



Кафедра химии

**ПРАКТИКУМ ПО ПИЩЕВОЙ ХИМИИ**

**БЗ.Б.9 ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ**

Направление подготовки (специальность)

**260100 Продукты питания из растительного сырья**

Профиль подготовки

*Технология переработки и хранения зерна*

*Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий*

*Технология бродильных производств и виноделие*

**БЗ.Б.12 ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ**

Направление подготовки (специальность)

**260200 Продукты питания животного происхождения**

Профиль подготовки

*Технология мяса и мясных продуктов*

*Технология молока и молочных продуктов*



Рекомендовано к изданию методической комиссией  
факультета пищевых технологий

(протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 г.)

Составитель:

Чернышенко Ю.Н.

Ответственный  
за выпуск:

заведующий кафедрой химии  
Исламова Р.М.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Общие правила работы в химической лаборатории и техника безопасности при работе	5
Лабораторная работа № 1. «Пищевая и энергетическая ценность пищевых продуктов»	7
Лабораторная работа № 2. «Методы количественного определения белков»	11
Лабораторная работа № 3. «Определение некоторых химических показателей пищевых жиров»	17
Лабораторная работа № 4. «Выделение пектина и исследование его свойств»	25
Лабораторная работа № 5. «Способность пектина связывать ионы тяжелых металлов»	27
Лабораторная работа №6. «Йодометрический метод определение лактозы»	31
Лабораторная работа №7. «Определение содержания крахмала (в зерне, муке, мучнистых материалах)»	33
Лабораторная работа №8. «Определение содержания редуцирующих сахаров»	34
Лабораторная работа №9. «Определение суммарного содержания сахаров в кондитерских изделиях»	36
Лабораторная работа №10. «Определение массовой доли крахмала в колбасных изделиях»	39
Лабораторная работа № 11. «Определение массовой доли сахарозы в плавленых сырах»	42
Лабораторная работа №12. «Определение степени осахаривания крахмала»	45
Лабораторная работа № 13. «Количественное определение содержания влаги в мясопродуктах»	48
Лабораторная работа № 14. «Количественное определение и исследование влияния различных факторов на сохранность витамина С в молоке.»	51
Лабораторная работа № 15. «Исследование влияния различных факторов на сохранность витамина С»	55
Лабораторная работа № 16. «Потери витамина С и β-каротина в овощах при кулинарной обработке»	57
Лабораторная работа № 17. «Количественное определение витамина Р (рутина) в биологических объектах»	60

Лабораторная работа № 18. «Определение солей кальция и магния в молоке»	63
Лабораторная работа №19. «Титриметрический метод определения ионов железа в молоке»	66
Лабораторная работа №20. «Титриметрическое определение содержание хлорид-ионов в молоке»	67
Библиографический список	70

## ВВЕДЕНИЕ

Пищевая химия - одна из ведущих дисциплин в знаниях человека о питании. В ее задачу входит изучение химического состава сырья, полуфабрикатов и готовых пищевых продуктов. Она исследует закономерности химических превращений при хранении и переработке пищевого сырья, необходима при разработке принципов питания, обеспечивающих здоровое развитие человека. Объектами изучения пищевой химии являются также новые сырьевые источники, создание более совершенных технологий пищевых производств.

Пищевые продукты включают разнообразные классы химических соединений биологического происхождения и представляют собой довольно сложный объект для изучения. Поэтому важнейшая проблема пищевой химии - разработка и совершенствование не только методов анализа пищевых систем, но и методик расчета пищевой ценности продуктов питания.

Данное пособие знакомит студентов с наиболее важными методами выделения и изучения состава пищевого сырья, продуктов питания и охватывает основные классы пищевых веществ. В него включено 20 лабораторных работ по 7 темам.

Все лабораторные работы составлены по общей методике и содержат краткий теоретический и подробный экспериментальный разделы, которые студенты должны разобрать самостоятельно.

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Пищевая химия» предназначены для бакалавров факультета пищевых технологий и составлены в соответствии с программой подготовки дипломированного специалиста по направлению *260100 Продукты питания из растительного сырья и 260200 Продукты питания животного происхождения.*

Каждая лабораторная работа выполняется студентами индивидуально и проводится в течение 4-х часов в следующей последовательности:

студент дома самостоятельно знакомится с целью работы, изучает методическое указание и соответствующую учебную литературу, оформляет описательную часть отчета;

на занятии студент сдает коллоквиум, включающий вопрос по теории и по методике выполнения лабораторной работы;

на занятии студент получает задание у преподавателя и приступает к выполнению работы;

после завершения работы студент приводит рабочее место в порядок, делает необходимые расчеты, заканчивает оформление отчета и сдает его преподавателю.

Работа считается выполненной студентом только тогда, когда отчет со всеми результатами и сделанными на основании их выводами принят преподавателем.



## **ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

1. Перед каждой лабораторной работой следует изучить относящийся к ней теоретический материал. Только тогда лабораторные занятия будут полезными и продуктивными.
2. Начинать опыты следует только после внимательного ознакомления с описанием работы и уяснив технику ее выполнения.
3. Не брать реактивы в большем количестве, чем требуется для проведения опыта.
4. Неизрасходованные или взятые в избытке реактивы не рекомендуется сливать обратно в бутылки или другую тару; их необходимо сдавать лаборанту.
5. Не загромождать рабочее место посторонними предметами или реагентами.
6. Не уносить приборы и аппараты, а также реактивы общего пользования на свое рабочее место. Принять за правило: каждый предмет или реактив возвращать на место сразу после его использования.
7. Все работы с вредными веществами проводить только под вытяжным шкафом. Нельзя переносить концентрированные кислоты и щелочи с одного места на другое.
8. Не путать пробки от склянок, а также пипетки для отбора жидких реактивов.
9. Горячие приборы и посуду ставить только на специальные подставки, а не на стол.
10. По окончании работы необходимо вымыть химическую посуду, тщательно убрать рабочее место, отключить воду и электричество.
11. Обязательно вести запись результатов, проведенных лабораторных работ. Пока в тетрадь не занесены результаты предыдущего опыта, не переходить к следующему.
12. При нагревании пробирок и колб с их содержимым во избежание выброса жидкости нельзя направлять их отверстием к себе или в сторону соседа.
13. Если на кожу попала концентрированная кислота, то пораженное место следует тотчас же промыть обильным количеством воды под краном, после чего обработать 5%-ным раствором соды.
14. В случае попадания концентрированной щелочи пораженное место следует промыть водой, затем разбавленным раствором уксусной кислоты.
15. При получении ожогов от прикосновения к горячим предметам надо обожженное место покрыть марлей, пропитанной 2%-ным раствором перманганата калия или 3%-ным раствором танина.
16. При порезах рук стеклом следует в первую очередь удалить из раны осколки стекла, затем смыть кровь 2%-ным раствором перманганата калия или спиртом и, смазав рану йодной настойкой, забинтовать.
17. Испытывать газы на запах нужно осторожно: пробирку следует держать в полувывытянутой левой руке так, чтобы отверстие находилось ниже уровня носа, и правой рукой направлять к себе слабый ток воздуха.
18. Огнеопасные вещества, такие, как водород, бензин, эфир, надо держать подальше от источника открытого огня.



## Лабораторная работа №1

### ПИЩЕВАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

*Цель работы:* овладеть методикой расчета пищевой и энергетической ценности продуктов на основании их химического состава.

Показатели энергетической и пищевой ценности должны учитываться при составлении сбалансированных рационов питания для различного контингента населения. Поэтому в соответствии с современными требованиями энергетическая и пищевая ценность пищевых продуктов обязательно должны указываться на упаковке готовых продуктов питания.

#### 1. Определение энергетической ценности пищевых продуктов.

*Энергетическая ценность* характеризует ту долю энергии, которая может высвободиться из пищевых продуктов в процессе биологического окисления и использоваться для обеспечения физиологических функций организма.

Энергетическая ценность пищи рассчитывается по процентному содержанию в ней основных компонентов (жира, белка, усвояемых углеводов и др.) и коэффициентам их физиологической энергетической ценности. Химический состав пищевых продуктов приведен в справочной литературе [3,4]. Энергетическая ценность некоторых пищевых веществ в таблице 1.

Таблица 1. Энергетическая ценность некоторых пищевых веществ

Вещество	Энергетическая ценность при окислении в организме
	<i>ккал/г</i>
Белки	4.00
Жиры	9.00
Усвояемые углеводы	3.75
Этиловый спирт	7.00

Зная химический состав пищевых продуктов, можно рассчитать энергетическую ценность по формуле

$$\mathcal{E} = 4,00 \cdot B + 9,00 \cdot Ж + 4,00 \cdot У,$$

где  $\mathcal{E}$  - энергетическая ценность пищевого продукта, ккал/100 г;  $B$  - масса белка в 100 г продукта, г;  $Ж$  - масса жира в 100 г продукта, г;  $У$  - масса углеводов в 100 г продукта, г.

При выполнении задания необходимо определить калорийность рациона в целом, умножая коэффициент энергетической ценности на количество соответствующих основных компонентов и суммируя результаты. В последующем полученные данные использовать при расчете интегрального сора.

#### 2. Расчёт интегрального сора.

Под рациональным питанием понимают обеспеченность организма достаточным количеством энергии, белков, жиров, углеводов, минеральных веществ, витаминов и других незаме-

нимых факторов питания и поступление этих веществ в определённых сбалансированных по отношению друг к другу количествах.

Так оптимальным считается соотношение между белками, жирами и углеводами 1:1:4; между растительными и животными жирами 1:3; между кальцием и фосфором 1:1,5-1,8; между кальцием и магнием 1:0,5; между белком и витамином С 1:1000 (т.е. на 1 кг белка должен поступать 1 мг витамина С) и т.д.

Суточная потребность в каждом из наиболее важных компонентов рациона нашла отражение в формуле сбалансированного питания, разработанной в институте питания РАМН под руководством академика А.А. Покровского (таблица 2).

Пищевую ценность продуктов (интегральный скор) определяют путём расчёта процента соответствия каждого компонента рациона формуле сбалансированного питания.

Таблица 2. Формула сбалансированного питания

Пищевые вещества	Дневная потребность	Пищевые вещества	Дневная потребность
<b>Вода, мл</b>	1750-2200	<b>Минеральные вещества,</b>	
<b>Белки, г</b>	80-100	<i>мг:</i>	
В том числе: живот- ные	50	кальций	800-1000
<b>Незаменимые ами- нокислоты, г</b>		фосфор	1000-1500
триптофан	1	натрий	4000-6000
лейцин	4-6	калий	2500-5000
изолейцин	3-4	хлориды	5000-7000
валин	3-4	магний	300-500
треонин	2-3	железо	15
лизин	3-5	цинк	10-15
метионин	2-4	марганец	5-10
фенилаланин	2-4	медь	2
<b>Углеводы, г</b>	400-500	кобальт	0.1-0.2
В том числе:		молибден	0.5
крахмал	400-450	фториды	0.5-1.0
моно- и дисахариды	50-100	иодиды	0.1-0.2
<b>Органические кис- лоты</b>		<b>Витамины:</b>	
(лимонная, молочная и т.п.), г	2	витамин С	50-70
<b>Балластные веще- ства (клетчатка, пек- тин)</b>	25	тиамин (В <sub>1</sub> )	1.5-2.0
<b>Жиры, г</b>	80-100	рибофлавин (В <sub>2</sub> )	2.0-2.5
В том числе:		пантотеновая кислота (В <sub>3</sub> )	5-10
растительные	20-25	пиридоксин (В <sub>6</sub> )	2-3
Незаменимые поли- ненасыщенные жир- ные кислоты	2-6	Витамин В <sub>12</sub>	0.002-0.005
холестерин	0.3-0.6	ниацин (РР)	15-25
фосфолипиды	5	биотин	0.15-0.30
		фолацин (В <sub>9</sub> )	0.2-0.4
		витамин Д	0.0025-0.01
		витамин А	1.5-2.5
		витамин Е	10-20
		витамин К	0.2-0.3
		Энергетическая ценность	
		<i>Ккал</i>	2850

При выполнении задания необходимо:

- вычислить количество белков, жиров, минеральных веществ, витаминов и др. веществ

необходимых для удовлетворения суточной потребности в продуктах (согласно формуле сбалансированного питания);

- используя справочную литературу [3,4], определить количество белков, жиров, минеральных веществ, витаминов и др., содержащихся в сформированном рационе продуктов;

- полученные данные и данные по энергетической ценности сравнить с соответствующими показателями формулы сбалансированного питания, и вычислить процент удовлетворения суточной потребности по каждому веществу;

- дать анализ правильности питания.

### 3. Расчёт аминокислотного сора (АКС).

Для выражения биологической ценности белковых продуктов используется метод, основанный на сравнении аминокислотного состава белков исследуемого продукта с «эталонным» белком (метод аминокислотного сора).

Для вычисления аминокислотного сора предложен аминокислотный состав «эталонного» белка. Один грамм «эталонного» белка содержит (мг): изолейцин – 40, лейцин – 70, лизин – 55, метионин + цистин – 35, фенилаланин + тирозин – 60, треонин - 40, триптофан – 10, Валин - 50.

Для расчёта аминокислотного сора сопоставляют содержание каждой незаменимой аминокислоты в 1 грамме белка исследуемого продукта с её содержанием в 1 грамме «идеального» белка.

Расчет АКС ( $C_j$ , %) ведут для каждой незаменимой аминокислоты по следующей формуле:

$$C_i = \frac{A_i}{A_{Эi}} \cdot 100,$$

где  $A_j$  – содержание незаменимой  $i$ -й аминокислоты в 1 г исследуемого белка, мг/г;

$A_{Эi}$  – содержание  $i$ -й аминокислоты в 1 г «эталонного» белка, мг/г;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

При расчете АКС содержание аминокислоты в конкретном белке выражается в процентном отношении к ее содержанию в эталоне. Аминокислота, АКС которой имеет самое низкое значение, называется первой *лимитирующей кислотой*. Эта аминокислота будет определять степень использования данного белка. В основу данного аналитического расчета биологической ценности белка положена гипотеза о доминирующем влиянии первой лимитирующей аминокислоты.

При выполнении задания необходимо рассчитать аминокислотный скор взятых продуктов, определить лимитирующие аминокислоты.

**Порядок оформления задания.**

Результаты расчётов представить в виде таблиц (табл. 3,4.)

Таблица 3. Расчет интегрального сора продуктов

Состав пищевых продуктов (факторы питания)	Содержание факторов питания, г в		Степень удовлетворения формулы сбалансированного питания
	100 г	Расчётной массе	
Белки Жиры Углеводы Минеральные вещества и др.  Энергетическая ценность, кДж			

Таблица 4. Расчет аминокислотного сора продуктов.

Незаменимые аминокислоты	Массовая доля, г на 100 г		АКС
	«идеального» белка	исследуемого белка	

**Задание №1.** В соответствии с вариантом, предложенным преподавателем, рассчитать пищевую и энергетическую ценность продуктов питания. На основании рецептуры и химического состава ингредиентов определить расчетным путем химический состав продуктов, составить карту пищевой и энергетической ценности пищевого продукта. Сделать выводы о том, насколько данный продукт удовлетворяет суточной потребности в основных пищевых веществах, энергии.

Пример. Составить карту энергетической и пищевой ценности творожной массы с изюмом, приготовленной по следующей рецептуре, кг:

Творог жирный с массовой долей жира 18 %	373,75
Сливки сухие с массовой долей жира 42 %	316,35
Сахар-песок	180,90
Изюм	100,00
Желатин	9,0
Вода	20,0
Всего	1000,0

Для определения энергетической ценности творожной массы необходимо знать ее химический состав, который можно определить расчетным методом, исходя из состава ингредиентов, по справочнику «Химический состав российских пищевых продуктов».

**Задание №2.** Провести полный расчет биологической ценности продукта исходя из

его аминокислотного состава в соответствии с вариантом, предложенным преподавателем.

## ТЕМА «БЕЛКИ»

## Лабораторная работа №2.

## МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЛКОВ

*Цель работы:* освоить методы анализа белков.

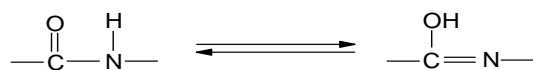
*Реактивы:* 1 % раствор альбумина (стандартный раствор); биуретовый реактив; 0,85 % раствор хлорида натрия; белоксодержащие образцы (молочная сыворотка, раствор яичного белка, растворы водорастворимых белков гороха и мышечной ткани), фенолфталеин, 0,1 н NaOH, 37% формальдегид, 2% NaOH, концентрированная HNO<sub>3</sub>, 15% NaOH.

*Посуда и приборы:* пипетки; мерные цилиндры; пробирки; фотоэлектроколориметр (с кюветами).

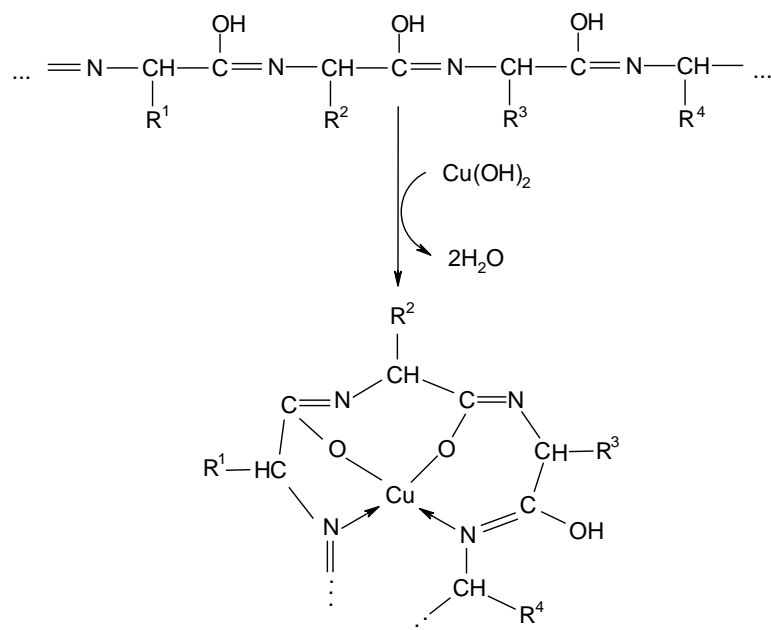
**2.1. Биуретовый метод.** Метод основан на определении интенсивности окраски исследуемого образца, возникающей в результате взаимодействия белков и полипептидов с ионами меди (II) в щелочной среде. При этом раствор белка окрашивается в сине-фиолетовый цвет.

*Принцип метода.* Белки (пептиды) в щелочном растворе в присутствии солей меди (II) образуют комплексные ее соединения, окрашенные в сине-фиолетовый или красно-фиолетовый цвет.

Для пептидной (амидной) группы характерна лактам-лактимная таутомерия:



В щелочной среде преобладающая лактимная (енольная) форма полипептида взаимодействует с гидроксидом меди (II) с образованием стабильного окрашенного комплекса:



Интенсивность окраски раствора пропорциональна концентрации белка в пробе. Оптическую плотность растворов измеряют на спектрофотометре при длине волны в диапазоне от

540 до 650 нм. Для определения содержания белка строят калибровочный график.

**Построение калибровочного графика** (биуретовый метод). Из 1 %-ного исходного раствора кристаллического человеческого альбумина приготовленного на физиологическом растворе (0,85 %-ный раствор хлорида натрия), подготовить растворы с уменьшающейся концентрацией по схеме:

- раствор № 1: 1 мл исходного раствора, 10 мг/мл;
- раствор № 2: 4 мл исходного раствора + 1 мл воды;
- раствор № 3: 4 мл раствора № 2 + 1 мл воды;
- раствор № 4: 4 мл раствора № 3 + 1 мл воды;
- раствор № 5: 4 мл раствора № 4 + 1 мл воды;
- раствор № 6: 4 мл раствора № 5 + 1 мл воды;
- раствор № 7: 4 мл раствора № 6 + 1 мл воды;
- раствор № 8: 4 мл раствора № 7 + 1 мл воды;
- раствор № 9: 4 мл раствора № 8 + 1 мл воды;
- раствор № 10: 4 мл раствора № 9 + 1 мл воды.

Для проведения биуретовой реакции к 1 мл каждого из приготовленных по вышеописанной схеме растворов добавить по 4 мл биуретового реактива и оставить на 30 мин при комнатной температуре. Светопоглощение окрашенных растворов измерить при 540 нм на фотоэлектроколориметре (с зеленым светофильтром) относительно контрольного раствора.

*Контрольный раствор* приготовить, заменив раствор исследуемого белка на 1 мл дистиллированной воды, и добавить 4 мл биуретового реактива.

На основе полученных данных построить калибровочную кривую (рис. 1) зависимости оптической плотности от концентрации альбумина, выраженной в миллиграммах на 1 мл измеряемого раствора.

**Определение массовой доли белка биуретовым методом.** Для анализа взять 1 мл исследуемого белоксодержащего раствора (содержание белка 1...10 мг), добавить 4 мл биуретового реактива и оставить на 30 мин при комнатной температуре. Светопоглощение окрашенного раствора измерить при  $\lambda=540$  нм на фотоэлектроколориметре относительно контрольного раствора. Содержание белка в исследуемой пробе определить по калибровочному графику (рис. 1).

**0,5 %-ный раствора белка.** Отделить яичный белок от желтка и хорошо его взбить. Смешать с десятикратным объемом воды при встряхивании. Отфильтровать полученный раствор через двойной слой марли, помещенной на воронку. Фильтрат представляет собой 0,5 %-ный раствор альбуминовой фракции яичного белка.

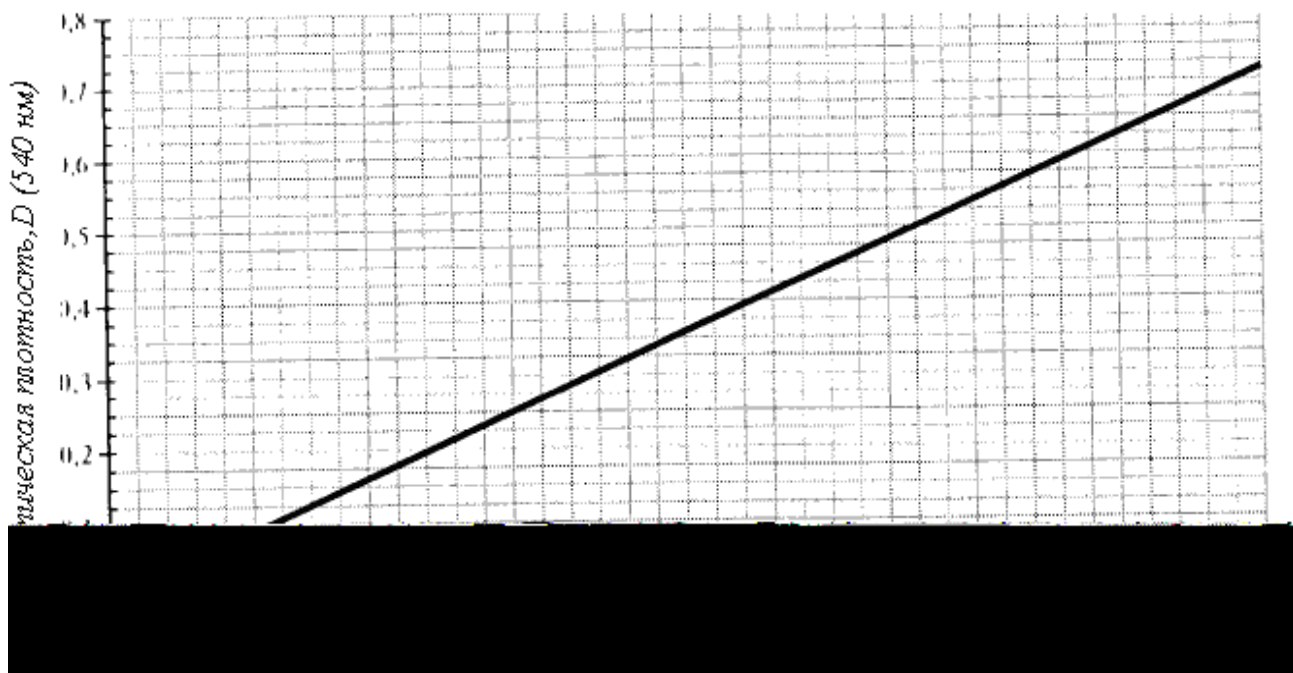


Рис. 1. Калибровочная кривая для определения содержания белка

Массовую долю белка ( $B$ , %) рассчитать по формуле:

$$B = \frac{100 \cdot C}{1000},$$

где  $C$  - концентрация белка, найденная по калибровочному графику (рис. 1), мг/мл;

100 - коэффициент пересчета в проценты;

1000 - коэффициент перевода миллиграммов в граммы.

**2.2. Определение массовой доли белка ксантопротеиновым методом.** В колбу объемом 100 мл отмерить пипеткой 1 мл хорошо перемешанного молока и добавить 9 мл 2 %-ный раствора гидроксида натрия. Содержимое колбы тщательно перемешать. Спустя 10 мин отобрать 1 мл полученной смеси в другую того же объема колбу, добавить 1 мл концентрированной азотной кислоты (плотностью 1,43 г/мл) и поместить в кипящую водяную баню на 5 мин до приобретения раствором лимонно-желтого цвета. Полученный раствор охладить и добавить 3 мл 15 %-ного раствора гидроксида натрия, 5 мл дистиллированной воды. Цвет раствора после добавления гидроксида натрия изменится из желтого в оранжевый.

При необходимости раствор отфильтровать через плотный беззольный фильтр и колориметрировать на фотоэлектроколориметре при длине волны 420 нм (синий светофильтр) относительно дистиллированной воды. Массовую долю белка ( $B_{\text{общ}}$ , %) рассчитать по формуле:

$$B_{\text{общ}} = k \cdot D$$

где:  $k = 7,3 \dots 7,5$  - эмпирический коэффициент пересчета оптической плотности исследуемого раствора на массовую долю белка, определенную по методу Кьельдаля;  $D$  - оптическая



плотность исследуемого раствора при длине волны 420 нм.

### ***2.3. Определение массовой доли белков методом формольного титрования.***

Реактивы и оборудование: пипетки вместимостью 20 и 50 мл и градуированные вместимостью 1 и 5 мл; стаканы химические вместимостью 150-200 мл, бюретка вместимостью 25 мл с ценой деления 0,1 мл, снабжённая трубкой с натронной известью для защиты раствора гидроксида натрия от углекислого газа, и бюретка вместимостью 50 мл с ценой деления 0,1 мл; резиновая груша; гидроксид натрия, ч.д.а. или х.ч. 0,1 н и 40 %-ный растворы; раствор гидроксида натрия готовят на дистиллированной воде, свободной от диоксида углерода; спирт этиловый ректификованный или спирт синтетический; фенолфталеин (2 %-ный спиртовой раствор); формалин технический; 2,5 %-ный водный раствор сульфата кобальта ч. или ч.д.а., сульфит натрия ч.д.а. или ч.; 1 н раствор серной кислоты; вода дистиллированная, свободная от диоксида углерода.

Формалин перед употреблением нейтрализуют: к 50 мл формалина добавляют 3-4 капли 2 %-ного раствора фенолфталеина и затем по каплям приливают сначала 40 %-ный, а затем в конце 0,1 н раствор гидроксида натрия до появления слабо-розового окрашивания.

Формалин, оставшийся на следующий день, в случае необходимости дополнительно нейтрализуют 0,1 н раствором гидроксида натрия. Нейтрализация формалина, в котором образовался осадок, производится после фильтрования.

Для приготовления эталона окраски в химический стакан вместимостью 150-200 мл отмеривают пипеткой 20 мл молока и добавляют 0,5 мл 2,5 %-ного раствора сульфата кобальта. Для лучшего сохранения к эталону можно добавить одну каплю формалина.

#### **Ход работы**

В химический стакан вместимостью 150-200 мл отмеривают с помощью пипетки 20 мл молока и добавляют 0,25 мл 2 %-ного раствора гидроксида натрия до появления слабо-розового окрашивания, соответствующего окраски этанола. Затем в стакан вносят 4 мл нейтрализованного 36-40 %-ного формалина, перемешивают круговыми движениями и через 1 мин вторично титруют до появления слабо-розового окрашивания.

Если испытания проводят при искусственном освещении, то для точного определения момента появления окраски используют белый экран, для чего лист чертёжной бумаги размером 40 x 40 см сгибают пополам.

Массовая доля (в %) общего количества белков в молоке равна количеству 0,1 н раствора гидроксида натрия, затраченного на нейтрализацию в присутствии формалина, умноженному на 0,959. Массовую долю общего белка в молоке можно определить также по таблице.

Таблица 5. Определение содержания белков в молоке при титровании проб в присутствии формалина

Количество 0,1 н раствора NaOH, мл	Массовая доля белков в молоке, %	Количество 0,1 н раствора NaOH, мл	Массовая доля белков в молоке, %
2,45	2,35	3,3	3,16
2,5	2,4	3,35	3,21
2,55	2,44	3,4	3,25
2,6	2,49	3,45	3,31
2,65	2,54	3,5	3,35
2,7	2,59	3,55	3,4
2,75	2,64	3,6	3,45
2,8	2,69	3,65	3,5
2,85	2,73	3,7	3,55
2,9	2,78	3,75	3,6
2,95	2,83	3,8	3,65
3	2,88	3,85	3,69
3,05	2,93	3,9	3,74
3,1	2,98	3,95	3,79
3,15	3,03	4	3,84
3,2	3,07	4,05	3,89
3,25	3,12	4,1	3,94

### 2.3. Колориметрический метод определения белка (по Лоури)

Реактивы и оборудование: 2 %-ный раствор  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в 0,1 н NaOH (раствор №1); раствор 0,5 %-ный  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  в 1 %-ном растворе двухзамещённого виннокислого натрия или калия (раствор №2); опытный раствор: готовят смешивая растворы №1 и №2 (50:1 по объёму); реактив Фолина.

#### Ход работы

К 0,4 мл раствора белка добавляют 2 мл опытного раствора. Смесь перемешивают и через 10 мин приливают к ней 0,2 мл рабочего раствора Фолина. Интенсивность окраски определяют на спектрофотометре при 750 нм через 30мин. Количество белка в растворе находят по калибровочной кривой.

Для построения калибровочной кривой 100 мг чистого белка (сывороточного  $\gamma$  – глобулина, кристаллического альбумина и др.) растворяют в 100 мл 0,1 н NaOH (1 мл содержит 1 мг белка). В 9 мерных колб приливают раствор белка в возрастающих количествах: 0,5 мл, а затем от 1 до 8 мл. Раствор в колбах доводят водой до объема 10 мл, перемешивают и из каждой колбы берут по 0,4 мл для определения белка. По полученным данным вычерчивают калибровочную кривую.

Примечание. Определение белка данным методом в растительных объектах, содержащих фенолы, приводит к завышению результатов, так как они образуют аналогичную окраску с реактивами. Перед определением белка для удаления фенольных соединений необходима обработка ацетоном, охлаждённым до  $-10^\circ\text{C}$ .

#### **2.4. Определение белка колориметрическим методом**

Реактивы и оборудование: в стеклянную пробирку помещают пипеткой 1 мл раствора молока, приливают 20 мл раствора красителя и, закрыв пробирку резиновой пробкой, перемешивают её содержимое, переворачивая пробирку от 2 до 10 раз.

Следует избегать встряхивания, так как при этом образуется трудноразрушимая пена.

Пробирку помещают в центрифугу и центрифугируют при частоте вращения 1000 об/мин в течение 20 мин.

Отбирают пипеткой 1 мл надосадочной жидкости, помещают в мерную колбу вместимостью 50 мл, доливают колбу до метки водой и содержимое перемешивают. Аналогичным способом разбавляют раствор красителя в 50 раз.

Измеряют на фотоколориметре оптическую плотность разбавленного раствора красителя по отношению к разбавленному содержимому мерной колбы.

Массовую долю белка (Б), %, вычисляют по формуле:

$$Б = 7,78Д - 1,34,$$

где Д – измеренная оптическая плотность, ед. оптической плотности;

7,78 – эмпирический коэффициент, % / ед. оптической плотности;

1,34 – эмпирический коэффициент, %.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Понятие пищевой и биологической ценности. Что такое степень перевариваемости?
2. Аминокислотный скор. Понятие «эталонный» белок. Какие белки наиболее близки к эталонному? Лимитирующие аминокислоты.
3. Полноценные и неполноценные белки. Привести формулы 8 незаменимых аминокислот.
4. Превращения белков при производстве продуктов питания.
5. Сущность биуретовой реакции.
6. Азотистый баланс. Виды.

## ТЕМА «ЛИПИДЫ»

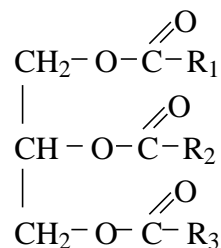
## Лабораторная работа №3.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

## ПИЩЕВЫХ ЖИРОВ

*Цель работы:* определение химических показателей образцов пищевых жиров, изучение их фракционного и жирнокислотного состава.

Известно, что жиры животного и растительного происхождения представляют собой сложный комплекс органических соединений. Основной составной частью всех жиров являются сложные эфиры трехатомного спирта – глицерина и жирных кислот, называемые триглицеридами. Такие сложные эфиры имеют следующую общую формулу:



Естественные жиры в большинстве случаев представляют собой смесь разнокислотных триглицеридов. Однокислотные триглицериды в жирах бывают лишь в том случае, если одной из кислот значительно больше, чем остальных.

Однокислотные триглицериды чаще встречаются в животных жирах, чем в растительных. Так, например, в бараньем сале содержание триглицеридов насыщенных кислот (стеариновой и пальмитиновой) составляет 26% и триглицеридов ненасыщенных кислот (олеиновой и линолевой) 4%.

Состав и свойства жиров зависят от источника и способа выделения. Для характеристики качества и природы жира используют комплекс физических и химических показателей.

К числу основных физических показателей относится температура плавления. Температурой плавления жира называется температура, при которой он из твердого состояния переходит в жидкое. Поскольку натуральные жиры представляют собой смеси глицеридов, имеющие различные температуры плавления, переход их в жидкое состояние происходит в пределах некоторого интервала температур. На температурах плавления того или иного жира сказываются специфические особенности глицеридов и их жирнокислотный состав. У насыщенных жирных кислот температуры плавления возрастают с увеличением молекулярной массы. У ненасыщенных – на температуру плавления влияют не столько двойные связи, сколько их положение в цепи и пространственное расположение отдельных частей молекулы.

Процессы, происходящие в липидах при их хранении и переработке, характеризуются

так называемыми константами, или химическими и физическими числами жира. Определение этих констант позволяет контролировать не только качество жиров и масел, но и в какой-то степени его натуральность, регулировать технологические режимы получения продуктов.

Среди химических показателей особое значение имеют кислотное число, число нейтрализации, число омыления, эфирное число, йодное число, перекисное число.

*Кислотное число (КЧ)* – количество миллиграммов едкого кали (KOH), необходимое для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира. Кислотное число жира зависит от его качества, способа получения, условий хранения и других факторов.

Кислотное число является важнейшим показателем качества пищевых жиров, показывает глубину гидролитического распада и нормируется ГОСТом и техническими условиями. Например, если масло получено из зрелых семян, то свободных жирных кислот в нем мало, а в масле из незрелых семян содержание свободных жирных кислот значительно.

При несоблюдении условий и сроков хранения жиров кислотное число увеличивается, что обусловлено в основном гидролизом триацилглицеринов. Свободные жирные кислоты окисляются быстрее, чем связанные. Таким образом, кислотное число может повышаться в результате окислительного и биохимического прогоркания ненасыщенных жирных кислот. Однако повышенное кислотное число не всегда может служить признаком порчи жира. Часто жиры с высоким кислотным числом не бывают прогорклыми, в то же время кислотное число прогорклых жиров может быть небольшим. Кислотное число нерафинированных масел выше, чем рафинированных.

Кислотное число подсолнечного масла (мг KOH/г):

Рафинированного	0,40
рафинированного гидратированного	1,25
гидратированного 1-го сорта	2,25
гидратированного 2-го сорта	6,00
нерафинированного высшего	1,50
нерафинированного 1-го сорта	2,25
нерафинированного 2-го сорта	6,00

Кислотное число соевого масла (мг KOH/г):

рафинированного масла	0,30...1,50
-----------------------	-------------

*Число нейтрализации (ЧН)* – количество миллиграммов едкого кали, необходимое для нейтрализации 1 г жирных кислот, что соответствует 100%-ному содержанию свободных жирных кислот в 1 г образца. Число нейтрализации индивидуальных жирных кислот - величина постоянная.

Используя эти два химических показателя (ЧН и КЧ), можно определить содержание

свободных жирных кислот в жире (X), %:

$$X = \frac{100}{\text{ЧН}} \cdot \text{КЧ} = a \cdot \text{КЧ},$$

где  $a$  – коэффициент пересчета на индивидуальную кислоту.

*Число омыления (ЧО)* – количество миллиграммов едкого кали, необходимое для омыления глицеридов (связанных жирных кислот) и для нейтрализации свободных жирных кислот, входящих в состав 1 г исследуемого жира. Число омыления – характерный показатель и колеблется для одного и того же сорта масла или жира в узких пределах.

Число омыления зависит от молекулярной массы жирных кислот, входящих в глицериды, содержания неомыляемых веществ, свободных жирных кислот, моно- и диацилглицеринов. Число омыления понижается при повышении содержания неомыляемых веществ моно- и диацилглицеринов и повышается при увеличении свободных и низкомолекулярных кислот. Следовательно, число омыления служит показателем окислительной порчи жира.

Число омыления совместно с кислотным числом является показателем степени окислительной порчи жира, сопровождающейся накоплением низкомолекулярных кислот.

*Эфирное число (ЭЧ)* – количество миллиграммов едкого кали, необходимое для омыления сложных эфиров, находящихся в 1 г жира. Эфирное число не является постоянной величиной и зависит от изменения кислотного числа.

Для жиров, не содержащих свободных жирных кислот, значения числа омыления и эфирного числа совпадают. При хранении жиров, сопровождающемся процессами гидролиза и окисления, эфирное число снижается.

*Йодное число (ЙЧ)* – (или так называемый коэффициент непредельности) характеризует степень ненасыщенности жира и выражается количеством йода в граммах, которое требуется для полного насыщения жирных кислот, содержащихся в 100 граммах жира. По величине этого показателя судят о преобладании в жирах насыщенных или ненасыщенных жирных кислот. Чем выше в жире содержание ненасыщенных жирных кислот, тем выше йодное число. Тугоплавкие жиры имеют низкое йодное число, легкоплавкие – высокое.

Характеризуется степень ненасыщенности органических соединений. Для твердых жиров меняется в пределах 35-85, для жидких жиров составляет 150-200.

Йодное число является показателем консистенции сливочного масла и должно учитываться при выборе температурных режимов обработки сливок в процессе их созревания и перемешивания. Оно повышается летом и понижается зимой и лежит в пределах 28-45 г/100 г. Метод основан на способности йода присоединяться по кратным связям. Непрореагировавший йод оттитровывают тиосульфатом натрия.

*Перекисное число (ПЧ)* служит количественным показателем присутствия первичных

продуктов окисления жиров - пероксидов, т. е. окислительных изменений, происходящих в жирах, и выражается количеством йода (в граммах), выделенного перекисями из 100 г жира.

По величине перекисного числа можно судить только о начальной стадии окисления липидов, на которой образуются пероксиды и гидропероксиды, получившие название первичных продуктов окисления. Они не оказывают существенного влияния на органолептические свойства жира. Содержание пероксидов обычно невысоко, так как они быстро превращаются во вторичные продукты окисления, не содержащие пероксидного кислорода. Образующиеся на этой стадии вторичные продукты - многочисленные насыщенные и ненасыщенные альдегиды и кетоны, многие из которых токсичны и придают жирам соответствующие специфические посторонние привкусы. Так, рыбный привкус вызывают насыщенные и ненасыщенные альдегиды ( $C_5...C_{11}$ ), прогорклый вкус - гептаналь.

По величине перекисного числа можно судить о свежести жира задолго до появления неприятного вкуса и запаха. Концентрацию пероксидных соединений в жирах следует контролировать, так как они токсичны, способны разрушать жирорастворимые витамины и полиненасыщенные жирные кислоты. Первичные продукты неглубокого окисления липидов образуют плохо усваиваемые организмом комплексные соединения с аминокислотами, снижая тем самым пищевую ценность молочного жира.

Методика определения перекисей в жире основана на том, что при взаимодействии жира, содержащего органические перекиси, с йодистоводородной кислотой выделяется йод, который оттитровывается гипосульфитом.

### **3.1. Определение кислотного числа.**

*Реактивы:* образцы кондитерского жира, подсолнечного, соевого и др. масел; петролейный эфир; 96%-ный этанол; 0,1 н раствор КОН; 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина.

*Оборудование:* весы технические; цилиндр на 50 мл; колбы конические на 100 мл; бюретка.

#### **Порядок выполнения работы.**

В конической колбе взвешивают 3-5 г образца жира (растительное и сливочное масло) с погрешностью не более 0,01 г, приливают отмеренные цилиндром 50 мл заранее приготовленной нейтральной смеси петролейного эфира и 96%-ного этанола (2:1), перемешивают до растворения навески образца и приливают несколько капель раствора фенолфталеина.

Полученный раствор при постоянном перемешивании быстро титруют из бюретки 0,1 н раствором КОН до слабо-розовой окраски, устойчивой в течение 30 с.

Кислотное число (мг КОН на 1 г жира) вычисляют по формуле:

$$KЧ = \frac{5,611 \cdot k \cdot V}{m},$$

где 5,611 – титр 0,1 н раствора едкого кали КОН, мг/мл;

k – поправка к титру;

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

m – навеска образца, г.

Пользуясь коэффициентом пересчета на олеиновую (для подсолнечного, соевого масел и кондитерского жира) и пальмитиновую (для пальмового масла) кислоты, равными 0,503 и 0,456 соответственно, определяют содержание свободных жирных кислот (%)  $T_k$  в этих жирах. Результаты определений и расчетов заносят в таблицу 5.

$$T_{жк} = KЧ \cdot \frac{282,47 \cdot 100}{56,11 \cdot 1000} = 0,5034 \cdot KЧ,$$

где 282,47 – молекулярная масса олеиновой кислоты;

100 – коэффициент пересчета в проценты;

56,11 – молекулярная масса гидроксида калия;

1000 – граммы.

### 3.2. Определение числа омыления.

*Реактивы:* образцы масел; 0,5 н спиртовой раствор КОН; 0,5 н водный раствор HCl; 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина.

*Оборудование:* весы технические; электроплитка; водяная баня; колбы круглодонные на 50 мл (по числу образцов жира и контроля); воздушный холодильник (дефлегматор); бюретка на 25 мл.

#### Порядок выполнения работы.

В круглодонной колбе взвешивают 1,0-1,5 г исследуемого жира (в первую – растительное масло, во вторую – сливочное масло) с погрешностью не более 0,01 г, приливают из бюретки точно 25 мл 0,5 н спиртового раствора КОН, присоединяют воздушный холодильник и кипятят содержимое колбы на водяной бане в течение 1 ч.

Одновременно в тех же условиях в третьей колбе кипятят 25 мл 0,5 н спиртового раствора КОН (контрольный опыт).

По окончании омыления (содержимое колбы должно представлять собой однородный и прозрачный раствор) титруют в горячем состоянии содержимое всех колб 0,5 н раствором соляной кислоты, добавив предварительно несколько капель раствора фенолфталеина.

Число омыления (мг КОН на 1 г жира) вычисляют по формуле:

$$ЧО = \frac{28,05 \cdot K \cdot (V_1 - V_2)}{m},$$



где 28,05 – титр 0,5 н раствора соляной кислоты по едкому кали, мл/мг;

K – поправка к титру;

$V_1, V_2$  – объем 0,5 н раствора HCl, израсходованный на титрование в контрольном опыте и после омыления жира соответственно, мл;

m – навеска жира, г.

На основании числа омыления (при незначительном кислотном числе) расчетным путем определяют среднюю молекулярную массу триглицеридов  $M_{ТГ}$  и среднюю молекулярную массу смеси жирных кислот, входящих в их состав,  $M_{К}$ :

$$M_{ТГ} = \frac{3 \cdot 56110}{\text{ЧО}};$$

$$M_{К} = \frac{M_{ТГ} - 38,01}{3}.$$

Результаты определений и расчетов заносят в таблицу 5.

### 3.3. Определение эфирного числа.

Эфирное число – ЭЧ (мг КОН) определяют расчетным путем по формуле: ЭЧ = ЧО – КЧ.

На основании эфирного числа определяют процентное содержание в жире триглицеридов ( $T_{ж}$ ):

$$T_{ж} = \frac{M_{ТГ} \cdot \text{ЭЧ}}{3 \cdot 56,11 \cdot 1000} \cdot 100.$$

### 3.4. Определение йодного числа жира.

*Реактивы:* образцы жиров, хлороформ, 0,1 н спиртовой раствор йода, 0,1 н раствор  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , 1 %-ный раствор крахмала.

*Оборудование:* конические колбы на 100 мл с пробками, 2 бюретки, пипетка на 25 мл, мерный цилиндр, аналитические весы.

#### Порядок выполнения работы.

В конические колбы поместить примерно 0,1 г образца жира (в первую – растительное масло, во вторую – сливочное масло), отвешенного с точностью до 0,0001 г, растворить в 10 мл хлороформа и прилить (точно!) 25 мл 0,1 н спиртового раствора йода. Закрыть пробкой, тщательно перемешать и оставить стоять в темном месте 1ч. 20 мин-1ч. 30 мин.

После этого не вошедший в реакцию йод оттитровать 0,1 н раствором  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  сначала до слабо-желтой окраски, а затем в присутствии 1 %-ного раствора крахмала до обесцвечивания раствора.

Расчет йодного числа: 1 мл 0,1 н раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  эквивалентен 0,1 н раствору йода (0,0127 г йода). Зная, сколько миллилитров раствора йода (а) налито в колбу и сколько мил-

литров 0,1 н раствора (в) пошло на титрование остатков йода (обратное титрование), определить количество миллилитров 0,1 н раствора йода (а-в), связанного жиром. Умножая разность на 0,0127 г, получить количество йода в граммах, связанного навеской (с) жира.

### 3.5. Определение перекисного числа

*Реактивы:* образцы масел; хлороформ; уксусная кислота; насыщенный водный раствор KI; 0,01 н раствор  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ; 1%-ный раствор крахмала.

*Оборудование:* весы технические; электроплитка; колбы конические на 250 мл; бюретка на 25 мл.

#### Порядок выполнения работы.

В колбу вместимостью 100 мл вносят 1 г расплавленного жира (в первую – растительное масло, во вторую – сливочное масло), взвешенного с точностью до 0,001 г, растворяют его в 6 мл смеси хлороформа и уксусной кислоты, взятых в соотношении 2:1, прибавляют 1 мл насыщенного на холоде водного раствора йодида калия, и, закрыв колбу пробкой, встряхивают в течение 3 мин.

Выделившийся йод оттитровывают 0,01 н раствором  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , применяя в качестве индикатора 3-5 капель 1 %-ного раствора крахмала. Одновременно проводят контрольную пробу, повторяя определение с применением всех реактивов, но без жира.

Перекисное число (ПЧ) выражают количеством мл 0,01 н раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование йода, окисленного перекисями из 1 г жира, и рассчитывают по формуле:

$$\text{ПЧ} = (a-b)K,$$

где а - количество мл 0,01 н раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование 1 г жира;

б - количество мл 0,01 н раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование в контрольном опыте;

К - поправочный коэффициент к 0,01 н раствору тиосульфата натрия.

Результаты расчетов заносят в таблицу 5.

Таблица 6. Сводная таблица химических показателей жиров.

Образец жира	КЧ, мг КОН	ЧО, мг КОН	ЭЧ, мг КОН	ЙЧ, г/100 г	$M_{\text{TГ}}$	$M_{\text{К}}$	$T_{\text{К}}, \%$	$T_{\text{Ж}}, \%$

#### Контрольные вопросы.

1. Классификация липидов. Строение и состав триацилглицеридов. Какие жирные кисло-

ты могут входить в состав липидов?

2. Химические показатели жиров. Дайте определение ЙЧ, КЧ, ЧО, ЭЧ жиров. Взаимосвязаны ли эти понятия?

3. Какие типы гидролиза жира возможны в технологическом процессе? Что такое омыление, какая реакция происходит при омылении? Что характеризует число омыления?

4. Реакция переэтерификации, типы, значение.

5. Окисление липидов. Окисляются ли жиры в естественных условиях?

6. Гидрирование триацилглицеринов, реакция, условия, значение.

7. Фосфолипиды. Примеры. Значение в пище. Источники.

8. Пищевая ценность липидов.

**ТЕМА «УГЛЕВОДЫ»****Лабораторная работа № 4.****ВЫДЕЛЕНИЕ ПЕКТИНА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СВОЙСТВ**

*Пектиновые вещества (ПВ)* представляют собой полимерные соединения с молекулярной массой от 10... 100 тысяч дальтон, широко распространенные в растениях. Они являются важным углеводным компонентом клеточной стенки и межклеточного пространства растений. В растительных клетках находятся две основные формы ПВ: пектин растворимый (гидропектин) и нерастворимый - протопектин. Протопектин представляет собой прочный комплекс с целлюлозой.

Основной остов молекулы пектина построен из остатков D-галактуроновой кислоты, связанных между собой  $\alpha(1\rightarrow4)$ -гликозидными связями, частично метоксилированных по шестому углеродному атому. Степень этерификации пектинов составляет 37...90%. Они представляют собой растворимые коллоидные вещества, обладающие водопоглощающей способностью.

По физико-химическим свойствам ПВ в зависимости от их растворимости и степени метоксилирования галактуроновой кислоты делятся на:

*пектовую кислоту* - это полностью деметоксилированная полигалактуроновая кислота, мало растворимая в воде;

*пектиновую кислоту* - высокомолекулярная полигалактуроновая кислота, часть карбоксильных групп которой этерифицированы метиловым спиртом, хорошо растворимая в воде;

*пектаты* - соли пектовой кислоты;

*пектины* - водорастворимые вещества, свободные от целлюлозы и состоящие из полигалактуроновой кислоты, карбоксильные группы которой в различной степени метоксилированы и нейтрализованы ионами кальция;

*пектинаты* - соли пектинов;

*пектиновые вещества* - физические смеси пектинов с сопутствующими веществами (пентозанами и гексозанами);

*протопектин* - условное название соединений, характеризующихся в основном нерастворимостью в воде и способностью при осторожном гидролизе образовывать пектиновые кислоты. Состоит из сети пектиновых цепей, образованных в результате соединения ионов многовалентных металлов с неэтерифицированными карбоксильными группами, с помощью эфирных мостиков с фосфорной кислотой.

Наибольшее количество ПВ находится в плодах и корнеплодах. Они предохраняют их от высыхания, влияют положительно на засухоустойчивость и обеспечивают тургор. При со-

зревании и хранении плодов нерастворимые формы пектина переходят в растворимые. Растворимые ПВ содержатся в клеточном соке. Получают ПВ из яблочных выжимок, свеклы, корзинок подсолнечника, цитрусовых и других отходов переработки растительного сырья.

Номенклатура пектинов основана на степени метоксилирования карбоксильных групп полигалактуроновой цепи. В зависимости от количества метоксильных групп и степени полимеризации различают высоко- (этерифицировано более 50% карбоксильных групп) и низкоэтерифицированные (этерифицировано менее 50% карбоксильных групп) пектины.

Высокоэтерифицированные пектины способны образовывать гели в присутствии кислот и сахара при соблюдении определенного соотношения. Низкоэтерифицированные пектины способны образовывать гели лишь в присутствии ионов кальция. На этом основано их использование в качестве студнеобразующего вещества в кондитерской и консервной промышленности для производства мармелада, пастилы, желе и джемов, а также в хлебопечении, сыроделии.

*Цель работы:* провести экстракцию и качественный анализ растворимого пектина.

*Реактивы:* 0,1 н раствор гидроксида натрия; 1 н раствор уксусной кислоты; 1 % раствор ацетата свинца; растворы Фелинга I и Фелинга II; пектинсодержащее сырье.

*Посуда и приборы:* конические колбы объемом 100 мл; стеклянные воронки; капельницы; фильтровальная бумага; пробирки; пипетки; водяная баня; центрифуга; термостат.

#### **Порядок выполнения работы.**

**4.1. Выделение растворимого пектина.** К 40 г измельченного пектинсодержащего материала (яблоки, сахарная свекла, морковь, лимонные корки) добавить 40 мл теплой воды (не выше 45 °С), поместить в термостат и выдержать при периодическом встряхивании и температуре 40 °С в течение 30 мин. Полученный раствор пектина отфильтровать, к осадку повторно добавить 25 мл теплой воды и повторить экстракцию. Новую порцию экстракта отфильтровать, фильтраты объединить.

Доказать нередуцирующие свойства пектинов с помощью реактива Фелинга. Для этого к 5...6 каплям раствора растворимого пектина добавить 5...6 капель смеси растворов Фелинга I и Фелинга II до образования легкой не исчезающей мути и погреть на кипящей водяной бане 2...3 мин. Объяснить изменение окраски анализируемого раствора, написать уравнение реакции.

**4.2. Щелочной гидролиз по эфирной и гликозидной связям.** Щелочной гидролиз растворимого пектина по сложноэфирной связи ведут при комнатной температуре. Для этого в коническую колбу внести 5 мл раствора растворимого пектина и прилить 20 мл 0,1 н раствора гидроксида натрия. Раствор оставить на 30 мин для достижения полноты реакции (написать уравнение реакции образования пектата натрия). Приблизительно 2 мл раствора щелочного

гидролизата поместить на 30 мин в кипящую водяную баню для прохождения гидролиза по гликозидным связям до образования галактурановой кислоты. Доказать восстанавливающие свойства галактурановой кислоты с помощью реактива Фелинга (см. опыт 4.1.). Написать уравнение реакций.

**4.3. Качественная реакция на пектин.** К оставшемуся от предыдущего опыта щелочному гидролизату растворимого пектина прилить 5 мл 1 н раствора уксусной кислоты и перевести пектат натрия в свободную пектовую (полигалактурановую) кислоту, добавить 1 мл 1 % раствора ацетата свинца и нагреть на кипящей водяной бане. При наличии полигалактурановой кислоты наблюдается образование кирпично-красного осадка пектата свинца. Написать уравнение реакции.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Дать определение пищевых волокон. Химическая природа пищевых волокон. Привести примеры пищевого сырья, богатого пищевыми волокнами. Роль пищевых волокон в организме.
2. Дать определение пектинового вещества. Какое пищевое сырье богато пектиновыми веществами? Примеры использования пектиновых веществ в пищевой промышленности. Пищевая ценность пищевых волокон.
3. Понятие «пектина» и «протопектина». Как протопектин можно перевести в пектин?
4. Классификация пищевых волокон (по виду сырья, по строению полимеров и др.).
5. Группы пектиновых веществ, примеры, формулы.

#### **Лабораторная работа №5**

##### **СПОСОБНОСТЬ ПЕКТИНА СВЯЗЫВАТЬ ИОНЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

Важная роль пектина в питании человека обусловлена его способностью связывать ионы тяжелых металлов, радионуклиды и выводить их из организма (поскольку пектин лишь частично усваивается в организме человека). С увеличением загрязнения окружающей среды, в том числе и тяжелыми металлами, возрастает значение в питании человека продуктов, богатых пектином (например, овощей и фруктов). Это дает основание рекомендовать пектин для включения в рацион питания лиц, находящихся в среде, загрязненной радионуклидами, и имеющих контакт с тяжелыми металлами. Профилактическая норма пектина, утвержденная ВОЗ, составляет 2...4 г в сутки; для лиц, работающих в неблагоприятных условиях, - 8...9 г в сутки.

Пектиновые вещества - один из компонентов профилактики нарушений жирового обмена, атеросклероза, сахарного диабета, желчнокаменной болезни. ПВ влияют на функцию толстого кишечника. Они стимулируют перистальтику кишечника, усиливают выделение

желчи, способны адсорбировать продукты обмена микроорганизмов, желчные кислоты, соли тяжелых металлов.

Избыточное потребление ПВ вредно и может привести к неполному перевариванию пищи, нарушению всасывания в кишечнике кальция, железа, магния, цинка и других микроэлементов, а также жирорастворимых витаминов.

Одним из тяжелых металлов, которые могут загрязнять пищевые продукты, является медь.

Определение меди можно проводить фотоколориметрическим методом в форме аммиаката меди.

При добавлении избытка аммиака к раствору, содержащему сульфат меди, появляется синее окрашивание, обусловленное образованием аммиаката меди с максимумом поглощения при 620 нм.



*Цель работы:* сравнить способности различных биополимерных молекул связывать ионы меди (II).

*Реактивы:* 5%-ный раствор аммиака; 0,5%-ный раствор пектина; 0,5%-ный раствор белка; 1% и 4%-ный раствор сульфата меди.

*Оборудование:* фотоэлектроколориметр; пробирки; пипетки; бюретки на 25 мл.

## **Порядок выполнения работы**

### **5.1. Выбор светофильтра**

В пробирке смешивают 2 мл 1%-ного раствора сульфата меди, 1 мл 5%-ного водного раствора аммиака и 2 мл воды. Содержимое пробирки встряхивают и измеряют интенсивность образовавшейся окраски при разных светофильтрах (длинах волн) с целью уточнения максимума поглощения. Данные заносят в табл. 7 и строят график изменения оптической плотности от длины волны и выбирают для работы светофильтр, при котором оптическая плотность раствора максимальна.

Таблица 7. Зависимость оптической плотности раствора от длины волны

Длина волны, нм	380	415	500	530	600	630	720
Цвет светофильтра							
Оптическая плотность							

### **5.2. Построение калибровочной кривой**

Из 1%-ного исходного раствора сульфата меди готовят растворы с меньшей концентрацией по схеме:

№ пробирки	Разведение	Концентрация сульфата меди	№ пробирки	Разведение	Концентрация сульфата меди
1	Исходный раствор	10 мг/мл	6	5 мл (1) + 5 мл воды	5 мг/мл
2	9 мл (1) + 1 мл воды	9 мг/мл	7	4 мл (1) + 6 мл воды	4 мг/мл
3	8 мл (1) + 2 мл воды	8 мг/мл	8	3 мл (1) + 7 мл воды	3 мг/мл
4	7 мл (1) + 3 мл воды	7 мг/мл	9	2 мл (1) + 8 мл воды	2 мг/мл
5	6 мл (1) + 4 мл воды	6 мг/мл	10	1 мл (1) + 9 мл воды	1 мг/мл

Содержимое пробирок перемешивают и проводят реакцию образования аммиаката меди. Для этого отбирают 2 мл испытуемого раствора (см. таблицу выше), добавляют 1 мл  $\text{NH}_4\text{OH}$  и 2 мл воды. Пробирки встряхивают и измеряют интенсивность образовавшейся окраски на ФЭК при выбранном светофильтре. Полученные данные записывают в табл. 8 и строят калибровочную кривую. Работа по построению кривой дублируется 2-3 раза. При этом используются те же растворы сульфата меди.

Таблица 8. Зависимость оптической плотности от концентрации  $\text{CuSO}_4$

Номер пробирки	$\text{CuSO}_4$ , мг/мл	Оптическая плотность	Примечание
1	2	3	4

### 5.3 Способность пектина связывать ионы меди

В ряд пробирок вносят испытуемые растворы в количествах, указанных в табл. 9.

Таблица 9. Зависимость количества связанной меди от содержания пектина в растворе

№ пробирки	$\text{CuSO}_4$ 4%, мл	Пектин, мл	Вода, мл	Оптическая плотность (A)	Количество связанной меди, мг
1	1	0	4		
2	1	0,5	3,5		
3	1	1	3		
4	1	2	2		
5	1	3	1		

Содержимое пробирок перемешивают. **Образующийся осадок отделяют на фильтре и в фильтрате определяют содержание ионов меди (см. п. 5.2).** Остаточную концентрацию меди в исследуемых растворах ( $C_{\text{ост}}$  мг/мл) найти по калибровочной кривой. Количество связанной меди (C, мг) рассчитать по формуле:



$$C = C_{\text{исх}} - C_{\text{ост}}$$

где  $C_{\text{исх}}$  — исходная концентрация меди в растворе, мг/мл;  $C_{\text{ост}}$  — остаточная концентрация меди в растворе, мг/мл.

### 5.5 Способность белка связывать ионы меди

В ряд пробирок вносят испытуемые растворы в количествах, указанных в табл. 10.

Таблица 10. Зависимость количества связанной меди от содержания белка в растворе

№ пробирки	CuSO <sub>4</sub> 4%, мл	Раствор белка, мл	Вода, мл	Оптическая плотность (А)	Количество связанной меди, мг
1	1	0	4		
2	1	0,5	3,5		
3	1	1	3		
4	1	2	2		
5	1	3	1		

Содержимое пробирок перемешивают и фильтруют. **В фильтрате определяют содержание ионов меди по интенсивности окраски аммиаката меди (см. п. 5.2.).** Остаточную концентрацию меди в исследуемых растворах ( $C_{\text{ост}}$  мг/мл) найти по калибровочной кривой. Количество связанной меди ( $C$ , мг) рассчитать по формуле (см. выше).

### 5.6 Способность смеси белок + пектин связывать ионы меди

В ряд пробирок вносят испытуемые растворы в количествах, указанных в табл. 11.

Таблица 11. Зависимость количества связанной меди от содержания пектина и белка в растворе

№ пробирки	CuSO <sub>4</sub> 4%, мл	Пектин 0,5%, мл	Белок 0,5%, мл	Вода, мл	Оптическая плотность (А)	Количество связанной меди, мг
1	1	1	0	3		
2	1	1	0,5	2,5		
3	1	1	1	2		
4	1	1	1,5	1,5		
5	1	1	2	1		
6	1	0	1	3		
7	1	0,5	1	2,5		
8	1	1	1	2		
9	1	2	1	1		
10	1	3	1	0		
11	1	0	0	4		

Содержимое пробирок перемешивают и фильтруют. **В фильтрате определяют содержание ионов меди по интенсивности окраски аммиаката меди (см. п. 5.2.).** Остаточную концентрацию меди в исследуемых растворах ( $C_{\text{ост}}$  мг/мл) найти по калибровочной кривой. Количество связанной меди ( $C$ , мг) рассчитать по формуле (см. выше).

На основании полученных результатов делают вывод о способности разных соединений взаимодействовать с ионами меди. Сравнивают связывающую способность пектина, белка и их смеси. Делают графические построения.

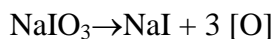
### Контрольные вопросы.

1. Функции углеводов в организме. В чем сходство и различие биополимеров крахмала, гликогена и клетчатки?
2. Классификация углеводов. Приведите структурную формулу глюкозы в открытой альдегидной форме и в виде пиранозного цикла.
3. Гидролиз углеводов в процессе технологических процессов. Факторы, влияющие на скорость реакции гидролиза углеводов.
4. Роль моно-, олиго- и полисахаридов в пищевых продуктах.
5. Кислотный гидролиз крахмала. Какие продукты образуются при гидролизе? Недостатки кислотного гидролиза. Схема реакции. Формула крахмала.
6. Гидролиз крахмала амилолитическими ферментами:  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазами, глюкозоамилазой. Особенности ферментативного гидролиза крахмала. Схема реакции. Формула крахмала.
7. Пищевая и энергетическая ценность углеводов.

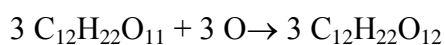
### Лабораторная работа №6

#### ЙОДОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛАКТОЗЫ

Сущность метода заключается во взаимодействии между альдегидной группой молочного сахара или глюкозы с йодом в щелочной среде, в которой йод является окислителем:

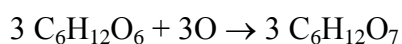


Выделившийся атомарный кислород окисляет молочный сахар в лактобионовую кислоту:



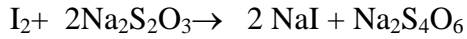
лактобионовая кислота

а глюкозу, образовавшуюся при инверсии сахарозы, в глюконовую кислоту:



глюконовая кислота

При определении сахаров вводят избыток йода и по разнице между количеством взятого и не прореагировавшего йода титрованием раствором гипосульфита натрия находят содержание сахара:



Молочный сахар имеет одну альдегидную группу и при переходе в лактобионовую кислоту присоединяет 1 атом кислорода, что эквивалентно 2 атомам йода или 1 мл 0,1 н раствора окисляет 18,01 мг молочного сахара /360,2:2/. Грамм-эквивалент сахарозы при йодометрическом определении равен 171,0 (молекулярному весу, деленному на 2 /342:2/), так как одной молекуле глюкозы, полученной из сахарозы, соответствует 2 атома йода, то 1 мл 0,1 н раствора окисляет 17,1 мг сахарозы (фруктоза йодом практически не окисляется).

*Реактивы:* образцы молока, 1 н NaOH, CuSO<sub>4</sub>, 0,1 н NaOH, 0,1 н I<sub>2</sub>, 0,5 н HCl, 0,1 н Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1% раствор крахмала.

*Оборудование:* мерные пипетки, колбы, бюретка, фильтр.

#### **Порядок выполнения работы**

Отвешивают 10 г молока с точностью до 0,01 г в мерную колбу на 250-300 мл, прибавляют до половины колбы дистиллированную воду, 10 мл раствора медного купороса и 4 мл 1 н раствора едкого натра, перемешивая жидкость после прибавления каждого реактива.

Доливают до метки водой, снова перемешивают и оставляют для отстаивания на 30 мин.

Отстоявшуюся жидкость профильтровывают в сухую колбу через складчатый фильтр, удаляя первые 20-30 мл фильтрата.

50 мл фильтрата (2 г молока) переносят пипеткой в коническую колбу на 250-300 мл с притертой или резиновой пробкой, приливают 25 мл 0,1 н раствора йода и сейчас же при непрерывном перемешивании добавляют из бюретки 37,5 мл 0,1 н раствора едкого натра. Закрывают колбу пробкой и оставляют в темноте на 20 мин при температуре 20°C.

Прибавляют в колбу 8 мл 0,5 н раствора соляной кислоты, оттитровывают выделившийся йод 0,1 н раствором гипосульфита натрия в присутствии 1% раствора крахмала. Титрование ведут медленно, сначала без прибавления индикатора (до получения светло-желтой окраски), затем прибавляют 1 мл 1% раствора крахмала и продолжают титрование до момента, когда от 1 капли раствора гипосульфита исчезнет синяя окраска.

Проводят холостую пробу, для чего в другую такую же колбу отмеривают 25 мл 0,1 н раствора йода, добавляют при непрерывном помешивании 37,5 мл 0,1 н раствора едкого натра и, закрыв колбу пробкой, оставляют в темноте на 20 мин, а затем проводят определение как в

первой колбе.

Содержание лактозы «Л» (в %) находят по формуле:

$$Л = [0,01801 \cdot (а - б) \cdot 0,97 \cdot 100] : в, \quad \text{где}$$

а – количество 0,1 н раствора гипосульфита, пошедшего на титрование йода в холостой пробе, мл;

б – количество 0,1 н раствора гипосульфита, прошедшего на титрование йода при определении в фильтрате, мл;

в – количество молока в 50 мл фильтрата (равное 2 г);

0,97 – поправка, установленная эмпирически;

0,01801 – количество лактозы, реагирующее с 1 мл 0,1 н раствора йода, г.

После преобразования формула принимает вид:

$$Л = 0,873 \cdot (а - б)$$

### **Лабораторная работа №7**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КРАХМАЛА (В ЗЕРНЕ, МУКЕ, МУЧНИСТЫХ МАТЕРИАЛАХ)**

Методика основана на взаимодействии крахмала с йодом в присутствии йодида калия. Продукт адсорбции окрашен в интенсивно-синий цвет; оттенок окраски зависит от происхождения крахмала (картофельный, кукурузный, ячменный, пшеничный и т.д.). Длины волн, соответствующие максимуму поглощения, находятся в диапазоне 560-640 нм.

*Реактивы:* раствор йода в йодистом калии; стандартный раствор крахмала, образцы муки, речной песок.

*Оборудование:* пробирки, пипетки, фотоэлектроколориметр, кюветы, колбы, мерная колба на 500 мл, водяная баня, весы.

#### **Порядок выполнения работы.**

##### **7. 1. Построение градуировочного графика**

В 6 пробирок последовательно помещают 0, 2, 4, 6, 8, 10 мл стандартного раствора крахмала. Его объем в каждом стакане доводят до 10 мл (соответственно добавляют 10, 8, 6, 4, 2 и 0 мл) и перемешивают. Полученные растворы содержат в 10 мл соответственно 0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; и 5,0 мг крахмала. К каждому раствору добавляют 1,0 мл раствора йода. На фотоэлектроколориметре в кюветах с длиной слоя 1 см измеряют оптическую плотность окрашенных в синий цвет растворов при длине волны 450 нм. Контрольным является раствор, не содержащий крахмала. В каждой пробе проводят измерения 3 раза.

По полученным данным строят калибровочный график при оптимальной длине волны в координатах: содержание крахмала, мг/10 мл – оптическая плотность.

## 7. 2. Ход определения содержания крахмала в пробе

Навеску муки, содержащей 100...500 мг крахмала (для зерна и муки  $0,5 \pm 0,0002$  г), тщательно растирают в фарфоровой чашке. При необходимости добавляют 20 мл дистиллированной воды и примерно 10 г речного песка.

При анализе зерна измельченную навеску количественно переносят в колбу вместимостью 500 мл, добавляют примерно 300 мл теплой ( $50^{\circ}\text{C}$ ) дистиллированной воды и нагревают на водяной бане до  $95^{\circ}\text{C}$ . Струей водопроводной воды колбу охлаждают до комнатной температуры. Раствор количественно переносят в мерную колбу вместимостью 500 мл, доводят дистиллированной водой до метки и перемешивают.

Полученный раствор отфильтровывают через бумажный фильтр высокой плотности. К 10 мл прозрачного фильтрата добавляют 1 мл йода. Измеряют оптическую плотность окрашенного в синий цвет раствора в кюветах с толщиной слоя 1 см при оптимальной длине волны (определенной ранее). Для контроля используют раствор из 10 мл воды и 1 мл раствора йода. По градуировочному графику находят содержание крахмала в анализируемом растворе, мг/10 мл.

Содержание крахмала в пробе  $X_{кр}$  в % масс. рассчитывают по формуле:

$$X_{кр} = \frac{g \cdot 100V}{m \cdot 1000 \cdot 10}$$

где  $g$  – найденное по градуировочному графику содержание крахмала, мг/10 мл;

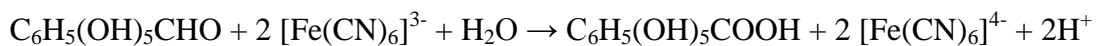
$V$  – общий объем раствора, мл;

$m$  – масса анализируемой пробы, г.

## Лабораторная работа №8

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РЕДУЦИРУЮЩИХ САХАРОВ

К редуцирующим сахарам относятся углеводы, содержащие карбонильную группу в свободном состоянии (глюкоза, фруктоза, лактоза и др.). Определение их содержания основано на взаимодействии с гексацианоферратом (III) калия в щелочной среде:



Гексацианоферрат (III) калия, раствор которого окрашен в желтый цвет, после восстановления обесцвечивается с образованием гексацианоферрата (II) калия. С повышением содержания редуцирующих сахаров в анализируемом продукте оптическая плотность фотометрируемого раствора уменьшается.

*Реактивы:* раствор гексацианоферрата (III) калия, стандартный раствор глюкозы.

*Оборудование:* весы, водяная баня, колбы, фотоэлектроколориметр.

#### Порядок выполнения работы.

#### 8.1. Построение градуировочного графика

В 6 колб вместимостью 100 мл пипеткой вводят по 25 мл раствора гексацианоферрата (III) калия, последовательно добавляют 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5 мл стандартного раствора глюкозы. Объем доводят до 35 мл, для этого добавляют соответственно 3,0; 2,5; 2,0; 1,5; 1,0; 0,5 мл воды и перемешивают. Полученные растворы содержат соответственно 14; 15; 16; 17; 18 и 19 мг глюкозы. Растворы в колбах нагревают до кипения, кипятят точно 1 мин и сразу охлаждают струей водопроводной воды.

При длине волны 360 нм проводят измерения стандартных растворов. По полученным данным строят градуировочный график в координатах: содержание глюкозы, мг/35 мл – оптическая плотность.

### 8.2. Ход определения содержания редуцирующих сахаров в пробе

В колбу вместимостью 100 мл помещают 25 мл раствора гексацианоферрата (III) калия, 8 мл прозрачного фильтрата и 2 мл воды, кипятят точно 1 минуту, сразу охлаждают струей водопроводной воды.

Измеряют оптическую плотность окрашенного в желтый цвет раствора.

По градуировочному графику находят массу редуцирующих сахаров (мг) в анализируемой пробе в пересчете на глюкозу.

Содержание редуцирующих сахаров ( $X_{pc}$ ) в пересчете на глюкозу (% масс.) рассчитывают по формуле:

$$X_{pc} = \frac{g \cdot 100 \cdot V_1}{V_2 \cdot m \cdot 1000}$$

где  $g$  – найденная по градуировочному графику масса глюкозы в растворе, мг;

$V_1$  – объем приготовленного водного раствора пробы, мл;

$V_2$  – объем водного раствора, взятого для реакции с гексацианоферратом (III) калия мл;

$m$  – масса анализируемой пробы, г.

## Лабораторная работа №9

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОГО СОДЕРЖАНИЯ САХАРОВ В КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЯХ

*Цель работы:* самостоятельное определение суммарного содержания сахаров в кондитерском изделии (печенье, вафли, шоколад, пастила, зефир, лукум, молочная помадка).

По химическому составу сахар представляет собой практически *чистую* сахарозу ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ). Сахароза является дисахаридом и состоит из глюкозы и фруктозы. Сахароза хорошо растворяется в воде, причем с увеличением температуры с 20 до 100 °С ее растворимость возрастает почти в 2,5 раза. При растворении сахарозы образуются гидраты, вследствие чего наблюдается изменение объема раствора. В растворах этот сахар оптически активен:

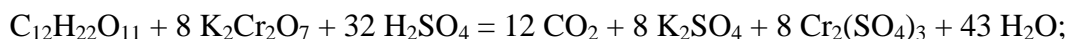
вращает плоскость поляризации вправо, удельное вращение водных растворов сахарозы +66,5. Это свойство широко используется для определения содержания сахара в продуктах поляриметрическим методом. При нагревании раствора сахарозы, особенно повышенной концентрации, темнеют, что происходит вследствие ее разложения на монозы и образования продуктов конденсации. В связи с отрицательным влиянием продуктов глубокого разложения сахарозы на цвет пищевых продуктов, прежде всего изделий кондитерской промышленности, при их получении стремятся снизить температуру нагрева, сократить продолжительность процесса и поддерживать нейтральную или слабокислую среду.

Сахароза не является редуцирующим сахаром, однако она может подвергаться кислотному (под действием повышенной температуры в кислой среде) или ферментативному (под действием  $\beta$ -фруктофуранозидазы) гидролизу с образованием глюкозы и фруктозы, так называемого инвертного сахара, который обладает восстанавливающей способностью. Эта реакция лежит в основе количественных методов определения содержания сахарозы в хлебобулочных и кондитерских изделиях.

Фотометрическое определение сахаров в продуктах кондитерского производства основано на их взаимодействии с сильным окислителем - сернокислым раствором дихромата калия. Все сахара, включая сахарозу, в кислой среде окисляются до диоксида углерода и воды.

Окисление протекает по следующим реакциям:

– для сахарозы (дисахарида)



– для глюкозы и фруктозы (моносахаридов)



Дихромат-ион в кислой среде восстанавливается до иона трехвалентного хрома  $\text{Cr}^{3+}$ , у раствора появляется сине-зеленая окраска, свойственная этому продукту реакции. Количество образовавшегося  $\text{Cr}^{3+}$  эквивалентно количеству вступивших в реакцию сахаров.

Вместе с сахарами дихроматом калия в кислой среде окисляются другие органические соединения, содержащиеся в продуктах кондитерского производства (декстрины, крахмал, белковые вещества). Поэтому перед проведением основной реакции окисления сахаров водную вытяжку обрабатывают сульфатом цинка и гидроксидом натрия.

Количественное определение веществ по светопоглощению основано на применении закона Бугера-Ламберта-Бера. Измеряют оптическую плотность стандартных растворов (т.е. растворов с известной концентрацией) определяемого вещества на фотоколориметре и в тех же условиях – оптическую плотность исследуемого раствора. Затем расчетным или графическим путем находят неизвестную концентрацию.

*Реактивы и оборудование:* стандартный раствор сахарозы с концентрацией 4,0 мг/мл,

серноокислый раствор дихромата калия с молярной концентрацией эквивалента 1 моль/л, раствор сульфата цинка с молярной концентрацией эквивалента 1 моль/л, раствор гидроксида натрия с молярной концентрацией эквивалента 1 моль/л, мерная колба вместимостью 200 мл, мерные колбы вместимостью 100 мл, мерные пипетки вместимостью 10 мл, коническая колба вместимостью 500 мл, химические стаканы вместимостью 50 и 1000 мл, мерный цилиндр вместимостью 25 мл, воронка, фильтровальная бумага, фарфоровая чашка с пестиком, фотоэлектрический колориметр с набором кювет, весы, термометр (100 °С), водяная баня.

### **Ход работы**

Навеску измельченного кондитерского изделия массой 3–5 г (печенье, вафли, пастила, зефир и т. д.), или 0,5–1,0 г (ирис, помадка и т. д.), или 0,1–0,5 г (сахарные сиропы, некоторые виды драже, леденцовая карамель и т. д.) взвешивают в химическом стакане на аналитических весах с точностью  $\pm 0,0010$  г. Навеску, находящуюся в стакане, растворяют в 20 мл теплой дистиллированной воды.

Пробу количественно переносят в мерную колбу вместимостью 200 мл, раствор должен занимать половину объема колбы. Для получения водной вытяжки сахаров содержимое колбы нагревают на водяной бане до 60°С (для продуктов, содержащих муку, например, для печенья, нагревают до 50°С), выдерживают 15 мин, периодически перемешивая раствор.

Для осаждения мешающих анализу несхаров к раствору добавляют мерным цилиндром по 10 мл растворов сульфата цинка и гидроксида натрия, тщательно перемешивая после введения каждого раствора. Колбу охлаждают под струей водопроводной воды до 20°С, доводят до метки дистиллированной водой, тщательно перемешивают и фильтруют через складчатый фильтр в коническую колбу, омывая первыми порциями фильтрата стенки колбы.

В мерную колбу вместимостью 100 мл пипеткой отбирают 25,00 мл серноокислого раствора дихромата калия, другой пипеткой добавляют 10,00 мл фильтрата водной вытяжки. Колбу помещают на водяную баню при температуре кипения и нагревают 10 мин, затем охлаждают до 20°С, доводят раствор до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. Измеряют оптическую плотность окрашенного раствора относительно раствора сравнения при длине волны падающего света  $\lambda = 670$  нм и в кювете с толщиной поглощающего слоя 1–3 см. Одновременно с проведением анализа на общее содержание сахаров, проводят построение градуировочного графика, как описано ниже.

Готовят серию стандартных растворов сахарозы. В 6 мерных колб пипеткой отбирают по 25 мл серноокислого раствора дихромата калия и добавляют пипеткой 0; 2,00; 4,00; 6,00; 8,00 и 10,00 мл стандартного раствора сахарозы. Затем вводят 10,00; 8,00; 6,00; 4,00; 2,00 и 0 мл дистиллированной воды до общего объема раствора 35 мл. Колбы помещают на 10 мин в кипящую водяную баню, затем охлаждают до 20 °С, доводят до метки дистиллированной во-



дой и тщательно перемешивают. Измеряют оптическую плотность окрашенных в зеленый цвет растворов, при оптимальной длине волны падающего света  $\lambda = 670$  нм (красный свето-фильтр) и в кювете толщиной поглощающего слоя 1-3 см, относительно раствора сравнения. Раствором сравнения служит раствор, не содержащий сахарозу. Результаты измерений заносят в отчет по лабораторной работе в табличной форме:

Объем стандартного раствора сахарозы, мл	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00
Концентрация сахарозы в растворе, мг/мл					
Оптическая плотность А					

По полученным результатам строят градуировочный график в координатах: оптическая плотность А – концентрация сахарозы в растворе, мг/мл. Пользуясь данными измерения оптической плотности исследуемого раствора после его пробоподготовки, находят по градуировочному графику концентрацию сахарозы в исследуемом растворе.

Расчет результатов анализа.

Массовую долю общего сахара ( $\omega$ , %) в анализируемом продукте в пересчете на сахарозу рассчитывают по формуле:

$$\omega = \frac{C_x \cdot V_1 \cdot 100}{V_2 \cdot m}$$

где  $C_x$  – концентрация сахарозы в водной вытяжке, найденная по градуировочному графику, мг/мл;

$V_1$  – вместимость мерной колбы, мл;

$V_2$  – объем аликвоты фильтрата водной вытяжки, мл;

$m_n$  – масса навески анализируемого продукта, г.

В выводе по лабораторной работе указывают среднее значение массовой доли общего сахара в исследуемом объекте, представляя его в виде  $(\omega \pm \Delta\omega)$  %.

### Лабораторная работа №10

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ КРАХМАЛА В КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Крахмал – полисахарид II порядка, содержится практически во всех пищевых добавках растительного происхождения. Обладая гидрофильностью, он усиливает влагосвязывающую способность мясных фаршей, повышая выход продукта.

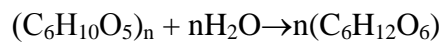
Ассортимент варёных колбас включает колбасы высшего, 1-ого и 2-ого сортов. Для производства колбас высшего сорта используется высококачественное мясное сырье: говядина

жилованная высшего сорта, свинина жилованная нежирная, баранина жилованная односортная, языки свиные и говяжьи и т.д. Внесение в них каких-либо наполнителей типа крахмала или соевых белковых препаратов не предусмотрено.

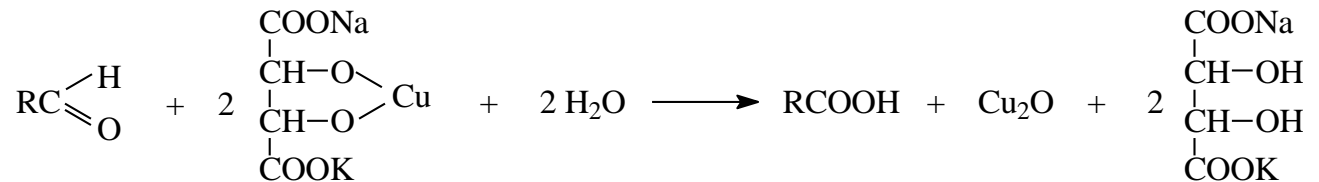
В варёные колбасы 1-го и 2-го сортов и в некоторые низкосортные полукопчёные и ливерные колбасы и сардельки добавляют крахмал или пшеничную муку. Крахмал снижает пищевую ценность колбас, и по этому его количество не должно превышать 2-3%. Мука, крахмал - наполнители. Они устраняют бульонные отеки, придают монолитность и увеличивают выход, могут стать причиной резиноподобной консистенции, "пустого" вкуса.

Определение крахмала в колбасных изделиях основано на окислении альдегидных групп моносахаридов, образующихся при гидролизе крахмала в кислой среде, двухвалентной медью реактива Фелинга с образованием осадка закиси меди.

При гидролизе крахмала образуются редуцирующие сахара, основную массу которых составляет глюкоза.

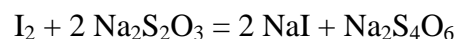


Образовавшиеся при гидролизе крахмала редуцирующие сахара, благодаря наличию альдегидных групп, окисляются в щелочной среде реактивом Фелинга - растворимым комплексным соединением меди (II) с сегнетовой солью. При окислении глюкозы Cu (II) восстанавливается до закиси меди Cu<sub>2</sub>O.



Количество восстановленной меди соответствует разнице содержания окисной меди в холостом опыте и после кипячения с раствором инвертного сахара.

Содержание общего и остаточного количества окисной меди определяется йодометрически с индикатором – крахмалом:



*Цель работы:* определить массовую долю крахмала в различных пищевых добавках и мясных продуктах.

*Реактивы и оборудование:* технические весы; электрическая плитка; водяной или воздушный холодильник; бюретка на 25 мл; мерные колбы на 50, 100, 250 мл; конические колбы на 100 и 250 мл; пипетки на 2, 10 и 25 мл; 10%-ный раствор соляной кислоты; 10%-ный раствор гидроксида натрия; 15%-ный раствор гексацианоферрата (II) калия; 30%-ный раствор сульфата цинка; диэтиловый эфир; раствор Фелинга; 30%-ный раствор иодида калия; 25%-

ный раствор серной кислоты; 0,1 М раствор тиосульфата натрия; раствор крахмала; фенолфталеин.

### **Порядок выполнения работы**

Навеску образца продукта массой ~20 г, взвешенную с точностью до 0,01 г, помещают в плоскодонную колбу на 250 мл и приливают небольшими порциями 80 мл раствора соляной кислоты при постоянном помешивании стеклянной палочкой. Колбу с содержимым присоединяют к обратному водяному или воздушному холодильнику, ставят на электроплитку, подложив под колбу асбестовую сетку, нагревают до кипения и 15 мин кипятят. Затем колбу охлаждают до комнатной температуры холодной водой и содержимое количественно переносят в мерную колбу на 250 мл и доводят объем жидкости в колбе до метки дистиллированной водой таким образом, чтобы попавший в колбу жир находился над меткой. После перемешивания содержимое колбы фильтруют через бумажный фильтр.

Вносят пипеткой 25 мл фильтрата в мерную колбу на 50 мл, добавляют 1 каплю раствора индикатора фенолфталеина и нейтрализуют раствором гидроксида натрия до появления от одной капли щелочи красноватой окраски. Сразу же добавляют в колбу по каплям раствор соляной кислоты до исчезновения красноватой окраски и еще 2-3 капли этой же кислоты для установления слабокислой реакции раствора.

Для осветления гидролизата и осаждения белков к раствору в колбе на 50 мл пипеткой добавляют 1,5 мл раствора гексацианоферрата калия (реактив Карреза I) и 1,5 мл раствора сульфата цинка (реактив Карреза II). Содержимое колбы охлаждают до комнатной температуры, доводят объем дистиллированной водой до метки, перемешивают и фильтруют через бумажный фильтр (в случае образования пены добавляют 1-2-капли серного эфира).

В две мерные колбы на 100 мл добавляют: в одну - 10 мл прозрачного бесцветного фильтрата, в другую - 10 мл дистиллированной воды (для приготовления контрольного раствора). Затем в каждую колбу добавляют по 20 мл раствора Фелинга, полученного смешиванием (1:1) растворов Фелинга-1 и Фелинга-2. Содержимое колбы взбалтывают и кипятят на электроплитке 3 мин, считая с момента закипания.

После кипячения колбы охлаждают холодной водой, доводят объемы дистиллированной водой до метки, тщательно перемешивают и дают осесть выпавшему оксиду меди.

В коническую колбу вместимостью 100 мл пипеткой вносят 20 мл отстоявшейся жидкости, последовательно добавляют мерным цилиндром сначала 10 мл 30%-ного раствора йодистого калия, затем 10 мл 25%-ного раствора серной кислоты и сразу же титруют выделившийся йод раствором тиосульфата натрия до слабо-желтой окраски. Затем добавляют 1 мл раствора крахмала и продолжают медленно титровать (с промежутком между каплями 5-6 с)

до полного исчезновения синей окраски раствора. Затем производят титрование контрольного раствора.

**Расчеты:**

1) Объем 0,1 М раствора тиосульфата натрия  $V_x$  (в мл), пошедшего на титрование образующегося в ходе реакции йода, рассчитывают по формуле:

$$V_x = \frac{K \cdot (V_k - V_n) \cdot 100}{20},$$

где  $K$  – коэффициент пересчета на точно 0,1 М раствор тиосульфата натрия;

$V_k, V_n$  – соответственно, объемы 0,1 М раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование контрольного и испытуемого растворов, мл;

100 – разбавление гидролизата после кипячения, мл;

20 – объем титруемого раствора, мл.

По таблице 1 находят массу крахмала ( $\alpha$ , мг), соответствующую массе тиосульфата натрия ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), содержащегося в 1 мл 0,1 М раствора.

2) Рассчитывают массовую долю крахмала  $w$  (%) по формуле:

$$w = \frac{\alpha \cdot 250 \cdot 50 \cdot 100}{m \cdot 25 \cdot 10},$$

где  $\alpha$  – масса крахмала, соответствующая массе тиосульфата натрия, содержащегося в 1 мл 0,1 М раствора (определяют по табл. 1), г;

250 – объем гидролизата, мл;

50 – разведение фильтрата после нейтрализации и осаждения белков, мл;

$m$  – масса навески образца, г;

25 – объем фильтрата, взятый для нейтрализации и осаждения белков, мл;

10 – объем гидролизата, взятый для кипячения, мл.

Расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 0,2%. За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов трех параллельных определений. Вычисление производят с точностью до 0,1%.

После выполнения работы и расчетов студенты делают заключение о соответствии продукта требованиям государственного стандарта по массовой доле крахмала в анализируемом продукте.

*Примечание.* При вычислении содержания крахмала в ливерной яичной колбасе найденный процент умножают на 0,7 (поправочный коэффициент на содержание редуцирующих веществ в продукте).

Таблица 12. Взаимосвязь массы крахмала, содержащегося в анализируемом продукте и

объема раствора тиосульфата натрия, пошедшего на титрование

Объем раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , мл	Масса крахмала, мг	Объем раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , мл	Масса крахмала, мг
1	2,8	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	17	51,6
9	26,1	19	58,2
10	29,2	20	61,6

При анализе растительных добавок делают расчет количества добавки в фарше для получения качественной продукции, соответствующей государственному стандарту.

**Пример расчетов:** на титрование 20 мл контрольного раствора израсходовано 3,21 мл 0,1 М раствора тиосульфата натрия ( $K = 0,9877$ ), а на титрование 20 мл анализируемого раствора - 2,18 мл:

$$V_x = \frac{K \cdot (V_k - V_n) \cdot 100}{20} = 0,9877 \cdot (3,21 - 2,18) \cdot 5 = 5,09 \text{ мл}$$

По таблице 1 находим массу крахмала, соответствующую 5,09 мл 0,1 М раствора тиосульфата натрия:

$$\alpha = 14,2 + 2,9 \cdot 0,09 = 14,2 + 0,261 = 14,461 \text{ мг},$$

где 14,2 - масса крахмала, соответствующая 5 мл 0,1 М раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , мг;

2,9 - разность значений массы крахмала для 5 и 6 мл раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , мг;

0,261 - масса крахмала, соответствующая 0,09 мл 0,1 М раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , мг.

$$w = \frac{\alpha \cdot 250 \cdot 50 \cdot 100}{20 \cdot 25 \cdot 10} = \alpha \cdot 250 = 0,014461 \cdot 250 = 3,62\%$$

Таким образом, массовая доля крахмала в анализируемом продукте равна 3,62%.

### Лабораторная работа № 11

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ САХАРОЗЫ В ПЛАВЛЕННЫХ СЫРАХ

Метод основан на осаждении белковых веществ плавленых сыров растворами ацетата цинка и гексацианоферрата (II) калия. Прозрачный фильтрат обрабатывают оксидом кальция для разрушения лактозы и других редуцирующих углеводов, а количество сахарозы в фильтрате определяют поляриметрическим методом на универсальном сахариметре типа СУ.

*Цель работы:* освоить методику и определить содержание сахарозы в плавленых сырах.

*Оборудование и реактивы:* мерные колбы на 100 мл; стакан на 100 мл; пипетки на 50, 5 мл; конические колбы на 150, 250 мл; стеклянные палочки; воронки; фильтровальная бумага; водяная баня; поляриметр (сахариметр); раствор ацетата цинка (реактив 1); раствор гексацианоферрата (II) калия (реактив 2); оксид кальция.

### **Порядок выполнения работы**

В стакан вместимостью 100 мл отвешивают 26 г продукта. Навеску растирают стеклянной палочкой с небольшим количеством дистиллированной воды температурой 60-70<sup>0</sup>С и полностью переносят в мерную колбу на 200 мл, смывая стакан несколько раз водой.

Колбу с навеской охлаждают до 20±2<sup>0</sup> и прибавляют 5 мл раствора ацетата цинка (реактив 1), а через 2-3 мин – 5 мл раствора гексацианоферрата калия (II) (реактив 2). Следует соблюдать последовательность добавления упомянутых растворов.

После добавления каждого раствора содержимое колбы осторожно перемешивают круговыми движениями во избежание образования пузырьков, доводят водой до метки, снова перемешивают и спустя 10 мин фильтруют через сухой складчатый бумажный фильтр в сухую колбу.

50 мл фильтрата переносят пипеткой в мерную колбу на 100 мл, добавляют 0,8 г оксида кальция и выдерживают колбу на кипящей водяной бане в течение 4-5 мин, перемешивая содержимое. После этого колбу с раствором быстро охлаждают до температуры 20±2<sup>0</sup>С и прибавляют 2 мл концентрированной уксусной кислоты. (Допускается неполное растворение оксида кальция.) Колбу доливают до метки дистиллированной водой, тщательно перемешивают и фильтруют через складчатый бумажный фильтр.

Кювету сахариметра длиной 400 мм заполняют фильтратом дважды и каждый раз делают по 3-5 отсчетов шкалы сахариметра. Среднее арифметическое результатов показаний шкалы сахариметра находят из 6-10 отсчетов.

### **Расчеты:**

Массовую долю сахарозы в плавленых сырах вычисляют по формуле

$$S = 2 PK,$$

где P – среднее показание шкалы сахариметра;

K – поправка на объем осадка (0,975).

За окончательный результат определения принимают среднее арифметическое двух параллельных определений. Расхождение между двумя параллельными определениями не должно превышать 0,5%.

Сахариметр имеет линейную международную сахарную шкалу, градуированную в градусах <sup>0</sup>S. Отсчет 100<sup>0</sup> по шкале получают, когда в кювете длиной 200 мм поляризуют раствор,

содержащий 26 г чистой сахарозы при  $t = 20^{\circ}\text{C}$ . Таким образом,  $1^{\circ}$  международной сахарной шкалы соответствует раствору, содержащему в 100 мл 0,26 г сахарозы. Навеска сахарозы массой 26 г называется нормальной.

$1^{\circ}$  международной шкалы сахариметра соответствует  $0,34615^{\circ}$  круговой шкалы поляриметра, а  $1^{\circ}$  шкалы поляриметра соответствует  $2,8889^{\circ}$  международной шкалы сахариметра.

### УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПОЛЯРИМЕТРА

*Устройство поляриметра СМ-3.*

Прибор представляет собой систему, состоящую из двух призм Николя (4 и 12), между которыми помещается кювета (8...11) с исследуемым раствором оптически активного вещества (рисунок 1).

Неподвижная призма (4) является поляризатором. Луч света после прохождения через него становится плоскополяризованным. Вращающаяся призма (12) является анализатором. Интенсивность поляризованного света на выходе из анализатора (12) зависит от взаимной ориентации поляризатора и анализатора. Если их плоскости поляризации повернуты на  $90^{\circ}$  друг к другу и кювета (8...11) пустая или содержит оптически неактивное вещество, то поляризованный свет полностью гасится анализатором.

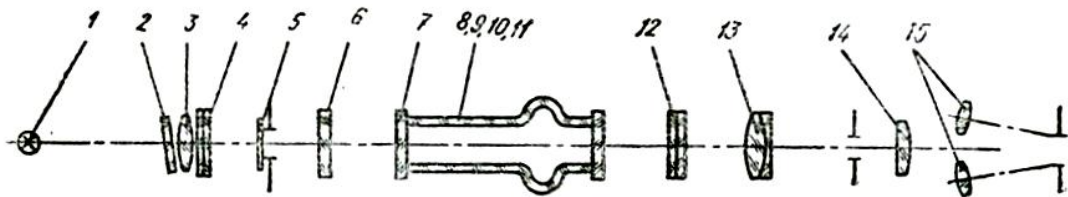


Рисунок 1 Устройство поляриметра СМ-3: 1 – лампа; 2 – светофильтр;

3 – конденсор; 4 – поляризатор; 5 – хроматическая фазовая пластинка,

6 – защитное стекло; 7 – два покровных стекла; 8...11 – трубка с элементами; 12 – анализатор;

13 – объектив; 14 – окуляр; 15 – две линзы

При этом в окуляре (14) наблюдается равномерно затемненное поле (рисунок 2б) и нуль нониуса (правая шкала на рисунке 2) находится на нулевом положении шкалы лимба (левая шкала на рисунке 3). Незначительное вращение анализатора вправо или влево вызывает резкое изменение освещенности отдельных участков поля в окуляре (рисунки 2а и 2в).

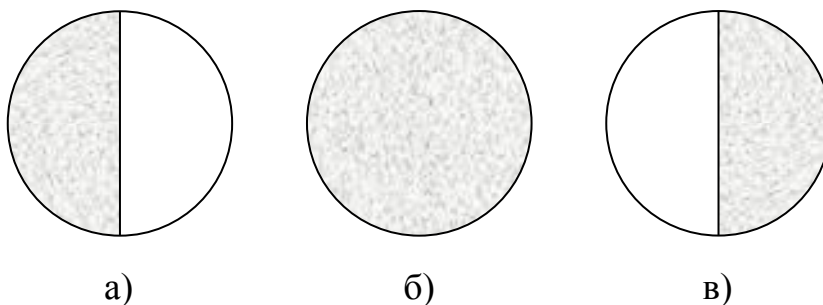


Рисунок 2. Вид освещенности поля в окуляре поляриметра

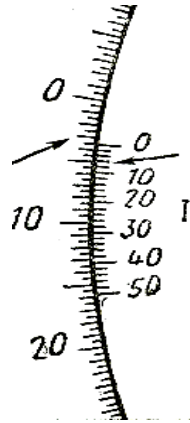


Рисунок 3. Пример относительного положения шкалы лимба (слева) и шкалы нониуса (справа) поляриметра СМ-3

### Определение угла вращения плоскости поляризации оптически активным раствором

Если в кювету поместить раствор оптически активного вещества, то плоскость поляризации вышедшего из него света окажется повернутой на определенный угол либо по направлению вращения часовой стрелки («вправо» или «+»), либо против направления вращения ее («влево» или «-»). Поэтому анализатор необходимо поворачивать на такой же угол вправо или влево для достижения полного гашения света, добиваясь однородной освещенности поля в окуляре (рисунок 2б). Угол вращения раствора определяется в условии полного гашения по взаимному расположению шкал нониуса и лимба. Цена деления шкалы лимба  $0,5^{\circ}$ , нониуса  $0,02^{\circ}$ , то есть вся шкала нониуса соответствует  $0,5^{\circ}$ .

Определение нулевого отсчета производят с кюветой, наполненной дистиллированной водой. Вращением втулки наблюдательной трубки установить окуляр по глазу на резкое изображение линии раздела полей сравнения. После этого, вращая ручку, повернуть анализатор и добиться равенства яркостей полей сравнения в чувствительном положении. При этом в поле зрения не должно наблюдаться окрашивания частей поля зрения и не должно быть заметно резкого выделения стороны хроматографической фазовой пластинки. Если в поле зрения наблюдается окрашивание, то необходимо немного отжать покровные стекла кюветы.

Установку на равномерную яркость полей сравнения повторить пять раз со снятием отсчетов по шкале лимба и отсчетного устройства и вычислением среднего арифметического значения. Полученное значение является нулевым отсчетом.

Оптически активные растворы, которые подлежат исследованию, должны быть прозрачными, не иметь взвешанных частиц. Для определения угла вращения плоскости поляризации кювету с исследуемым раствором поместить в кюветное отделение поляриметра и закрыть крышкой. Затем установить втулкой окуляр наблюдательной трубки по глазу на резкое



изображение линии раздела полей сравнения. Плавным поворотом анализатора установить равенство яркостей полей сравнения и снять отсчет следующим образом:

Определить, на сколько градусов повернута шкала лимба по отношению к шкале первого отсчетного устройства, затем по штрихам первого и второго отсчетных устройств, совпадающих со штрихами шкалы лимба, отсчитать доли градуса.

Оцифровка отсчетного устройства: «10» соответствует  $0,10^0$ ; «20» соответствует  $0,20^0$  и т.д.

К числу градусов, взятых по шкале лимба первого отсчетного устройства, прибавить средний арифметический отсчет по шкале первого и второго отсчетного устройства. Таких наводок сделать пять и взять среднее арифметическое из них. Из полученного среднего арифметического отсчета вычесть нулевой отсчет.

Примеры определения угла вращения на поляриметре СМ-3.

*Пример 1.* При определении нулевого положения с кюветой, наполненной дистиллированной водой, был получен результат  $0,06^0$ , а после ввода кюветы, наполненной исследуемым раствором, получен отсчет  $3,56^0$  (рисунок 3). Разность в отсчетах между конечной и начальной установками равна углу вращения плоскости поляризации исследуемого раствора:

$$3,56^0 - 0,06^0 = 3,50^0$$

*Пример 2.* После ввода кюветы, наполненной исследуемым раствором с левым вращением, был получен результат  $357,14^0$ . В этом случае нулевой отсчет следует принять равным  $360,06^0$ . Разность между конечным и нулевым отсчетом равна углу вращения плоскости поляризации исследуемого раствора:

$$357,14^0 - 360,06^0 = -2,92^0$$

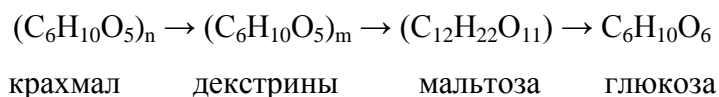
## Лабораторная работа №12

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ОСАХАРИВАНИЯ КРАХМАЛА

*Цель работы:* сравнить эффективность процесса осахаривания крахмала при разных режимах его проведения.

Осахариванием крахмала называют процесс его гидролитического расщепления до ди- и моносахаридов. Крахмал является полисахаридом, состоящим из молекул  $\alpha$ -глюкозы, связанных между собой  $\alpha$ -1,4-связью.

Схема гидролиза крахмала имеет следующий вид:



Управляя глубиной гидролиза крахмала, можно получить продукты питания с заданным содержанием сахаров. Химический гидролиз крахмала проходит очень медленно, поэто-

му его проводят при повышенных температурах в присутствии катализатора, которым является кислота. Скорость осахаривания зависит от концентрации кислоты, температуры и длительности гидролиза.

Варианты проведения гидролиза крахмала.

Вариант 1. Навеску крахмала в 0,2 г заливают 50 мл горячего раствора HCl (0,5 моль/л) в химическом стакане и нагревают на кипящей водяной бане в течение 60 мин при периодическом помешивании.

Вариант 2. Гидролиз проводят аналогично варианту 1, но в течение 90 мин.

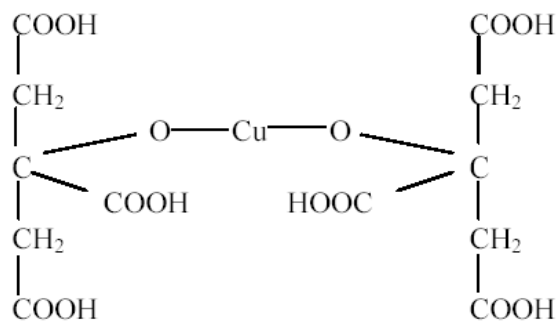
Вариант 3. Навеску крахмала в 0,2 г заливают 50 мл горячего раствора HCl (1 моль/л) в химическом стакане и нагревают на кипящей водяной бане в течение 30 мин при периодическом помешивании.

Вариант 4. Гидролиз проводят аналогично варианту 3, но в течение 60 минут.

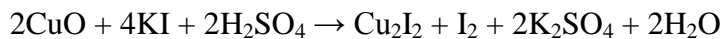
Определение количества осахаренного крахмала.

О количестве осахаренного (гидролизованного) крахмала судят по содержанию образовавшейся из него глюкозы. Определение глюкозы основано на ее окислительно-восстановительных свойствах. Глюкозу окисляют оксидом меди, в составе комплексного соединения меди с лимонной кислотой в щелочной среде, которую создает карбонат натрия.

Комплексное соединение имеет вид:



Избыток оксида меди, находящийся в комплексе, определяется йодометрически на основе следующей реакции:



Выделившийся йод оттитровывают раствором тиосульфата ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ). Количество последнего, пошедшего на титрование, эквивалентно количеству оставшегося после окисления глюкозы оксида меди.

Техника выполнения. После проведения гидролиза гидролизат охлаждают и в том же стакане нейтрализуют при помощи 30%-ного раствора NaOH, добавляя его осторожно по каплям и контролируя, чтобы pH не был выше 6,5.

Нейтрализованный гидролизат переносят в мерную колбу на 100 мл и доводят дистил-

лированной водой до метки. Из полученного объема 25 мл переносят в мерную колбу на 100 мл, добавляют 25 мл медного окислительного реактива, ставят на асбестовую проволочную сетку и нагревают до кипения. Кипятят 10 мин, быстро охлаждают до комнатной температуры и доводят водой до метки.

В коническую колбу отбирают 25 мл ярко-синего раствора, не затрагивая образовавшегося осадка закиси меди красного цвета, добавляют 30 мл свежеприготовленного 10%-ного раствора KI и 25 мл 25%-ного раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Выделившийся йод оттитровывают раствором Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,1 моль/л).

Одновременно проводят контрольный опыт в таких же условиях, но вместо 25 мл исследуемого раствора берут 25 мл дистиллированной воды.

Разница объемов тиосульфата, пошедшего на контрольный и рабочий опыты, эквивалентна количеству оксида меди, пошедшего на окисление глюкозы. Умножив полученную разность на 4 (поскольку из 100 мл взято 25 мл) находят содержание осажаренного крахмала в 25 мл нейтрализованного раствора (в мг) по табл. 13.

Таблица 13. Данные для расчета крахмала

Количество Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , мл	Содержание крахмала, мг	Количество Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , мл	Содержание крахмала, мг
1	2,8	8	23,1
2	5,6	9	26,1
3	8,4	10	29,2
4	11,3	11	32,3
5	14,2	12	35,4
6	17,1	13	38,6
7	20,1	14	41,8
		15	45,0

Учитывая разведение гидролизата, рассчитывают степень осажаривания крахмала, исходя из его количества до гидролиза (0,2 г).

Массовая доля крахмала X (в %):

$$X = \frac{100 \cdot A \cdot V_1 \cdot V_3}{1000 \cdot m \cdot V_2},$$

где A – количество крахмала по табл. 13, мг;

V<sub>1</sub> – общий объем гидролизата (100 мл);

V<sub>3</sub> – объем раствора после окисления глюкозы (50 мл);

m – масса навески, г;

V<sub>2</sub> – объем гидролизата для окисления глюкозы (25 мл).

**Контрольные вопросы.**

1. Редуцирующие и нередуцирующие сахара. Как называются реакции взаимодействия редуцирующих сахаров с аминокислотами, пептидами и белками?
2. От чего зависит скорость и глубина реакции меланоидинообразования? Как реакция Майяра сказывается на качестве продуктов?
3. Дать определение карамелизации. Факторы, влияющие на степень карамелизации. Условия образования карамелана, карамелена, карамелина.
4. Реакция Майяра. Начальная стадия.
5. Реакция Майяра. Перегруппировка Амадари.
6. Реакция Майяра. Образование дифруктозоглицина.
7. Образование 3-дезоксиглюкозона.
8. Образование оксиметилфурфуrolа.

**Тема «ВОДА»****Лабораторная работа № 13****КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ  
ВЛАГИ В МЯСОПРОДУКТАХ**

Вода - самое важное вещество для всего живого на Земле. Сам человек более чем на 2/3 состоит из воды, причем в наиболее интенсивно работающих органах ее содержание выше, например, в крови содержание воды 83 %, в мозге - 75 %, мышцах - 75 %, коже - 72 %, в скелете - 22%. В среднем в организме животных содержится порядка 70 % воды. Считается, что человек не может прожить без воды более 2...3 суток, а без пищи он может прожить несколько недель.

Пищевая промышленность потребляет воду для технологических целей, вода может служить сырьем и входит в состав пищевых продуктов. Вода используется для получения растворов, экстрактов, сиропов. Важным компонентом здоровья человека является питьевая вода.

Входя в состав всех пищевых продуктов, вода обуславливает их консистенцию и структуру, влияя на внешний вид, вкус и устойчивость продуктов при хранении. Вода в пищевых продуктах находится в *связанном* состоянии - это вода, связанная с различными компонентами пищи - белками, липидами и углеводами за счет связей различной природы, и *свободном* состоянии — это вода, не связанная биополимерами и доступная для протекания гидролитических процессов.

Учитывая важность воды для всех биологических систем, в том числе и человека, ежедневную потребность в питьевой воде, решающую роль воды в обеспечении здоровья населения и тот факт, что вода является обязательным компонентом пищевых продуктов и обуславливает многие их свойства, в том числе и сроки их хранения, рассмотрение свойств воды является важным разделом пищевой химии.

Влажность пищевых продуктов имеет большое значение с точки зрения консистенции и текстуры продукта, взаимодействия компонентов в продукте и его стабильности в процессе хранения. При этом имеет значение не только общее содержание влаги, а наличие доступной влаги для превращений.

Вода является во многих мясопродуктах количественно преобладающим компонентом. Она существенно влияет на качественные характеристики продукта и их устойчивость к воздействию микробиологических факторов. Содержание влаги варьирует в зависимости от вида сырья, категории и сортности мяса, принятых рецептур, условий и режимных параметров технологической обработки.

Существуют различные методы аналитического определения содержания воды:

Метод высушивания при различных интервалах температур;

Метод азеотропной отгонки;

Метод Фишера (титрование при использовании реакции окисления-восстановления с участием йода и диоксида серы, которая протекает в присутствии воды).

Методы определения свободной и связанной влаги:

Дифференциальная сканирующая калориметрия;

Термогравиметрический метод;

Диэлектрические измерения;

Измерение теплоемкости;

Ядерно-магнитный резонанс.

В данной работе определение влаги проводится методом азеотропной отгонки. Метод основан на гетерогенной перегонке воды с углеводородами или галоидопроизводными органических соединений. Температура кипения бинарных систем несмешивающихся жидкостей ниже температуры кипения составляющих его компонентов. Так, температура кипения бензола  $80,2^{\circ}\text{C}$ , а его смеси с водой –  $69,3^{\circ}\text{C}$ . Вода в дистилляте выделяется в виде отдельной фазы. Из углеводородов чаще всего применяют бензол, толуол, ксилол, а из галоидопроизводных – четыреххлористый углерод.

Отгонку производят с помощью специальных приборов, устройство которых позволяет сразу отсчитать количество отогнанной воды по объему (рис.2).

*Цель работы:* Ознакомление с методом определения влаги в мясopодуктах при небольшом ее содержании.

*Реактивы:* растворитель; мясо.

*Оборудование:* отгонная колба; насадка Дина-Старка; холодильник.

### Порядок выполнения работы.

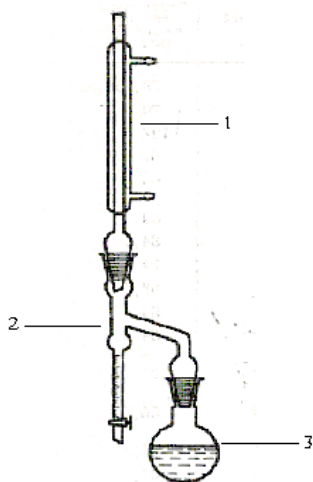


Рис.2. Прибор для азеотроп-

Навеску мяса массой 10-15 г помещают в отгонную колбу и заливают десятикратным количеством растворителя. Колбу ставят на водяную или песчаную баню и начинают отгонку. Образующиеся пары растворителя и воды конденсируются в холодильнике и стекают в градуированную часть приемника, где смесь постепенно расслаивается. Отгонку заканчивают, когда объем воды в приемнике перестает увеличиваться. Объем воды отсчитывают по градуировке приемника.

Содержание влаги вычисляют по формуле:

ной

отгонки воды.

1 – холодильник,

2 – приемник Дина-Старка,

3 – отгонная колба.

$$X = \frac{V \cdot 100}{m_0},$$

где  $V$  – объем воды в приемнике, мл;

$m_0$  – масса навески, г.

### Контрольные вопросы

1. Роль воды в пищевых продуктах и сырье.
2. Свободная и связанная влага в пищевых продуктах.
3. Лед и его роль в стабильности пищевых продуктов.
4. Формы связи влаги в пищевом сырье.
5. Понятие активности воды ( $a_w$ ).
6. Приведите примеры пищевых продуктов с промежуточной влажностью.
7. Какова связь между устойчивостью продукта при хранении и активностью воды.
8. Методы определения влаги.
9. Химические процессы, протекающие в продуктах с низкой влажностью.

### Тема «ВИТАМИНЫ»

Витамины - группа низкомолекулярных органических соединений различной химической природы, объединенных по признаку абсолютной необходимости для осуществления жизненно важных биохимических процессов человека, животных, некоторых растений и микроорганизмов. Всего известно более 30 групп веществ, которые могут быть отнесены к витаминам. Обычно витамины делят на жирорастворимые (А, D, Е, К) и водорастворимые (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, С, В<sub>3</sub> и т.д.).

Метод количественного определения аскорбиновой кислоты основан на ее способности восстанавливать окислительно-восстановительный индикатор - натриевую соль 2,6-дихлорфенолиндофенола - до лейкоформы с образованием дегидроаскорбиновой кислоты.

Метод количественного определения β-каротина основан на его выделении путем экстракции с последующим колориметрированием на спектрофотометре при длине волны 450 нм. Светопоглощение β-каротина обусловлено присутствием сопряженных π-связей, дающих максимум поглощения при 450...470 нм.

В качестве объекта исследования использовать каротинсодержащее сырье (морковь, томаты, болгарский перец), подвергнутое различной кулинарной обработке (бланшированное, отварное, жареное).

#### Лабораторная работа № 14

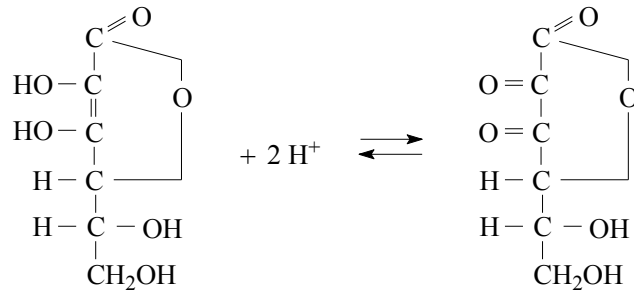
### КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СОХРАННОСТЬ ВИТАМИНА С В МОЛОКЕ

Молоко содержит практически все витамины, необходимые для нормального развития человека. Они попадают в молоко с кормами и синтезируются микрофлорой рубца. Содержание витаминов в молоке колеблется в зависимости от сезона, стадии лактации, рациона кормления коров и их индивидуальных особенностей. При хранении и тепловой обработке молока содержание некоторых витаминов может уменьшаться на 30-70%.

Витамин С в молоке содержится главным образом в виде аскорбиновой кислоты (67-78%) и небольшая часть – в виде дегидроаскорбиновой кислоты (22-33%).

Известно, что основными источниками витамина С служат растения. Особенно много аскорбиновой кислоты в перце, хрене, ягодах рябины, черной смородине, лимонах, шиповнике, молоке и молозиве. Нужно отметить, что аскорбиновая кислота - γ-лактон кетогулоновой кислоты – ненасыщенное соединение и не содержит карбоксильной группы. Аскорбиновая кислота способна к обратимому окислению с образованием дегидроаскорбиновой кислоты:

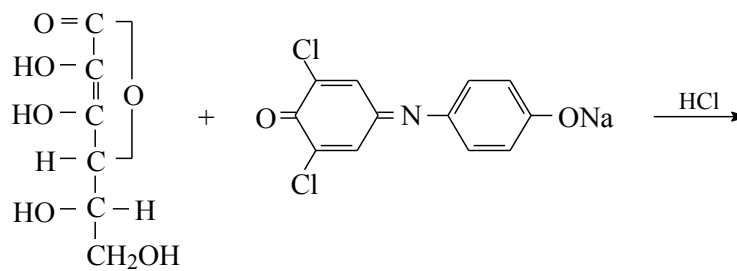
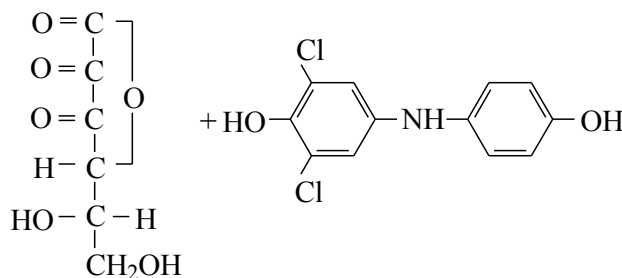




Аскорбиновая кислота

Дегидроаскорбиновая кислота

Сущность метода заключается в титровании специально подготовленного экстракта индикатором 0,001 н раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола, 1 мл которого соответствует 0,088 мг аскорбиновой кислоты.

Аскорбиновая  
кислота2,6-Дихлорфенолиндофенол  
синего цвета (хиноидная структура)Дегидроаскорбиновая  
кислота2,6-Дихлорфенолиндофенол,  
лейкоформа (гидрохиноидная структура)

*Цель работы:* Ознакомление с методом количественного определения витамина С в молоке.

*Реактивы:* 2%-ный раствор HCl, 0,001 н раствор 2,6-дихлорфенолиндофенола, молоко, дистиллированная вода.

*Оборудование:* мерные колбы на 50 и 100 мл; 2) микробюретка для титрования на 5 мл (или пипетка); конические колбы на 100 мл; пипетки на 1, 2, 5 и 10 мл.

### Порядок выполнения работы

#### Определение титра раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия

**14. 1. Приготовление стандартного раствора аскорбиновой кислоты с концентрацией 1 г/л.**

0,05 г аскорбиновой кислоты растворяют в мерной колбе на 50 мл в 2%-ном растворе HCl, доводят объем колбы до метки этим же раствором.

#### **14. 2. Приготовление рабочего раствора аскорбиновой кислоты с концентрацией 0,1 г/л**

10 мл стандартного раствора аскорбиновой кислоты (1 г/л) вносят в мерную колбу на 100 мл, доводят объем до метки 2%-ным раствором HCl и перемешивают. Растворы аскорбиновой кислоты неустойчивы, поэтому их готовят перед проведением испытания.

#### **15. 3. Определение титра раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия**

Титр устанавливают по рабочему раствору (0,1 г/л) в день проведения испытания.

В колбу для титрования вносят пипеткой 1 мл рабочего раствора аскорбиновой кислоты, 9 мл дистиллированной воды и быстро титруют раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия до светло-розовой окраски, не исчезающей в течение 15-20 с.

Одновременно проводят контрольное испытание. Для этого в колбу для титрования вносят 1 мл 2%-ного раствора HCl, 9 мл дистиллированной воды и быстро титруют раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия.

Титр раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия в мг аскорбиновой кислоты, эквивалентного 1 мл раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, вычисляют по формуле:

$$T = \frac{m}{V_1 - V_2},$$

где  $m$  – масса аскорбиновой кислоты, содержащейся в 1 мл рабочего раствора, мг;

$V_1$  – объем раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, израсходованный на титрование рабочего раствора аскорбиновой кислоты, мл;

$V_2$  – объем раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, израсходованный на контрольное испытание, мл.

#### **14. 4. Титриметрическое определение аскорбиновой кислоты**

В коническую колбу на 50 мл отмерить пипеткой 5 мл молока и 10 мл дистиллированной воды, смесь размешать.

В колбу на 50 мл отмерить пипеткой 5 мл смеси, 9 мл дистиллированной воды и 1 мл 2%-ного раствора HCl, тщательно перемешать и оттитровать из микробюретки 0,001 н раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола (добавляя его по каплям) до слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 30-60 секунд.

Рассчитать содержание витамина С в молоке по формуле:

$$C = a \cdot K \cdot 52,8$$

где  $C$  – содержание витамина С (мг/л);

$a$  – количество 0,001 н раствора 2,6-дихлорфенолиндофенола;

$K$  – поправка к титру индикатора ( $K = \frac{T_{\text{практ}}}{T_{\text{теор}}}$ );

52,8 – постоянный коэффициент.

**14.5. Влияние различных факторов на сохранность витамина С в молоке.** Молоко подвергают действию различных факторов, которые приводят к разрушению витамина С. В исследуемых образцах до и после обработки определяют содержание витамина С.

Варианты проведения опытов:

1. Нагрев исследуемого объекта до температуры 55-65 °С, выдержка при этой температуре 30 минут.
2. Нагрев исследуемого объекта до температуры 100 °С, кипячение 5 минут.
3. Аэрация исследуемого объекта в течение 30 минут.
4. Добавление в исследуемый объект ионов железа в виде 2 мл 0,1 % раствора соли Мора.
5. Добавление в исследуемый объект ионов меди в виде 2 мл 0,5 % раствора сульфата меди.

Полученные результаты сводят в таблице 6 и делают вывод о влиянии исследованных способов обработки на сохранность витамина С в исследуемых объектах.

#### Анализ результатов работы

Результаты исследования сводятся в таблице 11. По результатам исследования делают вывод о содержании витамина С в молоке и сохранности витамина С при использовании различных факторов воздействия на молоко.

Таблица 11. Влияние способов обработки на сохранность витамина С в молоке

Вид обработки	Содержание витамина С до обработки, мг%	Содержание витамина С после обработки, мг%	Сохранность витамина С, %
1. Нагрев до 55-65°С			
2. Нагрев до 100° С			
3. Аэрация			
4. Раствор соли Мора			
6. Раствор сульфата меди			

**Пример расчетов.** На титрование ушло 0,4 мл 0,001 н раствора 2,6-дихлорфенолиндофенола, поправка на титр 1,33.

$$C = 0,4 * 1,33 * 52,8 = 28,09 \text{ мг/л.}$$

**Лабораторная работа № 15**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ**  
**НА СОХРАННОСТЬ ВИТАМИНА С**

*Реактивы:* 2 % раствор соляной кислоты, 1 % раствор йодида калия (КJ), 0,5 % раствор крахмала, 0,001 М раствор иодата калия (КJО<sub>3</sub>), реактивы для разрушения витамина С: 0,1 % раствор соли Мора, 0,5 % раствор сульфата меди.

*Оборудование:* Технические весы, аналитические весы, гомогенизатор, водяная баня, микробюретки, пипетки на 1, 2, 5, 20 мл, мерные колбы вместимостью 100 мл, конические колбы вместимостью 150 мл, стаканы вместимостью 50 и 100 мл, воронки для фильтрования, бумажные фильтры, цилиндры мерные вместимостью 50 мл.

Расход плодово-ягодного сырья 20-50 г на один анализ, напитков 50 мл.

**Порядок выполнения работы.**

Приготовление и титрование экстракта С-витамина

Растительный материал измельчают или получают из него сок. После этого взвешивают примерно 5 г растительного материала с точностью до 0,1 г и помещают в стеклянный стакан. В него добавляют 20 мл 2% соляной кислоты и 10 мл 1% щавелевой кислоты, размешивают и оставляют отстояться на 5 минут. Полученную жидкость переносят через маленькую воронку в колбу на 50 мл (оставшиеся в стакане остатки растительной массы можно переместить в колбу, добавив ещё раствора 2% соляной кислоты и помешав). Затем 50 мл колбу наполняют до отметки раствором 1 % щавелевой кислоты. Содержимое колбы тщательно перемешивают и оставляют на 5 минут отстояться, а затем фильтруют с помощью большой воронки и фильтровальной бумаги.

10 мл полученного фильтрата пипеткой переносят в коническую колбу, добавляют 20 мл дистиллированной воды и титруют из беретки раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола натрия до появления непропадающей бледно-розовой окраски. Титрование повторяют минимум 3 раза.

С помощью полученных результатов вычисляют массовую долю витамина С в исследуемом образце.

Обработка результатов :

1) Вычисляют, сколько мг витамина С соответствуют 1 мл раствора 2,6-дихлорфенолиндофенола (титр).

2.) Определяют количество витамина С в 100 г растительного материала :

$$\frac{\text{титр} * V * 50 * 100}{10 * m}, \text{ где :}$$

V – объём использованного раствора 2,6-дихлорфенолиндофенола натрия, мл

50 – объём мерной колбы

10 - объём раствора, подвергнутого титрованию

m – масса растительного материала, использованного для определения количества витамина С.

Исходное сырье, полуфабрикаты или готовую продукцию подвергают действию различных факторов, которые приводят к разрушению витамина С. В исследуемых образцах до и после обработки определяют содержание витамина С.

Варианты проведения опытов:

1. Нагрев исследуемого объекта до температуры 55-65 °С, выдержка при этой температуре 30 минут.
2. Нагрев исследуемого объекта до температуры 100 °С, кипячение 5 минут.
3. Аэрация исследуемого объекта в течение 30 минут.
4. Добавление в исследуемый объект ионов железа в виде 2 мл 0,1 % раствора соли Мора.
5. Добавление в исследуемый объект ионов меди в виде 2 мл 0,5 % раствора сульфата меди.

Полученные результаты сводят в таблице 6 и делают вывод о влиянии исследованных способов обработки на сохранность витамина С в исследуемых объектах.

#### **Анализ результатов работы**

Результаты исследования сводятся в таблице 12. По результатам исследования делают вывод о содержании витамина С в исследуемых объектах и сохранности витамина С при использовании различных факторов воздействия на исследуемые объекты.

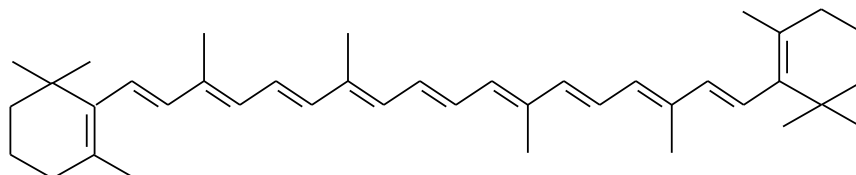
Таблица 12. Влияние способов обработки на сохранность витамина С

Вид обработки	Содержание витамина С до обработки, мг%	Содержание витамина С после обработки, мг%	Сохранность витамина С, %
1. Нагрев до 55-65°С			
2. Нагрев до 100° С			
3. Аэрация			
4. Раствор соли Мора			
6. Раствор сульфата меди			

**Лабораторная работа №16**  
**ПОТЕРИ ВИТАМИНА С и β-КАРОТИНА В ОВОЩАХ**  
**ПРИ КУЛИНАРНОЙ ОБРАБОТКЕ**

*Цель работы:* Ознакомиться с количественными методами определения витаминов, определить потери витаминов в овощах в зависимости от кулинарной обработки.

Каротин является провитамином А. Он синтезируется в растениях, и его образование тесно связано с синтезом хлорофилла. В природе каротин встречается в виде трех изомеров - α, β, γ. Наиболее активен из них β-каротин. Он имеет наибольшее значение для организма человека. β-Каротин локализован в зеленых частях растений, а также в плодах и овощах, имеющих оранжевый цвет, в водорослях, грибах, бактериях. β-Каротин превращается в ретинол (витамин А) в организме человека и животных в клетках тонкого кишечника. Каротин весьма чувствителен к окислению на воздухе и к свету.



β-каротин

**Определение каротина.**

*Реактивы:* образцы сырых и вареных овощей (морковь, картофель, свекла и др.); промытый и прокаленный песок; окись алюминия; петролейный эфир; 0,072%-ный водный раствор дихромата калия, окраска которого соответствует содержанию в 1 мл 0,00416 мг каротина или стандартный раствор азобензола (145 мг азобензола в 1 л 96% спирта), окраска которого соответствует содержанию в 1 мл 0,00235 мг каротина.

*Оборудование:* ступка с пестиком; хроматографическая колонка (диаметром 1-1,5 см и длиной 12-16 см); мерный цилиндр; технические весы; фотоэлектроколориметр.

**Порядок выполнения работы.**

**16.1. Построение калибровочного графика.**

1 мл стандартного 0,072%-ного раствора бихромата калия по окраске соответствует 0,00416 мг каротина.

Для приготовления шкалы стандартных растворов в мерные колбы емкостью 100 мл наливают 5, 10, 15, 20, 25 ... мл стандартного раствора бихромата калия и доводят объем дистиллированной водой до метки, перемешивают и фотоколориметрируют. В качестве раствора сравнения используют дистиллированную воду.

Строят калибровочный график (рис. 3). Для этого на оси абсцисс наносят числовые

значения объемов стандартного раствора  $K_2Cr_2O_7$ , взятых для приготовления калибровочной шкалы, на оси ординат – соответствующую оптическую плотность раствора.

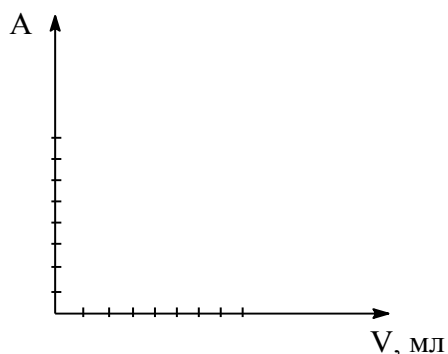


Рис. 3. Калибровочный график.

### 16.2. Определение каротина в овощах.

Навеску образца массой 5-10 г, отвешенную с точностью 0,01 г, переносят в ступку и растирают с промытым и прокаленным песком (около 10 г). После получения более или менее однородной массы прибавляют туда около 5 г окиси алюминия и снова растирают.

Смесь переносят в хроматографическую колонку. В узкую часть колонки предварительно плотно вставляют кусочек ваты, поверх которой насыпают слой в 1,5-2 см окиси алюминия. Затем наливают столько петролейного эфира, чтобы поверх смеси постоянно находился слой эфира.

Через несколько минут из колонки начинает вытекать петролейный эфир, окрашенный каротином в желтый цвет. Промывают колонку до тех пор, пока из нее не начнут вытекать капли неокрашенного эфира.

Объем экстракта измеряют мерным цилиндром и раствор фотоколориметрируют.

Содержание каротина вычисляют по следующей формуле:

$$K = \frac{a \cdot 0,00416 \cdot V \cdot 1000}{m \cdot 100} = \frac{a \cdot 0,0416 \cdot V}{m},$$

где  $K$  – содержание каротина, мг на 1 кг исследуемого продукта;

$a$  – количество стандартного раствора, найденное по графику, мл;

$V$  – объем экстракта, мл;

$m$  – навеска продукта, г;

0,00416 – коэффициент перевода 1 мл стандартного раствора бихромата калия в эквивалентное количество мг каротина;

100 – объем стандартных растворов;

1000 – коэффициент пересчета на 1 кг продукта.

### Определение витамина С.

*Реактивы:* образцы сырых и вареных овощей (морковь, картофель, свекла и др.); 2%-

ный раствор соляной кислоты; 0,001 н раствор дихлорфенолиндофенола;

*Оборудование:* технические весы; ступка с пестиком; мерная колба на 100 мл; колба коническая для титрования; воронка с бумажным фильтром; пипетки мерные; микробюретка.

### **Порядок выполнения работы.**

### **Определение титра раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия**

#### **16.3. Приготовление стандартного раствора аскорбиновой кислоты с концентрацией 1 г/л.**

0,05 г аскорбиновой кислоты растворяют в мерной колбе на 50 мл в 2%-ном растворе HCl, доводят объем колбы до метки этим же раствором.

#### **16.4. Приготовление рабочего раствора аскорбиновой кислоты с концентрацией 0,1 г/л**

10 мл стандартного раствора аскорбиновой кислоты (1 г/л) вносят в мерную колбу на 100 мл, доводят объем до метки 2%-ным раствором HCl и перемешивают. Растворы аскорбиновой кислоты неустойчивы, поэтому их готовят перед проведением испытания.

#### **16.5. Определение титра раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия**

Титр устанавливают по рабочему раствору (0,1 г/л) в день проведения испытания.

В колбу для титрования вносят пипеткой 1 мл рабочего раствора аскорбиновой кислоты, 9 мл дистиллированной воды и быстро титруют раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия до светло-розовой окраски, не исчезающей в течение 15-20 с.

Одновременно проводят контрольное испытание. Для этого в колбу для титрования вносят 1 мл 2%-ного раствора HCl, 9 мл дистиллированной воды и быстро титруют раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия.

Титр раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия в мг аскорбиновой кислоты, эквивалентного 1 мл раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, вычисляют по формуле:

$$T = \frac{m}{V_1 - V_2},$$

где  $m$  – масса аскорбиновой кислоты, содержащейся в 1 мл рабочего раствора, мг;

$V_1$  – объем раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, израсходованный на титрование рабочего раствора аскорбиновой кислоты, мл;

$V_2$  – объем раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, израсходованный на контрольное испытание, мл.

#### **16.6. Титриметрическое определение аскорбиновой кислоты.**

Навеску образца продукта массой 10-50 г (в зависимости от предполагаемого содержания витамина С) помещают в фарфоровую ступку и тщательно растирают пестиком с 5 мл 2%-ного раствора соляной кислоты, добавляя 10 г стеклянного порошка. После получения до-



вольно однородной массы содержимое ступки без потерь переносят в мерную колбу на 100 мл. Ступку и пестик несколько раз обмывают небольшими порциями дистиллированной воды и сливают в колбу. Доводят объем вытяжки в колбе водой до метки.

После перемешивания содержимое колбы фильтруют через бумажный фильтр. Из полученного фильтрата отбирают в колбу от 1 до 10 мл (в зависимости от предполагаемого количества витамина) и титруют 0,001 н раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия до появления розового окрашивания, не исчезающего в течение 30-60 сек.

Содержание витамина С в исследуемом образце (г на 1 кг продукта) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V \cdot 0,088 \cdot V_1 \cdot 1000}{m \cdot V_2 \cdot 1000},$$

где  $V$  – объем 0,001 н раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, израсходованный на титрование фильтрата (с внесенной поправкой), мл;

0,088 – количество мг аскорбиновой кислоты, соответствующее 1 мл 0,001 н раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия;

$V_1$  – объем до которого была доведена навеска, мл;

$m$  – масса навески, г;

$V_2$  – объем фильтрата, взятый для титрования, мл;

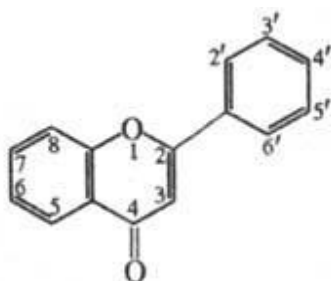
1000 (в числителе) – пересчет на 1 кг;

1000 (в знаменателе) – перевод мг в г.

### Лабораторная работа №17.

## КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИТАМИНА Р (РУТИНА) В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Известно несколько соединений, обладающих Р-витаминной активностью. В основе их лежит скелет флавона.



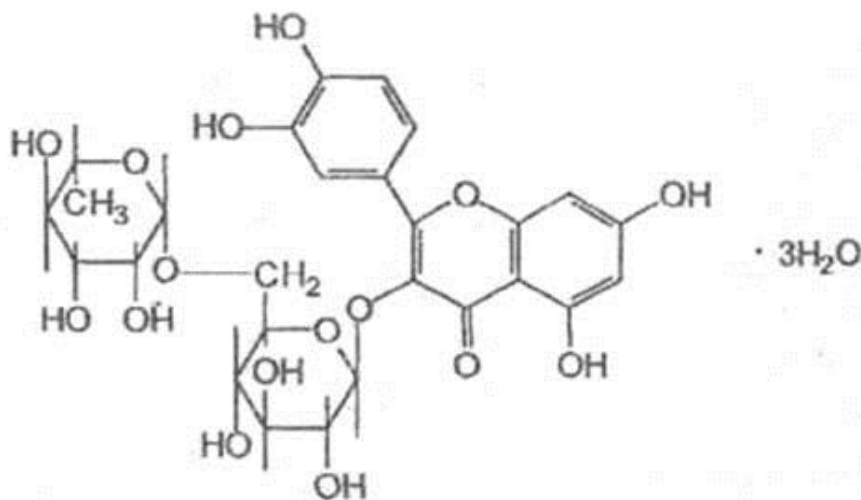
Наиболее изучены строение и свойства рутина. Рутин – кристаллическое вещество желто-оранжевой окраски. Содержится во всех продуктах, в которых обнаруживается витамин С. Много его в чае, фруктах, ягодах (бруснике, клюкве, сливе, винограде).

Рутин участвует в окислительно-восстановительных процессах. Его присутствие

усиливает окислительно-восстановительный эффект витамина С. Суточная потребность в витамине Р составляет около 50 мг. Витамин Р обогащают некоторые пищевые продукты.

Количественное определение рутина основано на его способности окисляться перманганатом калия.

В качестве индикатора применяют индигокармин, который вступает в реакцию с перманганатом после полного окисления всего рутина. Экспериментально установлено, что 1 мл 0,1 н раствора перманганата калия окисляет 6,4 мкг рутина.



*Цель:* определить количественное содержание рутина в чае.

*Реактивы:* образцы чая; раствор индигокармина; 0,05 н раствор перманганата калия.

*Оборудование:* весы; колба на 100 мл; колба коническая для титрования; пипетки мерные; бюретка.

#### **Порядок выполнения работы.**

К 100 мг чая (или другого воздушно-сухого материала) приливают 500 мл горячей воды и проводят экстракцию в течение 5 мин.

10 мл экстракта отмеривают в колбу для титрования (емкостью 50-100 мл), добавляют 10 мл дистиллированной воды и 10 капель индигокармина. Титруют 0,05 н раствором перманганата калия до появления устойчивой желтой окраски.

Содержание рутина (в мг%) определяют по формуле:

$$X = (3,2 \cdot A \cdot 50 \cdot 100) / (10 \cdot 0,1 \cdot 1000), \text{ где}$$

A – количество 0,05 N раствора перманганата калия, пошедшего на титрование;

0,1 – масса навески, г;

10 – количество экстракта, взятого для анализа, мл;

50 – количество экстрагента (воды), мл;

10 и 1000 – переводные коэффициенты (в % и мкг в г).

**Контрольные вопросы.**

1. Классификация витаминов.
2. Жирорастворимые витамины. Их роль для организма. Источники жирорастворимых витаминов.
3. Водорастворимые витамины. Их роль для организма. Источники витаминов.
4. Какие виды технологической обработки сырья и пищевых продуктов способствуют потере витаминов?
5. Какие витамины содержатся в растительном сырье
6. Какие изменения происходят с витаминами при переработке сырья.
7. Приведите пути витаминизации продуктов питания.
8. Какую роль играют витамины в организме человека.
9. Какие факторы воздействия наиболее отрицательно влияют на сохранность витамина С.
10. Какие вещества относятся к витаминоподобным.

**Тема «МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА»****Лабораторная работа №18****ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОЛЕЙ КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ В МОЛОКЕ**

Многие элементы входят в состав живой материи в виде минеральных солей, ионов, комплексных соединений и органических веществ и являются незаменимыми микронутриентами, которые должны ежедневно поступать с пищей. Минеральные вещества участвуют в разнообразных биологических процессах, при этом каждому элементу присущи специфические функции.

В зависимости от количества элемента в организме человека и пищевых продуктах их подразделяют на макро- (массовая доля превышает  $10^{-2}\%$ ) и микроэлементы (массовая доля составляет  $10^{-3}$  -  $10^{-5}$  %). Основными макроэлементами являются кальций, фосфор, магний, натрий, калий, хлор, сера, а микроэлементами - железо, цинк, медь, йод, фтор и другие.

Причинами нарушения обмена минеральных веществ, которые могут иметь место даже при их достаточном количестве в пище, являются:

- Несбалансированное питание (недостаточное или избыточное количество белков, жиров, углеводов, витаминов и др.);
- Кулинарная обработка, вызывающая потери минеральных веществ (например, размораживание в горячей воде, удаление отваров овощей и фруктов);
- Отсутствие своевременной коррекции рациона при изменении потребности организма в минеральных веществах;
- Нарушение процесса всасывания в желудочно-кишечном тракте.

В питании современного человека наиболее дефицитными минеральными веществами являются железо и кальций; а избыточными натрий и фосфор.

Минеральные вещества молока

Среднее содержание микроэлементов в молоке следующее (мг%): кальций- 120, фосфор- 95, калий- 140, натрий- 50, магний- 12, хлор- 100.

*Соли кальция.* Большое значение для человека имеют соли кальция. Кальций в молоке содержится в легкоусвояемой форме и хорошо сбалансирован с фосфором. Около 22% кальция в молоке связано с казеином, остальное количество присутствует в виде фосфатов и цитратов. Фосфаты кальция находятся в основном в коллоидном состоянии, и небольшая часть (30%)- в виде истинного раствора. При сквашивании молока основное количество кальция переходит в сыворотку. Содержание кальция в коровьем молоке зависит от рационов кормления, породы животного, стадии лактации и времени года. Летом содержание кальция ниже, чем зимой.

*Соли магния.* Содержание магния в молоке незначительное- около 12...14 мг%. Доля

солей магния, находящихся в виде истинного раствора в молоке, составляет 65...70%. Магний содержится в молоке в тех же химических соединениях и выполняет ту же роль, что и кальций.

Определение солей кальция и магния основано на способности комплексона III –  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (трилон Б) образовывать в щелочной среде при pH 12-13 комплексные соединения с кальцием, а при pH 10- с кальцием и магнием. Анализ выполняют методом обратного титрования.

*Цель работы:* определить в молоке содержание солей кальция и магния методом обратного комплексонометрического титрования.

*Реактивы:* 0,1 н раствор  $\text{CaCl}_2$ ; 0,1 н раствор  $\text{MgCl}_2$ ; 0,1 н раствор комплексона III (трилон Б); аммиачно-аммонийная буферная смесь, pH 10; 2 н раствор NaOH; эриохромовый черный Т, сухая смесь с хлоридом натрия в массовом соотношении 1:100; мурексид, сухая смесь с хлоридом натрия в массовом соотношении 1:20;

*Оборудование:* конические колбы для титрования объемом 100...250 мл; бюретки вместимостью 25 мл; мерные цилиндры вместимостью 10 и 100 мл; стеклянный или деревянный шпатель.

### **Порядок выполнения работы.**

**15.1. Определение массовой доли кальция.** Концентрацию металлов (кальция) в молоке можно установить химическими и физическими методами. Наиболее быстрым и простым является комплексонометрический метод (по А. Я. Дуденкову). Данный метод позволяет контролировать не только массовую долю общего кальция в молоке, но и содержание в нём условно растворимого кальция, который остаётся в сыворотке после охлаждения белков молока трихлоруксусной кислотой.

Принцип метода: Определение массовой доли ионов кальция основано на образовании устойчивого комплексона трилона Б (динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты) с двухвалентным кальцием. Комплексное соединение трилона Б настолько прочно связывает катионы кальция, что при его добавлении к молоку растворяются плохо растворимые соединения кальция с фосфором и белками. Если в молоко внести индикатор, образующий с ионами кальция окрашенные соединения, то при добавлении трилона Б в точке эквивалентности окраска индикатора изменится.

В качестве металлоиндикатора в методе А. Я. Дуденкова применяют мурексид, который в щелочной среде при отсутствии ионов кальция окрашивается в сине-фиолетовый цвет, а при их наличии в розовый. В методике используется способ обратного титрования: в молоко вносят избыток трилона Б, связываемый затем раствором хлорида кальция.

В колбу для титрования вместимостью 250 мл помещают 5 мл анализируемого молока,

мерными цилиндрами добавляют 90-95 мл дистиллированной воды и 5 мл раствора гидроксида натрия. Из бюретки отмеряют 3,5 мл раствора трилона Б, раствор перемешивают и оставляют на 2 мин. Небольшими порциями прибавляют мурексид на кончике шпателя до сиреневой окраски.

Анализируемый раствор титруют раствором хлорида кальция, добавляя его по каплям и перемешивая, до появления устойчивой розовой окраски. Измеряют по бюретке объем раствора хлорида кальция, пошедший на титрование. Затем из бюретки по каплям добавляют раствор трилона Б до сиреневой окраски, устойчивой в течение 1 мин. Если сиреневая окраска изменяется, добавляют еще каплю раствора трилона Б. По бюретке измеряют общий объем раствора трилона Б, прибавленный в колбу.

**Расчет.**

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 2 \cdot 0,97 \cdot 100}{V}, \text{ где}$$

$V_1$  – общий объем 0,1 н раствора трилона Б, добавляемого к молоку (3,5 мл + количество израсходованное на второе титрование), мл;

$V_2$  – объем 0,1 н раствора хлорида кальция, израсходованного на обратное титрование трилона Б, мл;

$V$  – Объем исследуемого молока, мл;

2 – количество кальция соответствующего 1 мл 0,1 н раствора трилона Б, мг;

0,97 – коэффициент для пересчёта количества молей из мл в гр.

При титровании в присутствии мурексида наблюдается не достаточно чёткий переход окраски индикатора. Для достижения более резкого перехода рекомендуется смешивать с другими индикаторами или применять более чувствительные индикаторы, например, флуорексин, образующий с кальцием соединения, флуоресцирующие зелёным светом, а при его отсутствии – красная или желтая окраска. Одну бюретку заполняют титрованным раствором трилона Б, вторую – стандартным раствором хлорида кальция.

**14.2. Определение массовой доли магния.** Одну бюретку заполняют титрованным раствором трилона Б, вторую – стандартным раствором хлорида магния.

В колбу для титрования вместимостью 250 мл помещают 5 мл анализируемого молока, мерными цилиндрами добавляют 190-95 мл дистиллированной воды, 5 мл аммиачно-аммонийного буферного раствора и эриохромовый черный Т на кончике шпателя. Из бюретки прибавляют 5 мл раствора трилона Б, раствор окрашивается в синий цвет. Выдерживают раствор 2 мин и титруют 0,1 н раствором хлорида магния до изменения окраски в винно-красную. Измеряют объем раствора хлорида магния, пошедший на титрование,  $V(\text{MgCl}_2)$ . Затем из бюретки по каплям добавляют раствор трилона Б до восстановления синей окраски, устойчивой в

течение 1 мин. Измеряют общий объем раствора трилона Б, прибавленный в колбу,  $V(\text{H}_2\text{Y}^{2-})$ .

**Расчет.** Вычисляют объем раствора трилона Б, вступившего в реакцию с кальцием,  $V_2(\text{H}_2\text{Y}^{2-})$ :

$$V_2(\text{H}_2\text{Y}^{2-}) = V(\text{H}_2\text{Y}^{2-}) - V(\text{MgCl}_2)$$

Массовую долю солей магния в молоке  $\omega(\text{Mg}^{2+})$ , мг%, рассчитывают по формуле:

$$\omega(\text{Mg}^{2+}) = \frac{[V_2(\text{H}_2\text{Y}^{2-}) - V_1(\text{H}_2\text{Y}^{2-})] \cdot m \cdot \rho \cdot 100}{V_{\text{п}}}$$

где  $m$  - масса магния, соответствующая 1 мл раствора трилона Б с концентрацией 0,1 М;

$m = 1,21$  мг;  $\rho$  - плотность молока (0,97 г/мл);

$V_{\text{п}}$  – объем пробы молока, мл.

### Лабораторная работа №19

#### ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА В МОЛОКЕ

Метод основан на образовании комплексного соединения железа (III) с комплексоном-III в кислой среде. В качестве индикатора используют сульфосалициловую кислоту.

Метод позволяет определять от 0,5 мг ионов железа (II) и железа (III) при совместном присутствии в одной пробе.

Подготовка к анализу:

1. Приготовление 0,1 н раствора комплексона-III. Раствор готовят из фиксанала. Содержимое ампулы количественно переносят в мерную колбу вместимостью 1 л, растворяют в дистиллированной воде и объём раствора доводят дистиллированной водой до метки.

2. Приготовление 0,001 н раствора комплексона-III. В мерную колбу вместимостью 500 мл вносят 50 мл 0,1 н раствора комплексона-III и объём раствора доводят дистиллированной водой до метки.

3. Приготовление раствора соляной кислоты 1: 5. К 100 мл дистиллированной воды приливают 20 мл концентрированной соляной кислоты.

Методика определения:

В коническую колбу вместимостью 250 мл отмеривают от 25 до 100 мл молока, добавляют до 100 мл дистиллированной воды и подкисляют раствором соляной кислоты 1:5 до рН 2, проверяя значение рН по универсальной индикаторной бумаге. Содержимое колбы подогревают до 50 – 60°C. Затем вносят от 20 до 30 мг сульфосалициловой кислоты. В присутствии железа (III) раствор окрашивается в красно-фиолетовый цвет за счёт образования сульфосалицилата железа (III). Далее титруют 0,01 н раствором комплексона-III до исчезновения розового оттенка в проходящем свете.

Для окисления присутствующего железа (II) до железа (III) в ту же пробу добавляют 100 мл твёрдого надсернистого аммония взвешенного с погрешностью не более 0,01 г, и титруют образовавшееся железо 0,01 н раствором комплексона до исчезновения розового оттенка.

Обработка результатов:

1. Массовую концентрацию ионов железа(III) X мг/мл, вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V_1 \cdot n \cdot 28 \cdot 100}{V_2}, \text{ где}$$

$V_1$  - объём раствора комплексона-III, пошедший на титрование ионов железа (III), мл;

$V_2$  - объём молока, взятый на анализ, мл;

n - нормальность комплексона-III;

28 – грамм – эквивалент железа;

За окончательный результат принимают среднее арифметическое двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 5%.

### Лабораторная работа №20

#### ТИТРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРИД-ИОНОВ В МОЛОКЕ

Оборудование и реактивы: приборы мерные лабораторные стеклянные: пипетки, бюретки; посуда мерная лабораторная стеклянная, вместимостью: колбы 100, 1000 мл; цилиндры 50, 100 мл; колбы стеклянные лабораторные конические, вместимостью 250 мл; плитка электрическая; бумага индикаторная универсальная; серебро азотнокислородное; калий хромовокислый; гидроксид натрия; вода дистиллированная;

Подготовка к анализу

*Приготовление 0,1 н раствора азотнокислого серебра.* 16, 9873 г азотнокислого серебра взвешивают с погрешностью не более 0, 0002 г, растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе вместимостью 1000 мл и объём раствора доводят дистиллированной водой до метки.

*Приготовление 0,2 н раствора азотнокислого серебра.* Отмеривают 200 мл 0, 1 н раствора азотнокислого серебра в мерную колбу вместимостью 1000 мл и объём дистиллированной водой доводят до метки.

*Приготовление 5% раствора хромовокислого калия.* 5 г хромовокислого калия взвешивают с погрешностью не более 0,01 г и растворяют в 95 мл дистиллированной воды.

*Приготовление 0,1 н раствора гидроксида натрия.* Раствор готовят из фиксаля. Содержимое ампулы для приготовления 0,1 н раствора гидроксида натрия количественно пере-



носят в мерную колбу вместимостью 1000 мл, растворяют в дистиллированной воде и объём раствора доводят дистиллированной водой до метки.

#### Методика определения

В коническую колбу вместимостью 250 мл отмеривают от 10 до 100 мл анализируемого молока с таким расчётом, чтобы в нём содержалось от 2 до 40 мг хлорид – ионов, и доводят объём дистиллированной водой до 100 мл, рН анализируемой пробы должен составлять от 7 до 10.

Далее приливают 5 капель 5% раствора хромовокислого калия и титруют 0,2 н раствором азотнокислого серебра до перехода цвета раствора из желтого в оранжевый.

#### Обработка результатов

Массовую концентрацию хлорид – ионов (X) в мг/мл вычисляют по формуле

$$X_1 = \frac{V \cdot n \cdot 35,5 \cdot 100}{V_1}, \text{ где}$$

V - объём азотнокислого серебра, израсходованного на титрование, мл;

n - нормальность комплексона

35,5 – грамм – эквивалент хлорид - ионов;

V - объём молока, взятый на анализ, мл;

За окончательный результат принимают средне арифметическое двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 2%.

#### Контрольные вопросы

1. Приведите определение минеральных пищевых веществ. Как они подразделяются?
2. В чем заключаются основные физиологические функции кальция, и магния. К какой группе минеральных веществ они относятся?
3. Перечислите факторы, снижающие усвоение минеральных веществ.
4. Микроэлементы. Значение. Источники.
5. Макроэлементы. Значение. Источники.
6. Функции минеральных веществ в организме.
7. Потребность организма в кальции, и за счет каких продуктов в основном она удовлетворяется?
8. Потребность организма в фосфоре, его соотношение с кальцием, к чему приведет нарушение этого соотношения.
9. Какие продукты могут служить источником легко усвояемого железа.
10. К чему приводит недостаток йода в организме, как можно увеличить содержание йода в рационе.
11. Дефицитные элементы в рационе питания.

12. Наиболее избыточные элементы в пищевых продуктах.
13. Изменения, происходящие с минеральными веществами в процессе технологической переработки.

**Библиографический список**

1. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. Скурихина И.М., Тутельяна В.А. – М.: Брандесс Медицина, 1998. – 342 с.
2. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочные таблицы / под ред Скурихина И.М., Тутельяна В.А.– М.: ДеЛипринт, 2002. – 236 с.
3. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Пищевая химия» (для студентов технологических специальностей) / под ред. А.П. Нечаева. – М.: Издательский комплекс МГАПП, 1994. – 38 с.
4. Кобелева И.Б., Вяльцева И.В., Фуголь О.А. Методические указания и контрольные задания по курсу «Пищевая химия» (для студентов заочной формы обучения). – М.: Издательский комплекс МГУПП, 1999. – 90 с.
5. Скурихин И.М., Нечаев А.П. Все о пище с точки зрения химика. М.:Высшая школа, 1991, - 287с.
6. Пищевая химия. Под ред. А.П. Нечаева – М.: Изд. Гиорд, 2001. 580с.
7. Химический состав пищевых продуктов: Справочник / под ред И.М. Скурихина. –М.: Агропромиздат, 1987. Т.1. -225с.; Т.2 -226с.
8. Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения СССР. Министерство здравоохранения СССР. –М., 1991г.
9. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов/ под ред. Скурихина И.М., Тутельяна В.А. – М.: Брандесс Медицина, 1998. – 342 с.
10. Крусъ Г.Н., Шалыгина А.М., Волокитина З.В. Методы исследования молока и молочных продуктов. – М.: Колос, 2000. – 368 с.
11. Антипова Л.В., Глотова Н.Н. Методы исследования мяса и мясных продуктов. – М.: Колос, 2001. – 371 с.
12. Журавская Н.К., Алехин Л.Т., Отрященко Л.М. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 296 с.
13. Антипова Л.В., Данилов В.Н. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Пищевая химия» (для студентов спец. «Технология мяса и мясопродуктов»)/ Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 1998. – 24 с.
14. Попов М.П., Витол И.С., Суслиянок Г.М. Учебно-методическое пособие по курсу «Пищевая химия» (для студентов технологических специальностей заочной формы обучения). – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2000. – 52 с.
15. Пищевая химия. Лабораторный практикум. Учеб. пособие для студ. Вузов / В. С. Гамаюрова , Л. Э. Ржечицкая . - . - СПб. : Гиорд, 2006. - . - 133 с.

16. Жванко Ю. Н, Панкратова Г. В, Мамедова З. И. Аналитическая химия и технологический контроль в общественном питании. – М.: Высшая школа, 1989
17. Методы исследования пищевого сырья. Под ред. О. Г. Емельянова. – Красноярск, 1997
18. Современные методы определения качества пищевого сырья. Под ред. Т. В. Павловой. – Красноярск, 1999.
19. Харитонов. Ю. Я. Аналитическая химия. Количественный анализ. – М.: Высшая школа, 2003.