельченный образец взвешивают с погрешностью не более  $0,01$  г из расчета, чтобы в  $100 \text{ см}^3$  полученного раствора содержалось  $0,3$ – $0,4$  г редуцирующих веществ. Массу навески ( $M$  в г) рассчитывают по формуле

$$M = C_1 V_1 / P_1 \quad (31)$$

где  $C_1$  – оптимальное содержание редуцирующих веществ в  $100 \text{ см}^3$  раствора навески, г;  $V_1$  – вместимость мерной колбы,  $\text{см}^3$ ;  $P_1$  – предполагаемая массовая доля редуцирующих веществ в исследуемом образце, %.

Навеску растворяют в дистиллированной воде, нагретой до  $60 \dots 70$  °С. Если навеска растворяется без остатка, то полученный в стакане раствор охлаждают и переносят в мерную колбу вместимостью  $250 \text{ см}^3$ , доводят до метки дистиллированной водой и хорошо перемешивают. Если в навеске содержатся нерастворимые в воде вещества (белки, жиры, пектины, крахмал и т. д.), то ее переносят в мерную колбу, смывая нерастворившиеся частицы дистиллированной водой. Органические кислоты, содержащиеся в навеске, нейтрализуют раствором углекислого натрия до рН  $7,0$ , для контроля используют универсальную индикаторную или лакмусовую бумагу.

Колбу помещают на водяную баню и выдерживают при температуре  $60$  °С в течение  $15$  мин, периодически взбалтывая содержимое. Затем раствор охлаждают до комнатной температуры и осаждают мешающие сахара, приливая к раствору в колбе  $10 \text{ см}^3$   $1$  М раствора сульфата цинка, если масса навески была менее  $5$  г, и такой же объем  $1$  М раствора гидроксида натрия.

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

Допускается осаждение несхаров другими осадителями: растворами ацетата свинца и фосфата (или сульфата) натрия, растворами гексацианоферрата (II) калия и ацетата цинка.

При осаждении несхаров ацетатом свинца к охлажденному до комнатной температуры раствору приливают мерным цилиндром 7 см<sup>3</sup> раствора ацетата свинца, хорошо перемешивают и оставляют на 5 мин. Появление прозрачного слоя жидкости над осадком указывает на полноту осаждения; в противном случае дополнительно вносят (по каплям!) раствор ацетата свинца до появления прозрачного слоя жидкости. Затем в эту же колбу для удаления избытка ацетата свинца вносят 18–20 см<sup>3</sup> фосфата (или сульфата) натрия. Содержимое колбы взбалтывают, осадку дают отстояться. Для осаждения избытка ацетата свинца фосфатом натрия достаточно 10 мин.

При осаждении несхаров сульфатом натрия, если наблюдается помутнение раствора, жидкость отстаивается 24 ч. После отстаивания проверяют полноту осаждения, приливая по стенке горлышка колбы несколько капель раствора фосфата или сульфата натрия. При помутнении жидкости прибавляют дополнительно один из указанных выше растворов (1–2 см<sup>3</sup>), затем содержимое колбы взбалтывают, дают отстояться и снова проверяют полноту осаждения. При отсутствии помутнения содержимое колбы доводят до метки дистиллированной водой, перемешивают и фильтруют в сухую колбу.

При осаждении несхаров раствором гексацианоферрата (II) калия к охлажденному до комнатной температуры исследуемому раствору добавляют пипеткой 2 см<sup>3</sup> раствора гексацианоферрата (II) калия, взбалтывают, добавляют 2 см<sup>3</sup> раствора ацетата цинка, снова взбалтывают и дают отстояться 5 мин. Если раствор над осадком остается мутным, добавляют большее количество указанных растворов в равных объемах. Содержимое колбы доводят дистиллированной водой до метки, перемешивают и фильтруют в сухую колбу.

При всех вариантах осаждения фильтрат должен быть прозрачным.

При анализе окрашенных продуктов (вин, соков и т. п.) необходимо связать красящие вещества, нейтрализовать органические кислоты раствором 1 М гидроксида натрия или 1 М гидроксида калия и связать дубильные вещества ацетатом свинца. Для этого к пробе добавляют по каплям раствор карбоната натрия или 1 М раствор гидроксида натрия до слабокислой или нейтральной реакции и 30 %-й раствор ацетата свинца. После тщательного перемешивания и отстаивания добавляют по каплям раствор сульфата натрия для связывания избытка ацетата свинца. Процесс ведут до прекращения образования осадка. Содержимое колбы доводят дистиллированной водой до метки, отстаивают, фильтруют.

### **Проведение испытания**

### **Определение восстанавливающих сахаров**

В коническую колбу вместимостью 100–150 см<sup>3</sup> вносят 10 см<sup>3</sup> раствора пробы, 6 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и 25 см<sup>3</sup> щелочного раствора гексацианоферрата (III) калия. Содержимое колбы нагревают до кипения, кипятят в течение 1 мин, охлаждают и измеряют оптическую плотность при  $\lambda = 440$  нм. Раствор сравнения – дистиллированная вода. Размер кюветы должен быть таким же, как и при построении градуировочного графика. 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 см<sup>3</sup>. Результаты вычисляют, пользуясь градуировочным графиком и приведенной формулой.

### **Определение общего сахара**

Для определения общего сахара проводят гидролиз сахарозы. В реакционную коническую колбу вместимостью 100–150 см<sup>3</sup> отмеряют пипеткой 10 см<sup>3</sup> приготовленной вытяжки объекта исследования и 4 см<sup>3</sup> 1 М раствора хлороводородной кислоты. Колбу ставят на плитку, жидкость доводят до кипения и кипятят в течение 1 мин, охлаждают до комнатной температуры, затем в колбу вносят 2 см<sup>3</sup> 2 М раствора гидроксида натрия (или калия) для нейтрализации кислоты и 25 см<sup>3</sup> щелочного раствора гексацианоферрата (III) калия. Содержимое колбы доводят до кипения и кипятят в течение 1 мин. После охлаждения заполняют полученным раствором кювету и определяют оптическую плотность. Так как наиболее точные результаты получаются при оптической плотности 0,3–0,6, то при других значениях оптической плотности анализ повторяют, изменив объем вводимой водной вытяжки объекта исследования и добавив такое количество дистиллированной воды, чтобы общий объем составлял 10 см<sup>3</sup>.

Содержание сахара ( $X_{p.c}$  в процентах глюкозы) вычисляют по формуле

$$X_{p.c.} = \frac{MV}{V_1 m} \cdot 100, \quad (32)$$

где  $M$  – количество глюкозы, найденное по градуировочному графику, мг;  $V$  – объем исследуемого раствора, приготовленного из навески, м<sup>3</sup>;  $V_1$  – объем раствора, взятый для реакции с гексацианоферратом (III) калия, см<sup>3</sup>;  $m$  – масса навески объекта исследования, мг.

Для определения содержания общего сахара, выраженного в сахарозе, рассчитанный по формуле результат умножают на 0,95. Если калибровку проводят с использованием раствора гидролизованной сахарозы, то результат сразу получают в процентах сахарозы. Для расчета содержания сахарозы из результата анализа общего сахара, выраженного в процентах глюкозы, 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 двух параллельных определений.

### **Б) Титрометрический метод**

Метод основан на титровании избытка гексацианоферрата калия стандартным раствором глюкозы в присутствии метиленового голубого до полного обесцвечивания.

#### **Подготовка к анализу**

Подготовку к анализу проводят аналогично подготовке при использовании колориметрического метода.

#### **Проведение испытания**

#### ***Определение восстанавливающих сахаров***

В коническую колбу вместимостью 100–150 см<sup>3</sup> вносят 10 см<sup>3</sup> подготовленной пробы и 25 см<sup>3</sup> щелочного раствора гексацианоферрата (III) калия. Колбу нагревают до кипения, кипятят 3 мин и добавляют две капли метиленового голубого, не прерывая кипения, дотитровывают раствором глюкозы до исчезновения синей окраски.

Холостой опыт проводят в тех же условиях, отбирая вместо 10 см<sup>3</sup> раствора пробы 10 см<sup>3</sup> стандартного раствора глюкозы.

Количество стандартного раствора глюкозы  $V_1$ , пошедшего на титрование 25 см<sup>3</sup> щелочного раствора гексацианоферрата (III) калия, суммируется как 10 см<sup>3</sup> глюкозы, взятые для анализа, и объем глюкозы, который пошел на дотитрование.

### ***Определение общего сахара***

Проводят предварительный гидролиз сахарозы. Затем вносят 25 см<sup>3</sup> щелочного раствора гексацианоферрата (III) калия, кипятят и титруют, как при определении восстанавливающих сахаров.

Содержание общего сахара ( $X_{o.c.}$ ), выраженное в процентах глюкозы, вычисляют по формуле

$$X_{o.c.} = \frac{1,6 \cdot (V_1 - V_2) \cdot V_K \cdot 100}{V_B \cdot m}, \quad (33)$$

где 1,6 – количество глюкозы в 10 см<sup>3</sup> раствора, мг;  $V_1$  – объем стандартного раствора глюкозы, пошедшего на титрование 25 см<sup>3</sup> щелочного раствора гексацианоферрата (III) калия в холостом опыте, см<sup>3</sup>;  $V_2$  – объем стандартного раствора глюкозы, пошедшего на дотитрование, см<sup>3</sup>;  $V_K$  – вместимость мерной колбы, используемой для приготовления водной вытяжки, см<sup>3</sup>;  $V_B$  – объем водной вытяжки, взятой для титрования, см<sup>3</sup>;  $m$  – масса

навески объекта исследования, мг.

Для определения содержания общего сахара, выраженного в процентах сахарозы, полученный по формуле результат умножают на коэффициент 0,95. Если калибровку проводят с использованием раствора гидролизованной сахарозы, результат сразу вычисляют в процентах сахарозы. Для расчета содержания сахарозы из результата анализа общего сахара, выраженного в процентах глюкозы, 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 двух параллельных определений.

## 8. Расчёт калорийности

Расчет калорийности проводят по формуле

$$K = (\mathcal{E}_6 K_{y.6} \text{ Б} + \mathcal{E}_ж K_{y.ж} \text{ Ж} + \mathcal{E}_y K_{y.y} \text{ У}) / 100, \quad (34)$$

где  $\mathcal{E}_б$  – энергетическая ценность белков, кДж;  $K_{у. б}$  – коэффициент усвоения белков;  $B$  – массовая доля белка в продукте, %;  $\mathcal{E}_ж$  – энергетическая ценность жиров, кДж;  $K_{у. ж}$  – коэффициент усвоения жиров;  $Ж$  – массовая доля жиров в продукте, %;  $\mathcal{E}_у$  – энергетическая ценность углеводов, кДж;  $K_{у. у}$  – коэффициент усвоения углеводов;  $У$  – массовая доля углеводов в продукте, %.

Коэффициенты усвоения и энергетическая ценность основных компонентов пищевых продуктов приведены в кратких теоретических сведениях к данной лабораторной работе. Для приблизительных расчетов массовую долю углеводов можно рассчитать по разности между полным химическим составом (100 %) и массовой долей белка, жира и минеральных соединений.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Роль белков в питании человека. Азотный баланс, его виды и влияние на организм человека.
2. Потребность человека в белках и аминокислотах. Незаменимые и

лимитирующие аминокислоты. Проблема сбалансированности аминокислотного состава. Усвояемость белков.

3. Жирнокислотный состав пищевых продуктов. Пищевая ценность и биологическая эффективность различных видов жировых продуктов.

4. Классификация углеводов и их роль в питании. Усвояемые и неусвояемые углеводы.

5. Гидролиз полисахаридов.

6. Общая характеристика минерального состава в пищевых продуктах.

7. Микро и макроэлементы пищевых продуктов. Способы улучшения минерального состава пищевых продуктов.

8. Значение сбалансированности основных компонентов в пищевом рационе.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ СУТОЧНОЙ ПОТРЕБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ПИЩЕВЫХ ВЕЩЕСТВАХ (ПО А.А. ПОКРОВСКОМУ)**

**Цель работы:** определить степень удовлетворения суточной потребности человека в питательных веществах за счёт заданного продукта.

**Задачи:**

1. Получить в качестве задания наименование и рецептуру пищевого продукта.
2. Определить по справочным данным содержание в продукте питательных веществ.
3. Выбрать объём продукта для оценки степени удовлетворения потребности (100 г, порция, единица потребительской упаковки и т.п.).
4. Рассчитать степень удовлетворения суточной потребности по каждому веществу в соответствии с формулой сбалансированного питания по А.А. Покровскому.

**Ход работы**

Обучающимся выдают вариант задания в виде заданного продукта

питания или блюда. В соответствии с заданием, студенты выписывают содержание в продукте питательных веществ и рассчитывают процент удовлетворения суточной потребности по формуле

$$C_i = \frac{X_i}{N_i} \cdot 100, \quad (35)$$

где  $X_i$  - масса  $i$ -го питательного вещества в заданном количестве продукта;  $N_i$  - суточная потребность в  $i$ -м питательном веществе (по таблице 7).

При этом следует уделить особое внимание единицам измерения. Например, если в справочнике содержание пищевого вещества приведено в граммах на 100 г продукта и в таблице 7 для этого пищевого вещества расчёт ведут в граммах, то пересчёт не требуется, если же в справочных данных содержание приведено в миллиграммах, а в таблице 7 – в граммах, то справочные данные следует разделить на 1000. Если расчёт ведут не на 100 г, а на массу порции, то справочные данные следует делить на 100 и умножать на массу порции.

Результаты удобно оформить в виде таблицы 9.

Таблица 9 – Расчёт степени удовлетворения суточной потребности

Пищевое вещество	Суточная потребность	Содержание в 100 г продукта	Процент удовлетворения суточной потребности

По окончании работы делают вывод, потребность в каких питательных веществах удовлетворяется при употреблении данного продукта в наибольшей степени, а каких — в наименьшей.

Контрольные вопросы:

1. Что такое сбалансированное питание?
2. Как рассчитать процент удовлетворения суточной потребности по каждому пищевому веществу?



3. На какое количество продукции ведут расчёт степени удовлетворения суточной потребности?
4. Какие группы пищевых веществ используют для расчёта степени удовлетворения суточной потребности?

## **Часть 5. Влияние способов и режимов технологической обработки на свойства пищевого сырья.**

### **КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

#### **Фаршевые изделия.**

Основным процессом, улучшающим качество и стойкость фарша при

хранении, является промывка измельченного мяса водой для удаления веществ, вызывающих неблагоприятные химические и физические изменения в процессе хранения. В результате промывки из фарша удаляются водорастворимые компоненты (саркоплазматические белки, витамины, минеральные соли) и увеличивается относительное содержание миофибриллярных белков. С одной стороны, это улучшает реологические свойства фарша и повышает его способность образовывать эластичный гель при тепловой обработке, с другой – снижает питательную ценность готового продукта.

Промывка фарша улучшает его органолептические свойства. В частности, удаление в результате промывки остатков крови, тканевого сока и каротиноидов положительно влияет на цвет фарша. Необходимо учитывать, что жир препятствует вымыванию окрашивающих компонентов, поэтому промывка фарша из жирных рыб с высоким содержанием красных мышц не дает удовлетворительного результата.

В ходе промывки также улучшается запах фарша, поскольку большинство формирующих его веществ растворимы в воде. Особенно эффек-

тивно вместе с водой удаляются низкомолекулярные компоненты – аммиак, амины, триметиламин (ТМАО), свободные аминокислоты, а также вещества липидного характера – свободные жирные кислоты, альдегиды и др.

Промывка фарша подкисленной водой с показателем рН, близким к изоэлектрической точке белка, повышает эффективность удаления небелковых азотистых веществ и значительно снижает потери белковых компонентов. Слишком сильное подкисление воды для промывки ( $\text{pH} < 5,5$ ) приводит к частичной денатурации белка мяса рыбы.

Добавление в воду для промывки солей щелочных металлов и слабых кислот (карбоната натрия и гидрокарбоната натрия) применяется для повышения желирующей способности фарша после тепловой обработки. Чаще всего используют растворы гидрокарбоната натрия концентрацией 0,5 % или смеси равных количеств гидрокарбоната и карбоната натрия.

При однократной промывке фарша небольшим количеством воды величина потерь водорастворимых компонентов зависит от продолжительности промывки. При увеличении количества воды по отношению к фаршу эта зависимость снижается. Увеличение числа промывок ведет к значи-

тельному росту потери белка саркоплазмы, тканевого жира и уменьшает выход фарша. Удаление белковых веществ и жира происходит главным образом во время прессования или центрифугирования промытого фарша. Следует также учитывать, что при многократной промывке частицы фарша впитывают большое количество воды, ее отделение становится затруднительным, в результате готовый продукт содержит повышенное количество влаги. Таким образом, режимы промывки фарша должны обеспечивать максимальное удаление растворимых веществ при минимальных потерях массы мяса. Например, промывка фарша в течение 10–15 мин позволяет удалить более 50 % минеральных веществ и более 80 % ТМАО без существенного снижения выхода готового продукта. Дальнейшее увеличение времени промывки приводит к большим потерям массы фарша при незначительном повышении эффективности удаления веществ, негативно влияющих на качество фарша.

Потери массы фарша при длительных промывках связаны с образованием взвесей, трудно отделимых от воды физическими способами в результате чрезмерного набухания мяса. Процесс этот напрямую зависит от степени

свежести сырья. Так, фарш, полученный из задержанного или мороженого сырья, содержит значительное количество продуктов распада белковых веществ, обладает небольшой водоудерживающей способностью и требует более продолжительной промывки.

Помимо промывки, в технологических целях для придания пищевым продуктам определенной консистенции применяют различные **структурообразователи**. К таким веществам относятся загустители, желе- и студнеобразователи, которыми чаще всего являются природные полимеры, имеющие углеводную или белковую основу. Загустители образуют с водой высоковязкие растворы, а структурообразователи и желирующие вещества – гели. В обоих случаях вода оказывается связанной, так как в коллоидных системах она теряет свою подвижность и консистенция пищевого продукта меняется.

Из структурообразующих веществ наиболее часто используют желатину, яичный альбумин, казеин, крахмал, пектин, альгинаты, микрокристаллическую и модифицированную целлюлозу, фосфаты (соли орто-, пиро- или метафосфорной кислот). Для получения необходимого технологиче-

ского эффекта указанные вещества вносят в количестве 0,2–0,8 % от массы полуфабриката, добавляют сахар – не более 6 % от массы полуфабриката, фосфат – не более 0,5 %.

Стабилизация структуры фаршей при хранении достигается использованием сахаров, поваренной соли или фосфатов. При этом увеличивается ВУС фаршей, улучшаются реологические показатели (предельное напряжение сдвига, липкость, вязкость), что оказывает положительное влияние на органолептические свойства готового продукта и увеличивает его выход. Причем улучшение структурных свойств фаршей происходит в течение определенного времени после внесения добавок.

В общественном питании для формирования структурных свойств продукции используют муку, крахмал, пшеничный хлеб и сухари, яичный порошок и яичепродукты, поваренную соль. Количество этих веществ регламентируется нормами закладки.

Белок яйца обладает высокой растворимостью, пено- и гелеобразующими свойствами, имеет хорошие адгезионные свойства, повышает стабильность и вязкость эмульсий. Основным белком куриного яйца овальбумин

может образовывать гели и эмульсии самостоятельно и во взаимодействии с альбуминами крови, липопротеином и лизоцимом пищевого сырья. Белки яичного желтка также обладают высокой эмульгирующей и гелеобразующей способностью.

Большинство молочно-белковых продуктов (например, сухое молоко, казеинат натрия, молочная сыворотка, обезжиренное молоко) содержат водорастворимые белки (лактальбумины, лактглобулины), которые имеют высокую влагосвязывающую, эмульгирующую и пенообразующую способности.

Фосфатные добавки улучшают связывающие свойства белков мяса и рыбы. Указанные вещества представляют собой натриевые и калийные соли кислот (орто-, пиро-, триполи и гексаметафосфорной). По химической природе, структуре и свойствам фосфаты подразделяют на две группы: ортофосфаты и полифосфаты. При воздействии на мышечный белок работает только остаток фосфорной или полифосфорной кислоты, поэтому необходимо применять фосфаты с высокой степенью диссоциации. Фосфорные добавки улучшают способность мышечных белков связывать воду и жир,

повышают сочность, нежность и выход продукта; улучшают эмульгирующую способность; регулируют рН; являются антиокислителями; оказывают слабое антисептическое действие. Предельно допустимое количество фосфатов – 300–500 г на 100 кг сырья.

Важной характеристикой фосфатов является рН их 1 %-го раствора, по которой фосфаты подразделяют на кислые, основные и нейтральные. Кислые фосфаты используют для размягчения и набухания соединительнотканых белков, так как они снижают рН сырья до изоэлектрической точки, в которой водоудерживающая способность сырья минимальна. Щелочные фосфаты вводят в тузлуки при производстве копченой продукции и при выработке полуфабрикатов из мороженого и тощего сырья.

Недостатки фосфатных добавок:

- кислые фосфаты отрицательно влияют на гидратацию белковых веществ;
- нейтральные фосфаты имеют невысокую эффективность;
- щелочные фосфаты могут придавать мыльный привкус, ухудшать цвет



продукта и создавать благоприятные условия для развития патогенной микрофлоры.

Обычно используют смеси различных фосфатов.

Влияние фосфатов на водоудерживающую способность обусловлено их способностью изменять рН среды и увеличивать ее ионную силу. Действуя как электролиты, фосфаты связывают ионы двухвалентных металлов, вызывают диссоциацию актомиозинового комплекса. Влагоемкость актина и миозина выше, чем актомиозинового комплекса за счет расширения пространства между отрицательно заряженными белковыми группами. Некоторые фосфаты плохо растворимы в воде, поэтому при приготовлении тузлуков в первую очередь растворяют фосфаты, а затем другие компоненты.

При использовании фосфатов можно существенно повысить функциональные свойства сырья: водоудерживающую способность – на 2–25 %, жирудерживающую способность – на 2–3 %, устойчивость эмульсии – на 5–25 %, выход продукта – на 3–7 %.

В России разработаны фосфаты оптимального действия "Полифан А-Э"

и "Полифан А-Э-К".

Когда высокое содержание свободной влаги в готовом изделии нежелательно и необходимо усилить связь между его компонентами, в исходное сырье вводят крахмал или муку зерновых культур. В процессе термической обработки полуфабриката происходит клейстеризация крахмала. Полисахаридные компоненты крахмала (амилоза и амилопектин) при этом переходят в жидкую фазу и поглощают влагу, образуя коллоидную систему. Полисахариды крахмала взаимодействуют с белковыми молекулами сырья, что позволяет улучшить структуру последнего и облегчить формирование. Применение крахмала особенно необходимо при использовании сырья пониженного качества или субпродуктов.

В основном крахмал вырабатывают из картофеля и кукурузы, значительно меньше – из пшеницы, риса, сорго, маниоки и других растений. В последнее время получили распространение модифицированные крахмалы. Модификацию природных крахмалов проводят с целью увеличения вязкости, повышения стабильности пищевых систем при технологической обработке, направленного регулирования вкуса и цвета, улучшения жели-

рования. В настоящее время производят расщепленные, набухающие, замещенные крахмалы.

Крахмалы и крахмалсодержащие материалы используют в качестве связующего и текстурирующего компонента рубленых полуфабрикатов, паштетов, замороженных мясоовощных продуктов. Для улучшения формообразования и обеспечения связи между составными частями сырья при обработке холодных масс целесообразно использовать фосфатные набухающие крахмалы, особенно амилопектиновый и тапиоковый. Применение последних обеспечивает хорошее качество котлетной массы.

Кукурузные крахмалы различных модификаций широко используют в составе соусов, подлив, супов быстрого приготовления и быстрорастворимых напитков. Получаемые продукты имеют нежную кремообразную структуру, а напитки хорошо растворяются в воде комнатной температуры.

В последнее время широкое распространение получили пищевые добавки, например, каррагенан – хороший влагосвязующий, стабилизирующий и желирующий агент, используя который можно добиться хороших органолептических свойств мясных изделий. Так, после введения в мяс-

ную массу в процессе последующей тепловой обработки каррагенан меняет структуру своей молекулы в сторону увеличения числа активных групп, способных удерживать воду. В процессе охлаждения после тепловой обработки в продукте, содержащем каррагенан, формируется плотная структура за счет желирующих свойств вводимой добавки, поэтому скорость охлаждения готовых продуктов должна быть максимальной. Ежедневное употребление каррагенана в пищу не ограничено. Перечень рекомендуемых к применению в пищевой технологии добавок постоянно увеличивается, их целенаправленное использование позволяет расширить ассортимент выпускаемой продукции и улучшить свойства сырья.

### **Изделия из теста**

Одной из основных стадий технологического процесса приготовления хлебобулочных изделий является приготовление теста.

В процессе приготовления теста белково-протеиновый и углеводно-амилазный комплексы муки претерпевают существенные изменения, кото-

рые связаны с процессами брожения и созревания теста.

Брожение теста происходит с момента его замеса до деления на куски. Брожение приводит к разрыхлению теста, придает ему определенные структурно-механические свойства, необходимые для выполнения последующих операций, способствует накоплению веществ, обуславливающих вкус и аромат хлеба, его окраску.

Комплекс процессов (микробиологических, коллоидных, физических и биохимических), одновременно протекающих на стадии брожения, называют *созреванием теста*.

*Спиртовое брожение* – это процесс превращения сахара в спирт и диоксид углерода под действием дрожжей. Дрожжи сбраживают сначала глюкозу и фруктозу, а затем сахарозу и мальтозу. Источниками сахаров в тесте являются сахара муки (глюкоза, фруктоза, сахароза), перешедшие в нее из зерна, и мальтоза, образующаяся в тесте за счет гидролиза крахмала муки под действием фермента  $\beta$ -амилазы.

Скорость спиртового брожения зависит от температуры и кислотности среды, качества и количества дрожжей, содержания в смеси сахаров,

аминокислот, фосфорнокислых солей. Повышенное содержание соли, сахара, жира тормозит газообразование в тесте. Увеличить скорость брожения и количество сбраживаемых сахаров можно путем добавления промышленных амилолитических ферментных препаратов типа амилолизина П10х. *Молочнокислое брожение* вызывается молочнокислыми бактериями, которые попадают в тесто из окружающей среды вместе с мукой и расщепляют глюкозу до молочной кислоты. Существует два вида молочнокислых бактерий: гомоферментативные, образующие молочную кислоту, и гетероферментативные, которые наряду с молочной кислотой вырабатывают уксусную, янтарную, лимонную и другие кислоты. При снижении влажности и температуры теста гетероферментативные молочнокислые бактерии развиваются с большей скоростью, в результате чего резко возрастает кислотность теста и ухудшается вкус хлеба.

В тесте из пшеничной муки преобладает спиртовое брожение, из ржаной – молочнокислое. В результате нарастания кислотности ускоряется набухание белков, замедляется разложение крахмала до декстринов и

мальтозы, что крайне важно при переработке пшеничной муки из проросшего зерна и ржаной муки, так как позволяет получить тесто с оптимальными структурно-механическими свойствами. Таким образом, кислотность теста является признаком его созревания, а кислотность хлеба – одним из показателей его качества, включенным в нормативную документацию.

Коллоидные процессы, начавшиеся на стадии замеса, продолжают в процессе брожения. В зависимости от свойств муки возможно ограниченное и неограниченное набухание белков. При ограниченном набухании происходит только увеличение белков в размерах, а при неограниченном – меняется форма белковой молекулы. У муки с сильной клейковиной почти до окончания брожения происходит ограниченное набухание, при этом свойства теста улучшаются. У муки со слабой клейковиной наблюдается неограниченное набухание и тесто разжижается, поэтому продолжительность брожения теста из такой муки должна быть сокращена.

В результате физических процессов температура теста повышается на 1...2 °С, происходит увеличение его объема за счет насыщения диоксидом углерода.

От биохимических процессов, протекающих в тесте, зависят микробиологические, коллоидные и физические превращения. Суть биохимических процессов состоит в том, что под действием ферментов муки, дрожжей и других микроорганизмов происходит расщепление составных компонентов муки, прежде всего белков и крахмала. При этом необходимо контролировать степень протеолиза, так как от этого зависит упругость и эластичность теста. Кроме того, продукты разложения белков на стадии выпечки принимают участие в образовании цвета, вкуса и аромата хлеба. При интенсивном разложении белков, особенно в слабой муке, тесто расплывается и хлеб получается неудовлетворительного качества. При расщеплении крахмала ферментами идет образование мальтозы (5–6 % массы муки), которая расходуется на брожение теста и определяет вкус и аромат хлеба.

Интенсивность протекания всех рассмотренных процессов зависит от температуры смеси. Оптимальная температура для спиртового брожения в тесте около 35 °С, для молочнокислого – 35...40 °С. При повышении температуры теста увеличивается его кислотность и усиливаются биохимиче-



ские процессы, которые увеличивают его растяжимость и расплываемость за счет ослабления клейковины. Оптимальная температура брожения 26...32 °С. Повышенную температуру можно рекомендовать для приготовления теста из муки с сильной клейковиной. Тесто из муки со слабой клейковиной следует готовить при более низкой температуре.

Для получения хлебобулочных изделий с хорошими органолептическими свойствами необходимо, чтобы количество несброженных к моменту выпечки сахаров в тесте составляло не менее 2–3 % на сухое вещество.

***Физические процессы.*** В начале выпечки тесто поглощает влагу в результате конденсации водяных паров из пекарной камеры; в этот период масса куска теста-хлеба несколько увеличивается. После прекращения конденсации начинается испарение влаги с поверхности изделия. Поверхность теста к этому времени прогревается до температуры 100 °С, превращаясь в сухую корку. Часть влаги при образовании корки испаряется в окружающую среду, а часть (около 50 %) переходит в мякиш, так как влага при нагревании различных продуктов перемещается из более нагретых участков (корка) в менее нагретые (мякиш). В результате содержание влаги в

мякише горячего хлеба на 1,5–2,5 % выше, чем в тесте. В процессе выпечки обезвоженная корка прогревается до 160...180 °С, а температура в центре мякиша поднимается до 95...97 °С. Выше этой температуры мякиш не прогревается из-за его высокой влажности (от 45 до 50 %).

***Микробиологические и биохимические процессы.*** В первые минуты выпечки спиртовое брожение внутри теста ускоряется и при 35 °С достигает максимума. В дальнейшем брожение замедляется и прекращается, так как при 50 °С дрожжевые клетки отмирают, а при 60 °С приостанавливается жизнедеятельность кислотообразующих бактерий. В результате деятельности остаточной микрофлоры во время выпечки в тесте-хлебе увеличивается содержание спирта, диоксида углерода и кислот, что увеличивает объем хлеба и улучшает его вкус. Кроме того, в первые минуты выпекания происходит тепловое расширение воздуха и газов внутри теста, что существенно влияет на увеличение его объема.

Биохимические процессы связаны с изменением состояния крахмала и белков. При температуре 70...80 °С эти процессы прекращаются. Так,

крахмал при выпечке клейстеризуется (гидролизуется); в ржаном тесте этот процесс идет интенсивнее, чем в пшеничном. Поэтому в ржаном тесте содержание водорастворимых веществ (декстринов и сахаров) значительно выше, чем в пшеничном. Белки при выпечке также расщепляются с образованием промежуточных продуктов. Глубина и интенсивность расщепления крахмала и белков влияют на характер протекания химических процессов, определяющих цвет корки пшеничного хлеба, его вкус и аромат. Это связано с тем, что в результате окислительно-восстановительных реакций образовавшиеся редуцирующие сахара вступают в реакцию с продуктами разложения белков и образуют темно окрашенные вещества меланоидины (реакция Майяра). Цвет ржаного хлеба обусловлен в основном содержанием меланинов, образующихся в хлебе при участии некоторых аминокислот и ферментов.

***Коллоидные процессы.*** При выпечке белки и крахмал в хлебе претерпевают существенные изменения. При температуре 50...70 °С процессы денатурации (свертывания) белков и клейстеризации крахмала протекают одновременно. При этом белки выделяют воду, уплотняются, теряют эла-

стичность и растяжимость. В результате закрепляется форма хлеба. Крахмал поглощает выделившуюся влагу. Однако этой влаги недостаточно для полной клейстеризации крахмала, поэтому процесс протекает медленно и заканчивается при прогреве мякиша до температуры 95...97 °С. При клейстеризации крахмальные зерна прочно связывают влагу, поэтому мякиш хлеба выглядит более сухим, чем тесто (при близкой общей влажности).

### *Изменения витаминов при тепловой обработке*

Несмотря на высокую биологическую активность, многие витамины являются очень нестабильными веществами. В агрессивных условиях, в том числе и при воздействии высокой температуры, витамины теряют свою биологическую активность. Наиболее распространёнными негативными факторами (с точки зрения сохранения витаминов) являются кислород (поступающий с воздухом или в виде пероксидов, образующихся в продуктах), повышенная температура, рН среды, ультрафиолетовое излучение (в т.ч. и солнечный свет), присутствие ионов металлов (особенно ме-

таллов с переменной валентностью).

Неустойчивыми к высокой температуре (применяемой повсеместно в общественном питании и часто – в технологии переработки продуктов животного и растительного происхождения) являются витамины В<sub>1</sub>, В<sub>5</sub>, С и практически все формы жирорастворимых витаминов.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ПРОМЫВКИ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ФАРША ИЗ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ РЫБ**

**Цель работы** – изучить влияние режимов промывки на процесс экстракции азотистых веществ из мышечной ткани различных видов рыб и изменение ее водоудерживающей способности (ВУС).

### **Задания:**

1. Изготовить фарш из мышечной ткани рыбы и определить ее ВУС.
2. Произвести промывку фарша в соответствии с заданием.
3. Определить содержание общего (ОА) и небелкового (НБА) азота в промывной воде и ВУС мышечной ткани после промывки.
4. Сделать вывод об изменении ВУС и фракционного состава белков мышечной ткани рыбы в результате промывки.

### **Порядок выполнения работы**

Учебную группу делят на подгруппы по 2–3 человека. Каждая группа готовит около 100 г фарша из мышечной ткани рыбы и определяет ее водоудерживающую способность. Затем в соответствии с заданием, выданным преподавателем, производят промывку приготовленного фарша. С этой целью предварительно взвешенный фарш переносят в колбу объемом 1 000 см<sup>3</sup> и заливают промывной водой в требуемом соотношении. Промывку фарша производят в течение 15 мин при периодическом взбалтыва-

нии смеси.

Промытый фарш фильтруют через четыре слоя марли, а затем отжимают на перфорированном противне нагрузкой, равной 2 кг, в течение 10 мин. Определяют ВУС отжатого фарша. С помощью мерного цилиндра измеряют объем образующегося после фильтрации и отжима фильтрата. В фильтрате определяют содержание общего, небелкового и белкового (БА) азота в процентах от содержания ОА в исходном (непромытом) фарше. Количество БА рассчитывают как разницу между ОА и НБА. Содержание ОА в исходном фарше определяют по справочной литературе.

Полученные данные заносятся в таблицу, аналогичную таблице 10.

Таблица 10 – Характеристика фарша в зависимости от промывки

Характеристика пробы	ВУС фарша, %		Массовая доля в фильтрате, % от общего количества азота в исходном фарше		
	до промывки	после промывки	ОА	БА	НБА

По результатам эксперимента делают выводы:

- об изменении ВУС фарша в результате промывки;
- о переходе в промывную воду общего, белкового и небелкового азота. Сравнивают количество белка, перешедшего в раствор, с его содержанием в мышечной ткани рыбы.

Обучающиеся по направлению 19.03.04 "Технология производства и организация общественного питания" дополнительно готовят из промытого и непромытого фарша формованные изделия (согласно выданному преподавателем заданию), подвергают их тепловой обработке, рассчитывают выход готовых изделий и дают характеристику их органолептических свойств. В результате делают вывод о влиянии промывки фарша на качество готовых формованных изделий.

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **1. Определение водоудерживающей способности методом прессования**

Метод основан на определении количества влаги, выделяющейся из



продукта при легком надавливании на него.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы аналитические; полиэтилен; бумага фильтровальная; бумага миллиметровая; пластинки плексигласовые или стеклянные; гиря массой 1 кг; часы.

### **Проведение испытания**

Навеску фарша массой 0,3 г, взвешенную с точностью до 0,005 г, переносят на фильтровальную бумагу, которую затем размещают на плексигласовой или стеклянной пластинке.

Для опытов используют фильтровальную бумагу средней плотности, предварительно выдержанную в течение 3 сут в эксикаторе над насыщенным раствором хлорида кальция. Подготовленные фильтры хранят в полиэтиленовом пакете в холодильнике.

Навеску фарша закрывают полиэтиленовым кружком, затем накладывают плексигласовую или стеклянную пластинку, на которую ставят гирю массой 1 кг. Выдерживают фарш под прессом точно 10 мин. После прессования фильтр аккуратно освобождают от навески и карандашом обводят

контур пятна, оставшегося вокруг прессованного мяса ( $S_1$ ), и контур общего пятна по границе распространения воды ( $S_2$ ).

С помощью миллиметровой бумаги определяют площади  $S_1$  и  $S_2$ .

Площадь "влажного" пятна ( $S$ ) находят по разности  $S_1$  и  $S_2$ .

Для расчета водоудерживающей способности дополнительно определяют содержание воды в исследуемом фарше арбитражным или ускоренным методом по ГОСТ 7636.

Водоудерживающую способность исследуемой пробы (ВУС в %) вычисляют по формуле

$$\text{ВУС} = \frac{m_1 - 0,0084 \cdot S}{m} \cdot 100, \quad (36)$$

где  $m_1$  – массовая доля воды в навеске, г;  $S$  – площадь "влажного" пятна, см<sup>2</sup>; 0,0084 – количество воды в 1 см<sup>2</sup> "влажного" пятна, г;  $m$  – масса навески исследуемого образца, г.

Расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 1 %.

Опыт повторяют три раза. Среднее значение находят как среднее арифметическое трех параллельных измерений.

### **Определение массовой доли воды высушиванием при 105 °С**

Метод основан на выделении (испарении) воды из продукта при тепловой обработке и определении изменения его массы взвешиванием.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы лабораторные общего назначения 2-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г; шкаф сушильный лабораторный; эксикатор; термометр с пределом измерений от 0 до 200 °С; бюксы; песок силикатный речной или морской (очищенный и прокаленный).

### **Проведение испытания**

Навеску фарша массой 1,5–2,0 г, взвешенную с абсолютной погрешностью не более 0,001 г, помещают в чистую высушенную и тарированную

бюксу со стеклянной палочкой. Палочкой распределяют навеску ровным слоем в бюксе. Бюксу с навеской взвешивают на аналитических весах и высушивают в сушильном шкафу. Сушку производят при постоянной температуре 105 °С до постоянной массы.

Первое взвешивание проводят через 3 ч после начала сушки, последующие – через 30–40 мин.

Масса считается постоянной, если разница между двумя взвешиваниями не превышает 0,001 г. Перед каждым взвешиванием бюксу с пробой охлаждают в эксикаторе в течение 30 мин.

Для продуктов, способных при высушивании спекаться в плотную массу, в бюксу предварительно вносят 5–10 г песка и навеску продукта тщательно перемешивают.

Массовую долю воды ( $X_B$  в %) вычисляют по формуле

$$X_B = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m_1 - m} \quad (37)$$

где  $m$  – масса бюксы с песком, г;  $m_1$  – масса бюксы с навеской и песком до высушивания, г;  $m_2$  – масса бюксы с навеской и песком после высушивания, г.

Вычисление проводят до первого десятичного знака.

## **2. Определение водоудерживающей способности методом центрифугирования**

Метод основан на удалении из навески части свободной влаги под действием центробежной силы.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы технические; весы аналитические; центрифуга лабораторная; марля.

### **Проведение испытания**

Навеску фарша массой 0,5–0,9 г заворачивают в кусочек марли, взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0001 г и помещают в центрифужную пробирку. Центрифугирование проводят в течение 10 мин

при частоте вращения  $20 \text{ с}^{-1}$  (1 250 об/мин), по окончании образец извлекают из пробирки и взвешивают.

Величину водоудерживающей способности рассчитывают по формуле

$$\text{ВУС} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100,$$

(38)

где  $m_1$  – масса навески до центрифугирования, г;  $m_2$  – масса навески после центрифугирования, г.

Вычисление проводят до первого десятичного знака.

### **3. Определение содержания общего азота**

Метод основан на окислении органического вещества при сжигании

его в серной кислоте в присутствии катализатора, отгонке образующегося аммиака паром, улавливании его раствором серной кислоты и определении содержания азота методом титрования.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы аналитические; весы технические; колбы Къельдаля; цилиндры мерные вместимостью  $25 \text{ см}^3$ ; колбы отгонные вместимостью  $500 \text{ см}^3$ ; парообразователь; холодильник водяной; плита электрическая; колбы плоскодонные вместимостью  $250 \text{ см}^3$ ; кислота серная (плотность  $1840 \text{ кг/м}^3$ ); кислота серная (0,1 н р-р); гидроксид натрия (33 %-й р-р); гидроксид натрия (0,1 н р-р); купорос медный (крист.); индикатор метиловый красный; универсальный индикатор РКС.

### **Проведение испытания**

В колбу Къельдаля отбирают  $2\text{--}5 \text{ см}^3$  фильтрата (в зависимости от соотношения фарш : вода) и проводят минерализацию. С этой целью в колбу приливают  $5 \text{ см}^3$  серной кислоты плотностью  $1840 \text{ кг/м}^3$  и добавляют несколько мелких кристаллов медного купороса ( $0,2\text{--}0,3 \text{ г}$ ). Затем колбу с содержимым осторожно, не допуская разбрызгивания жидкости, нагрева-

ют в вытяжном шкафу. Когда содержимое колбы станет однородным, нагревание прекращают, добавляют 0,5 г сернокислого калия и продолжают нагревать до тех пор, пока жидкость в колбе не станет прозрачной, зеленовато-голубой без бурого оттенка. Внутренние стенки колбы должны быть чистыми.

По окончании сжигания содержимое колбы охлаждают и количественно переносят в отгонную колбу вместимостью 500–750 см<sup>3</sup>. Колбу для сжигания тщательно ополаскивают, проверяя полноту смывания добавлением 1–2 капель раствора метилового красного. Общий объем раствора в отгонной колбе не должен превышать 250–300 см<sup>3</sup>.

Приемником служит коническая колба вместимостью 200–300 см<sup>3</sup>, в которую из бюретки предварительно наливают 25 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора серной кислоты. Конец трубки холодильника погружают в раствор серной кислоты.

В отгонную колбу осторожно, по стенке, приливают 50 см<sup>3</sup> 33 %-го раствора гидроксида натрия и быстро закрывают ее пробкой, соединенной



посредством каплеуловителя с холодильником, содержимое осторожно перемешивают и нагревают. Реакция среды в колбе должна быть резко щелочной. После закипания жидкости в колбе приемник опускают так, чтобы конец трубки холодильника находился на некотором расстоянии от поверхности раствора, и продолжают отгонку. Окончание отгонки проверяют по индикаторной бумаге. Если отгонка закончена, то рН дистиллята не должен быть более 7.

По окончании отгонки конец трубки холодильника обмывают водой в приемную колбу. Избыток серной кислоты в конденсате оттитровывают 0,1 н раствором гидроксида натрия в присутствии метилового красного.

Одновременно проводят контрольный опыт без навески исследуемого образца.

Количество общего азота в фильтрате ( $X$  в % от содержания ОА в исходном фарше) вычисляют по формуле

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot k \cdot 0,0014 \cdot V_{\Phi}}{m_{\text{ОА}} V_3} \cdot 100, \quad (39)$$

где  $V_1$  – объем 0,1 н раствора гидроксида натрия, израсходованного на тит-

рование серной кислоты в контрольном опыте,  $\text{см}^3$ ;  $V_2$  – объем 0,1 н раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование серной кислоты в рабочем опыте,  $\text{см}^3$ ;  $V_3$  – объем фильтрата, взятого для минерализации,  $\text{см}^3$ ;  $V_{\text{ф}}$  – объем фильтрата после промывки фарша,  $\text{см}^3$ ;  $m_{\text{ОА}}$  – количество общего азота в исходном фарше, г;  $k$  – коэффициент пересчета на точный 0,1 н раствор гидроксида натрия; 0,0014 – количество азота, эквивалентное 1  $\text{см}^3$  0,1 н раствора гидроксида натрия, г.

#### 4. Определение содержания небелкового азота

Метод основан на отделении небелковых азотистых веществ от белковых путем осаждения последних трихлоруксусной кислотой.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы аналитические; весы технические; колбы Къельдаля; цилиндры мерные вместимостью 25  $\text{см}^3$ ; колбы отгонные вместимостью 500  $\text{см}^3$ ; парообразователь; холодильник водяной; плита электрическая; колбы плоскодонные вместимостью 250  $\text{см}^3$ ; кислота серная

(плотность  $1\,840\text{ кг/м}^3$ ); кислота серная (0,1 н р-р); гидроксид натрия (33 %-й р-р); гидроксид натрия (0,1 н р-р); ТХУ; купорос медный (крист.); индикатор метиловый красный; индикатор универсальный РКС; марля; бумага фильтровальная.

### **Проведение испытания**

В коническую колбу отбирают  $100\text{ см}^3$  фильтрата и небольшими порциями при взбалтывании жидкости приливают к ней  $25\text{ см}^3$  20 %-го раствора трихлоруксусной кислоты. Для интенсификации осаждения пробу осторожно подогревают на водяной бане. После 30-минутного отстаивания жидкость отфильтровывают через сухой складчатый фильтр.

В колбу Къельдаля отбирают  $10\text{ см}^3$  фильтрата и проводят минерализацию. С этой целью в колбу добавляют  $5\text{ см}^3$  серной кислоты плотностью  $1\,840\text{ кг/м}^3$  и добавляют несколько мелких кристаллов медного купороса (0,2–0,3 г). Затем колбу с содержимым осторожно, не допуская разбрызгивания жидкости, нагревают в вытяжном шкафу. Когда содержимое колбы станет однородным, прекращают нагревание, дают остыть, добавляют 0,5 г сернокислого калия и продолжают нагревать до тех пор, пока жидкость в

колбе не станет прозрачной, зеленовато-голубой без бурого оттенка. Внутренние стенки колбы должны быть чистыми.

По окончании сжигания содержимое колбы охлаждают и количественно переносят в отгонную колбу вместимостью 500–750 см<sup>3</sup>. Колбу тщательно ополаскивают, проверяя полноту смывания добавлением 1–2 капель раствора метилового красного.

Объем раствора в отгонной колбе не должен превышать 250–300 см<sup>3</sup>. Приемником служит коническая колба вместимостью 200–300 см<sup>3</sup>, в которую из бюретки предварительно наливают 25 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора серной кислоты. Конец трубки холодильника погружают в раствор серной кислоты.

В отгонную колбу осторожно, по стенке, приливают 50 см<sup>3</sup> 33 %-го раствора гидроксида натрия, бросают кусочек лакмусовой бумаги и быстро закрывают ее пробкой, соединенной с холодильником каплеуловителем, содержимое осторожно перемешивают и нагревают. Реакция среды в колбе должна быть резко щелочной.

После закипания жидкости в колбе приемник опускают так, чтобы конец трубки холодильника находился на некотором расстоянии от поверхности раствора, и продолжают отгонку. Окончание отгонки проверяют по индикаторной бумаге. Если отгонка закончена, то рН дистиллята не должен быть более 7.

По окончании отгонки конец трубки холодильника обмывают водой в приемную колбу. Избыток серной кислоты в конденсате оттитровывают 0,1 н раствором гидроксида натрия в присутствии метилового красного.

Одновременно проводят контрольный опыт без навески исследуемого образца.

Количество небелкового азота в фильтрате ( $X$  в % от содержания ОА в исходном фарше) вычисляют по формуле

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot k \cdot 0,0014 \cdot V_4 V_{\Phi}}{m_{OA} V_3 V_5} \cdot 100, \quad (40)$$

где  $V_1$  – объем 0,1 н раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование серной кислоты в контрольном опыте, см<sup>3</sup>;  $V_2$  – объем 0,1 н рас-

твора гидроксида натрия, израсходованного на титрование серной кислоты в рабочем опыте,  $\text{см}^3$ ;  $V_3$  – объем водной вытяжки, взятой для осаждения белков,  $\text{см}^3$ ;  $V_4$  – объем водной вытяжки, взятой для осаждения белков с учетом объема трихлоруксусной кислоты,  $\text{см}^3$ ;  $V_5$  – объем фильтрата, взятый для минерализации,  $\text{см}^3$ ;  $k$  – коэффициент пересчета 0,1 н раствора гидроксида натрия; 0,0014 – количество азота, эквивалентное 1  $\text{см}^3$  0,1 н раствора гидроксида натрия, г;  $V_{\text{ф}}$  – объем фильтрата после промывки фарша,  $\text{см}^3$ ;  $m_{\text{ОА}}$  – количество общего азота в исходном фарше, г.

### **5. Определение выхода формованных изделий**

Расчет выхода (В в %) выполняют по формуле

$$B = (m_2 m_1) \cdot 100,$$

где  $m_1$  – масса формованных изделий до тепловой обработки, г;  $m_2$  – масса формованных изделий после тепловой обработки, г.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какое влияние оказывает промывка на органолептические и физические свойства фаршей?
2. Чем объясняется улучшение реологических свойств фарша после промывки?
3. Что такое водоудерживающая способность мяса?
  4. Какие способы определения водоудерживающей способности Вы знаете?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6. ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ САХАРОВ В ПРОЦЕССЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТЕСТА**

**Цель работы** – исследовать изменение содержания сахаров в процессе приготовления изделий из различных видов теста.

**Задания:**

1. Приготовить согласно рецептуре различные виды теста.

2. Определить количество общего сахара в муке, тесте и готовом изделии.
3. Сделать вывод об изменении содержания сахаров в тесте и готовом изделии в зависимости от вида теста и температурного режима обработки.
4. Сравнить полученные результаты с данными, приведенными в справочной литературе.

### **Порядок выполнения работы**

Учебную группу студентов делят на подгруппы по 2–3 человека. Каждая группа готовит около 200 г теста согласно предложенной рецептуре. Затем приготовленное тесто делят на две части: одну направляют на тепловую обработку, вторую – используют для анализа. Содержание общего сахара определяют в муке, тесте и в готовом изделии.

Полученные данные заносят в таблицу, аналогичную таблице 11.

Таблица 11 – Изменение содержания сахаров по технологическим про-



цессам производства изделий из теста

Проба	Мука	Тесто		Готовый продукт	
	Содержание общего сахара, % сахарозы	Рецептура	Содержание общего сахара, % сахарозы	Режим тепловой обработки	Содержание общего сахара, % сахарозы

Результаты исследования сравнивают с данными справочной литературы и делают вывод об изменении содержания сахаров в тесте и готовом изделии в зависимости от вида теста и температурного режима обработки.

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **1. Определение содержания общего сахара**

Общий сахар – это суммарное содержание сахарозы и редуцирующих

сахаров, выраженное в процентах сахарозы.

Метод основан на окислении общего сахара дихроматом калия в сильноокислой среде. Соединения хрома (III) окрашиваются в синезеленый цвет. Количество этих соединений пропорционально содержанию общего сахара в анализируемой пробе.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы аналитические; весы технические; плитка электрическая; баня водяная; колбы мерные вместимостью 100 см<sup>3</sup>; пипетки вместимостью 10 см<sup>3</sup>; цилиндры мерные вместимостью 25 см<sup>3</sup>; фотоэлектроколориметр; сахароза; дихромат калия; кислота серная (конц., плотность 1 840 кг/м<sup>3</sup>); сульфат цинка (0,5 М р-р); гидроксид натрия или калия (1 М р-р).

### **Приготовление реактивов**

*Основной реактив.* 49 г дихромата калия растворяют при нагревании в 300 см<sup>3</sup> воды, отдельно в 300 см<sup>3</sup> воды осторожно вводят 300 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты, перемешивают и охлаждают. В мерную колбу вместимостью 1 000 см<sup>3</sup> помещают сначала раствор дихромата калия, затем серную кислоту и доводят водой до метки.

*Стандартный раствор сахарозы.* С точностью до 0,0001 г взвешивают 1,0 г сахарозы и растворяют в мерной колбе вместимостью 250 см<sup>3</sup>. Объем раствора доводят дистиллированной водой до метки.

*Построение градуировочного графика*

В семь мерных колб вместимостью 50 см<sup>3</sup> вносят по 25 см<sup>3</sup> раствора дихромата калия. Их бюретки в колбы вносят 0, 2, 4, 6, 8, 10, 20 см<sup>3</sup> стандартного раствора сахарозы. Затем во все колбы из бюретки добавляют дистиллированную воду до объема 50 см<sup>3</sup> (соответственно 25, 23, 21, 19, 17, 15 и 5 см<sup>3</sup> воды). В результате получают серию растворов, содержащих соответственно 0, 8, 16, 24, 32, 40 и 80 мг сахарозы в 100 см<sup>3</sup>. Содержимое в колбах сначала нагревают на кипящей водяной бане в течение 10 мин, затем охлаждают под струей воды, после чего объем растворов в колбах доводят до метки дистиллированной водой и перемешивают.

Оптическую плотность полученных растворов измеряют на фотоэлектроколориметре (длина волны  $\lambda = 670$  нм, толщина кюветы 5 см). В качестве раствора сравнения используют раствор с нулевой концентрацией саха-

розы. Оптическую плотность каждого раствора определяют не менее трех раз и вычисляют среднее значение в каждой точке. По полученным данным строят график зависимости величины оптической плотности (в мг/100 см<sup>3</sup>) от содержания сахарозы в 100 см<sup>3</sup> раствора.

### **Подготовка проб для анализа**

#### *1. Подготовка пробы муки*

Навеску муки массой 5 г, взятую с точностью до 0,1 г, количественно переносят в мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup> с помощью 50 см<sup>3</sup> дистиллированной воды. Колбу с навеской муки выдерживают на водяной бане при температуре 50 °С в течение 15 мин при периодическом перемешивании. За это время практически все сахара переходят в раствор. Охладив колбу под струей воды, осаждают "мешающие" несахара (белки, жиры, пектин, крахмал и т. д.) при добавлении 5 см<sup>3</sup> 0,5 М раствора сульфата цинка и 5 см<sup>3</sup> 1 М раствора гидроксида калия или натрия.

Содержимое колбы тщательно перемешивают, доводят объем до мет-

ки дистиллированной водой и оставляют на 15 мин. Отстоявшуюся жидкость фильтруют через складчатый фильтр в сухую коническую колбу.

## *2. Подготовка проб теста и готового изделия*

Навеску теста или готового изделия массой 1–5 г (см. таблицу 12), взятую с точностью до 0,1 г, тщательно растирают в ступке с небольшим количеством воды и переносят в мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup>. Объем жидкости должен быть равен половине объема мерной колбы. Мерную колбу с навеской муки выдерживают на водяной бане при температуре 50 °С в течение 15 мин при периодическом перемешивании. За это время практически все сахара переходят в раствор. Охладив колбу под струей воды, осаждают примеси (белки, жиры, пектин, крахмал и т. д.) путем добавления 5 см<sup>3</sup> 0,5 М раствора сульфата цинка и 5 см<sup>3</sup> 1 М раствора гидроксида калия или натрия.

Таблица 12 – Примерные навески пищевых продуктов для определения содержания сахаров

Объект	Навеска, г
Пшеничный хлеб, мука, галеты	5,0
Хлебобулочные изделия с добавлением сахара, несладкое печенье	4,0
Хлеб ржаной, сдобные хлебобулочные изделия	2,0
Сухари сдобные, печенье	1,0–1,5

Содержимое колбы тщательно перемешивают, доводят объем до метки дистиллированной водой и оставляют на 15 мин. Отстоявшуюся жидкость фильтруют через складчатый фильтр в сухую коническую колбу.

#### **Проведение испытания**

В мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup> отбирают цилиндром 25 см<sup>3</sup> раствора дихромата калия, пипеткой – 10 см<sup>3</sup> прозрачного фильтрата и 15

см<sup>3</sup> дистиллированной воды. Смесь нагревают на кипящей водяной бане в течение 10 мин, охлаждают, дистиллированной водой доводят раствор до метки и перемешивают. Полученный раствор используют для определения оптической плотности. По градуировочному графику находят содержание сахарозы в пробе.

Содержание общего сахара ( $X$  в %) в анализируемой пробе вычисляют по формуле

$$X = \frac{qV_1}{V_2m \cdot 10},$$

(41)

где  $q$  – содержание общего сахара, найденное по градуировочному графику, мг/100 см<sup>3</sup>;  $V_1$  – вместимость мерной колбы, см<sup>3</sup>;  $V_2$  – объем фильтрата, взятого для реакции с дихроматом калия, см<sup>3</sup>;  $m$  – масса навески объекта исследования, г.

**Вопросы для самопроверки**

1. Какова цель операции "брожение" при производстве изделий из теста?
2. Какие виды брожения Вы знаете? Приведите уравнения реакций.
3. От каких технологических параметров зависит скорость брожения?
4. Какие коллоидные процессы протекают при выпечке хлеба?
5. Какие физические процессы протекают при выпечке хлеба?
6. Какие микробиологические и биохимические процессы протекают при выпечке хлеба?
7. Какая реакция является основной при выпечке хлеба? Каковы ее характерные признаки?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

**Цель работы** – исследовать влияние различных стабилизирующих



добавок на структурные свойства фаршей.

**Задания:**

1. Определить изменение водоудерживающей способности фарша при введении стабилизирующих добавок.
2. Определить влияние вида стабилизирующей добавки на структурные свойства фаршей.
3. Определить влияние вида стабилизирующей добавки на выход готового продукта.

**Порядок выполнения работы**

Учебную группу студентов делят на подгруппы по 2–3 человека. Каждая группа готовит около 100 г фарша из мышечной ткани рыбы, мяса, картофеля (или другого растительного сырья) и определяет ВУС. Затем в соответствии с заданием, выданным преподавателем, в фарш добавляют стабилизирующие вещества, выдерживают заданное время, определяют ВУС и коэффициент пенетрации. После этого производят тепловую обработку полуфабриката и определяют выход готового продукта и его органо-

лептические качества.

Полученные данные заносятся в таблицу, аналогичную таблице 13

Таблица 13 – Влияние стабилизирующих веществ на свойства фарша и готового продукта

Проба	Фарш				Готовый продукт				
	Перед добавлением стабилизирующих веществ		После добавления стабилизирующих веществ		Режим тепловой обработки	Масса полуфабриката, взятого для тепловой обработки, г	Масса готового продукта после тепловой обработки, г	Выход готового продукта, %	Органолептические свойства продукта
	Величина предельного напряжения сдвига, Па	ВУС, %	Величина предельного напряжения сдвига, Па	ВУС, %					

По результатам эксперимента делают выводы:

- об изменении ВУС и величины предельного напряжения сдвига фарша в результате добавления стабилизирующих веществ;
- о влиянии вида стабилизирующих добавок на выход готового продукта после тепловой обработки.

Необходимо сравнить полученные результаты с данными справочной литературы и сделать вывод об изменении ВУС и предельного напряжения сдвига фарша в результате введения стабилизирующих добавок, оценить влияние вида стабилизирующей добавки на выход готового продукта после тепловой обработки.

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **1. Определение водоудерживающей способности методом прессования**

Метод основан на определении количества влаги, выделяющейся из продукта при легком надавливании на него.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы аналитические; полиэтилен; бумага фильтровальная; бумага миллиметровая; пластинки плексигласовые или стеклянные; гиря массой 1 кг; часы.

#### **Проведение испытания**

Навеску фарша массой 0,3 г, взвешенную с точностью до 0,005 г, пе-

реносят на фильтровальную бумагу. Для опытов используют фильтровальную бумагу средней плотности, предварительно выдержанную 3 сут в эксикаторе над насыщенным раствором хлорида кальция. Подготовленные фильтры хранят в полиэтиленовом пакете в холодильнике.

На полиэтиленовый кружок, закрывающий фарш, кладут плексиглазовую или стеклянную пластинку, на которую ставят гирю массой 1 кг. Фарш выдерживают под прессом точно 10 мин. После прессования фильтр аккуратно освобождают от навески, очерчивают карандашом контур пятна, образовавшегося из навески фарша ( $S_1$ ), и площадь пятна, образовавшегося из влаги фарша ( $S_2$ ).

Площадь пятен  $S_1$  и  $S_2$  определяют по миллиметровой бумаге. Площадь влажного пятна находят как разность  $S_1$  и  $S_2$ .

Для расчета ВУС необходимо дополнительно определить содержание воды в исследуемом фарше путем высушивания навески арбитражным или ускоренным методом при температуре 130 °С.

Водоудерживающую способность исследуемой пробы (ВУС в %)

находят по формуле

$$\text{ВУС} = \frac{m_1 - 0,0084 \cdot S}{m} \cdot 100,$$

(42)

где  $m_1$  – количество воды в навеске, г;  $S$  – площадь влажного пятна, см<sup>2</sup>; 0,0084 – количество воды в 1 см влажного пятна, г;  $m$  – масса навески, г.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 1 %. Опыт повторяют три раза. Среднее значение определяют как среднее арифметическое трех параллельных измерений.

### **Определение массовой доли воды высушиванием при 105 °С**

Метод основан на выделении (испарении) воды из продукта при тепловой обработке и определении изменения массы его взвешиванием.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы лабораторные общего назначения 2-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г; шкаф сушильный лабораторный; эксикатор; термометр с пределами измерений от 0 до 200 °С; бюксы; песок силикатный речной или морской (очищенный и прокален-

ный).

## Проведение испытаний

Навеску анализируемой пробы 1,5–2,0 г, взвешенную с абсолютной погрешностью не более 0,001 г, помещают в чистую высушенную и тарированную бюксу. Находящейся в бюксе стеклянной палочкой распределяют навеску продукта в бюксе ровным слоем. Бюксу с навеской взвешивают на аналитических весах и высушивают в сушильном шкафу при температуре 100...105 °С до постоянной массы.

Первое взвешивание проводят через 3 ч после начала сушки, последующие – через 30–40 мин.

Постоянная масса считается достигнутой, если разница между двумя взвешиваниями не превышает 0,001 г.

Перед каждым взвешиванием бюксу с пробой охлаждают в эксикаторе в течение 30 мин.

При исследовании продуктов, способных в процессе высушивания спекаться в плотную массу, в бюксу предварительно вносят 5–10 г песка и навеску тщательно перемешивают.

Массовую долю воды ( $X_B$  в %) вычисляют по формуле

$$X_B = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m_1 - m} \quad (43)$$

где  $m$  – масса бюксы с песком, г;  $m_1$  – масса бюксы с навеской и песком до высушивания, г;  $m_2$  – масса бюксы с навеской и песком после высушивания, г.

Возможно определение водоудерживающей способности методом центрифугирования (см. лабораторную работу 5).

## 2. Определение предельного напряжения сдвига фарша

Качество фарша и готовых изделий из него можно оценить по величине предельного напряжения сдвига (ПНС), так как этот показатель наиболее чувствителен к изменению технологических параметров.

Метод основан на измерении ПНС с помощью конического пластомера.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Пенетрометр; мясорубка; стакан цилиндрический вместимостью 100 см<sup>3</sup>; полиэтилен; часы.

### ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

Фарш с помощью шпателя помещают в цилиндрический стакан и выравнивают. После наполнения стакана фарш подпрессовывают при минимальной нагрузке (не более 15 691 Па, при работе с мороженым фаршем – 3700 Па). Предварительно поверхность фарша в стакане закрывают полиэтиленовым кружком. Продолжительность подпрессовки – 5 мин. Температура образца при определении ПНС не должна превышать  $(20 \pm 1)$  °С.



Количество фарша в стакане должно быть таким, чтобы при погружении пластомера его острие не касалось дна стакана. Размер пластомера подбирают экспериментально. Продолжительность измерений 180 с. Измерения производят с помощью пенетрометра.

Значение предельного напряжения сдвига ( $\theta$  в Па) рассчитывают по формуле

$$\theta = K \cdot \frac{m}{h^2}, \quad (44)$$

где  $K$  – константа конуса, Н/кг (для конуса с углом 10, 20, 30, 45, 60, 90 град постоянная равна соответственно 71,05; 20,30; 9,40; 4,08; 2,10; 0,715);  $m$  – масса нагрузки без трения, кг;  $h$  – глубина погружения конуса, м.

За результат испытаний принимают среднее арифметическое трех определений, округленное до значений, кратных пяти. Например, ПНС для мороженого рыбного фарша от 500 (хорошо формуется) до 1 300 Па (не формуется).

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Классификация стабилизирующих добавок.
2. Каковы требования, предъявляемые к стабилизирующим добавкам?
3. Как влияют стабилизирующие добавки на органолептические и реологические свойства пищевых продуктов?
4. Приведите примеры веществ, изменяющих водоудерживающие свойства продуктов. Каковы способы их применения?
5. Что такое предельное напряжение сдвига? Методика его определения.

## Лабораторная работа 8

### ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОБРАБОТКИ НА СОХРАННОСТЬ $\beta$ -КАРОТИНА В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

**Цель работы** – изучить влияние различных видов тепловой обработки на сохранность  $\beta$ -каротина в пищевых продуктах.

**Задания:**

1. Определить содержание  $\beta$ -каротина в образце до тепловой обработки.
2. Определить содержание  $\beta$ -каротина в образце после тепловой обработки.
3. Сравнить полученные результаты с данными справочной литературы и сделать вывод о влиянии режима тепловой обработки на сохранность  $\beta$ -каротина в пищевых продуктах.

**Порядок выполнения работы**

Учебную группу студентов делят на подгруппы по 2–3 человека. Каждая подгруппа получает образец растительного сырья. Сырье готовят для тепловой обработки согласно заданию, выданному преподавателем.

Тепловую обработку проводят в кипящей воде при соотношении сырье : вода 1 : 3. Время варки выбирается согласно заданию. Массовую долю  $\beta$ -каротина определяют в сырье до и после тепловой обработки.

Данные, полученные в ходе лабораторной работы, заносят в таблицу, аналогичную приведенной ниже.

Характеристика образца	Содержание $\beta$ -каротина до тепловой обработки, мг/г	Продолжительность тепловой обработки, мин	Содержание $\beta$ -каротина после тепловой обработки, мг/г

В заключении делают вывод о влиянии режимов тепловой обработки на сохранность каротина в пищевых продуктах и сравнивают полученные результаты с данными справочной литературы.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 1. Определение массовой доли каротиноидов

Метод определения  $\beta$ -каротина основан на экстракции каротиноидов химически чистым гексаном с последующим колориметрированием на спектрофотометре при длине волны 450 нм.

**Оборудование, материалы, реактивы.** Весы технические; весы аналитические; ступки фарфоровые и пестики; воронка Бюхнера; вакуум-насос; спектрофотометр; кюветы длиной 10 мм; колбы мерные вместимостью 50, 100 и 1 000 см<sup>3</sup>; гексан (хч); калия дихромат (0,0012 М р-р).

#### *Приготовление стандартного раствора дихромата калия*

Навеску калия дихромата массой 0,36 г, взвешенную с точностью до 0,0001, количественно переносят в мерную колбу вместимостью 1 000 см<sup>3</sup>. Раствор доводят до метки дистиллированной водой. Срок хранения реактива – один месяц с даты изготовления.

#### **Проведение испытания**

Навеску образца массой от 1 до 2 г, взвешенную с точностью до 0,01 г, тщательно измельчают и растирают в ступке с гексаном в вытяжном шкафу. Надосадочную жидкость переносят на воронку Бюхнера и фильтруют с помощью вакуум-насоса в сухую коническую колбу. Растирание с растворителем и фильтрацию проводят несколько раз, пока стекающий фильтрат не станет бесцветным.

Экстракт количественно переносят в мерную колбу вместимостью 50 или 100 см<sup>3</sup> и доводят гексаном до метки. Раствор перемешивают и колориметрируют на спектрофотометре при длине волны 450 нм в кювете с рабочей длиной 10 мм.

Параллельно измеряют оптическую плотность стандартного раствора дихромата калия. В качестве раствора сравнения используют хч гексан или дистиллированную воду.

Содержание каротиноидов в пересчете на β-каротин ( $X$  в мг на 100 г продукта) вычисляют по формуле

$$X = \frac{D_1 \cdot 0,00208V \cdot 100}{D_0 a},$$

где  $D_1$  – оптическая плотность исследуемого раствора;  $D_0$  – оптическая плотность раствора дихромата калия; 0,00208 – количество каротина, соответствующее по окраске 1 см<sup>3</sup> стандартного 0,0012 М раствора дихромата калия;  $V$  – объем гексановой вытяжки в мерной колбе, см<sup>3</sup>;  $a$  – масса навески, г.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. На чем основан метод определения массовой доли каротиноидов в пересчете на β-каротин?
2. Какова биологическая роль витамина А для организма человека?

3. Какие изменения происходят с витамином А при тепловой обработке и хранении сырья и готовых продуктов?
4. Какова потребность взрослого человека в витамине А в пересчете на ретиноловый эквивалент?
5. Какие продукты содержат витамин А и каротиноиды?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова, Ж.И. Человек и антиокислительные вещества / Ж.И. Абрамова, Г.И. Оксенгендлер. – Л. : Наука, 1985. – 230 с.
2. Антипова, Л.В. Прикладная биотехнология. УИРС для специальности 270900 : учеб. пособие / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, А.И. Жаринов. – Воронеж : Воронеж. гос. технол. акад., 2000. – 332 с.
3. Быков, В.П. Изменение мяса рыбы при холодильной обработке / В.П. Быков. – М. : Агропромиздат, 1987. – 221 с.
4. Бабиченко, Л.В. Основы технологии пищевых производств / Л.В. Бабиченко. – М. : Экономика, 1983. – 215 с.
5. Булдаков, А.С. Пищевые добавки : справочник. / А.С. Булдаков. – СПб. : Ut, 1996. – 240 с.
6. Вода в пищевых продуктах : пер. с англ. / под ред. Р.Б. Дакуорта. – М. : Пищ. пром-сть, 1980. – 376 с.
7. Гинзбург, А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов : справочник / А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская. – М. : Агропромиздат, 1990. – 287 с.
8. Грандберг, И.И. Органическая химия : учеб. для с/х и биол. спец. вузов / И.И. Грандберг. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1987. – 480 с.
9. Евстигнеев, Г.М. Тайны продуктов питания / Г.М. Евстигнеев. – М. : Пищ. пром-сть, 1972. – 216 с.
10. Технология обработки водного сырья / И.В. Кизеветтер [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Пищ. пром-сть, 1976. – 696 с.
11. Курко, В.И. Химия копчения / В.И. Курко. – М. : Пищ. пром-сть, 1969. – 343 с.
12. Мачихин, Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1981. – 216 с.
13. Общая технология пищевых производств / Н.И. Назаров [и др.] ; под ред. Н.И. Назарова. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1981. – 360 с.

14. Петровский, К.С. Гигиена питания : учебник / К.С. Петровский, В.Д. Ванханен. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 1982. – 528 с.
15. Пищевая химия / А.П. Нечаев [и др.] ; под ред. А.П. Нечаева. – СПб. : ГИОРД, 2001. – 592 с.
16. Реометрия пищевого сырья и продуктов : справочник / под ред. Ю.А. Мачихина. – М. : Агропромиздат, 1990. – 271 с.
17. Сафронова, Т.М. Сырье и материалы рыбной промышленности / Т.М. Сафронова. – М. : Агропромиздат, 1991. – 191 с.
18. Скурихин, И.М. Все о пище с точки зрения химика : справ. издание / И.М. Скурихин, А.П. Нечаев. – М. : Высш. шк., 1991. – 288 с.
19. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов : справочник / под ред. А.В. Горбатовой. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1982. – 294 с.
20. Технология пищевых производств / Л.П. Ковальская [и др.] ; под ред. Л.П. Ковальской. – М. : Колос, 1999. – 752 с.
21. Химический состав пищевых продуктов : справ. таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. В 3 т. / под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. – М. : Агропромиздат, 1987. – Т. 1. – 424 с.
22. Химический состав пищевых продуктов : справ. таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов и углеводов. В 3 т. / под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. – М. : Агропромиздат, 1987. – Т. 2. – 360 с.
23. Химический состав пищевых продуктов : справ. таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности блюд и кулинарных изделий. В 3 т. / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Шатерникова. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – Т. 3. – 254 с.
24. Химия пищи. В 2 кн. Кн. 1. Белки: структура, функции, роль в питании / И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко [и др.]. – М. : Колос, 2000. – 384 с.
25. Филиппович, Ю.Б. Основы биохимии : учебник для студ. хим. и биол. спец. пед. ин-тов / Ю.Б. Филиппович. – М. : Высш. шк., 1985. – 503 с.
26. Ушкалова, В.Н. Стабильность липидов пищевых продуктов / В.Н. Ушкалова. – М. : Агропромиздат, 1988. – 152 с.
27. Эвейштейн, Э.М. Здоровье и питание / Э.М. Эвейштейн. – М. : Знание, 1987. – 255 с.
28. Электрофизические, оптические и акустические характеристики пищевых продуктов : справочник / под ред. И.А. Рогова. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1981. – 287 с.
29. Protein and amino acid requirements in human nutrition: Report of a joint

FAO/WHO/UNU expert consultation (WHO Technical Report Series 935).  
WHO/FAO/UNU, 2007. – 265 p.