

Документ подписан электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского

федерального университета

Дата подписания: 19.09.2023 11:24:31

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

по дисциплине

ХИМИЯ ПИЩИ

Направление подготовки 19.03.04 Технология продукции и организация
общественного питания

Направленность (профиль) Технология и организация ресторанного дела

Квалификация выпускника: бакалавр

Для заочной формы обучения

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

Пятигорск, 2021 г.

Содержание

	С.
Введение	2
Лабораторная работа № 1	4
Лабораторная работа № 2	7
Лабораторная работа № 3	12
Лабораторная работа № 4	14
Лабораторная работа № 5	20
Список рекомендуемой литературы	23

Введение

Цель дисциплины «Химия пищи» - приобретение теоретических знаний, практических умений и навыков в области определения качественных и количественных показателей основных пищевых веществ пищи, пищевых добавок, биологически активных добавок.

При изучении дисциплины необходимо освоить следующие темы: Питание и пищеварение. Теории и концепции питания. Составные компоненты пищи: вода, свободная и связанная влага, активность воды; белки, функции и свойства белков; углеводы, функции и свойства углеводов; липиды, функции и свойства липидов; витамины, минеральные вещества, пищевые кислоты, пищевые добавки, биологически активные добавки. Безопасность пищевых продуктов. Природные токсиканты. Загрязнители.

В результате освоения компетенций ПК-4, ПК-5 студент должен знать краткие сведения о процессе пищеварения, метаболизм основных питательных веществ, состав, строение, функции и свойства основных пищевых веществ, их превращения при производстве пищевых продуктов; характеристику ксенобиотиков, генетически модифицированные продукты питания, основные понятия науки о питании, теорию сбалансированного и адекватного питания, принципы рационального питания; уметь определять основные органолептические, физико-химические, микробиологические показатели качества пищевых продуктов, количественно определять содержание основных пищевых веществ в составе продуктов питания, применять знания по определению направления развития технологии пищевых производств; владеть навыками определения показателей качества пищевых продуктов и фальсификации продуктов питания, методиками определения показателей качества и безопасности пищевых веществ и продуктов питания.

Дисциплина «Химия пищи» входит в обязательную часть дисциплин модуля (Б1.О.11) подготовки бакалавра по направлению 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания, направленности (профиля) Технология и организация ресторанного дела. Ее освоение происходит в 4 семестре.

Наименование лабораторных работ

№ Темы	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Интерактивная форма проведения
	4 семестр		
	Лабораторная работа №1. Исследование свойств простых белков	1,5	
	Лабораторная работа №2. Выделение, очистка и исследование химического состава белка	1,5	
	Лабораторная работа №3. Общие свойства ферментов	1,5	
	Лабораторная работа №4. Липиды. определение физико-химических показателей	1,5	
	Лабораторная работа №5. Количественный анализ витаминов	1,5	
	Итого за 4 семестр	7,5	
	Итого	7,5	

Тема: "ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРОСТЫХ БЕЛКОВ"

1. Теоретическая часть (коллоквиум).
 - 1.1. Углеводы, определение и классификация.
 - 1.2. Общие свойства моноз, физические и химические свойства.
 - 1.3. Что такое изоэлектрическая точка белков? Почему она различна для различных белков?
 - 1.4. Что такое денатурация? Чем может быть вызвана денатурация белков?
 - 1.5. От чего зависит заряд белка в водном растворе?
2. Практическая часть.
 - 2.1. Изучение свойств простых белков.
 - 2.2. Реакции осаждения белков.
 - 2.3. Растворимость белков.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Белки (протеины) - высокомолекулярные соединения, построенные из остатков α-аминокислот, ковалентно связанных пептидной связью. В молекулах белков встречаются остатки в основном 20 аминокислот. Аминокислотная последовательность является специфической характеристикой данного белка. Различают простые и сложные белки. Простые белки дают при гидролизе только аминокислоты, в состав сложных входят дополнительные атомные группы. Белки имеют трехмерную структуру, которая стабилизируется водородными, ионными и неполярными связями. Белки содержат большое число ионизирующих групп и являются полиэлектролитами. Для каждого класса белков характерно чрезвычайное разнообразие функций. Белки выполняют такие важные функции, как каталитическую, структурную, транспортную, защитную, регуляторную, сократительную и другие.

Реакции осаждения белков весьма разнообразны, однако их можно разделить на две группы:

а) практически необратимые реакции осаждения, при которых белки претерпевают глубокие изменения и не могут быть вновь растворены в первоначальном растворителе: в этом случае имеет место денатурация белка: к необратимым реакциям относятся осаждение белка солями тяжелых металлов, алкалоидными реактивами, минеральными, органическими кислотами и осаждение при нагревании;

б) обратимые реакции осаждения, при которых осаждаемые белки не подвергаются глубоким изменениям и поэтому могут быть растворены в первоначальном растворителе - молекулы белка при этом сохраняют свои первоначальные, включая биологические, свойства и не подвергаются денатурации.

К обратимым реакциям осаждения следует отнести реакции осаждения белков органическими растворителями (спиртом или ацетоном) и реакции высаливания белков (осаждение под влиянием концентрированных растворов нейтральных солей щелочных и щелочноземельных металлов).

Почти все белки денатурируют при нагревании до температуры от 50 °С до 55 °С и выше. Механизм тепловой денатурации связан с перестройкой структуры белковой молекулы, в результате которой белок теряет свои нативные свойства и растворимость. Присутствие солей и концентрация водородных ионов играют важную роль в выпадении в осадок денатурированного при нагревании белка. Наиболее полное осаждение происходит в изоэлектрической точке, т.е. при такой величине рН, когда коллоидные частицы белка наименее устойчивы.

Осаждение белка концентрированными минеральными кислотами (кроме ортофосфорной кислоты) объясняется как явлениями дегидратации белковых частиц и нейтрализации их зарядов, так и рядом других причин (денатурацией, образованием солей).

В избытке серной или соляной кислот, а также при их длительном воздействии, выпавший осадок денатурированного белка растворяется, по-видимому, за счет перезарядки белка и частичного гидролиза. В избытке азотной кислоты этого растворения не происходит (возможно, сопутствующий нитрат-ион мешает перезарядке белковой молекулы).

Механизм осаждения белков органическими кислотами объясняется дегидратацией белковой молекулы и снятием заряда.

При действии солей тяжелых металлов на растворы белка происходит денатурация белковой молекулы. Осаждение дегидратированного белка обусловлено адсорбцией тяжелого металла на поверхности белковой молекулы и образованием нерастворимых комплексов. Избыток некоторых солей ведет к растворению (пептизации) осадка белков.

Многие белки хорошо растворяются в воде, что обусловлено наличием на поверхности белковой молекулы свободных гидроксильных групп. Различные белки растворяются по-разному. Растворимость белка в воде зависит от характера белка, реакции Среды, присутствия катализатора. В кислой среде лучше растворяются белки, обладающие кислыми свойствами (альбумин, глобулин, проламин), щелочные белки (протамины, гистоны) лучше растворяются в щелочной среде.

Объекты исследования: белок сырого куриного яйца.

Оборудование, посуда: химические пробирки диаметром 2 см, пипетки.

2. ТЕХНИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

Работу выполняют бригады по 2 человека, используя белок сырого яйца и 1%-ый раствор яичного белка.

2.1. ОСАЖДЕНИЕ БЕЛКА ПРИ НАГРЕВАНИИ

В пять пронумерованных пробирок наливают по 10 капель 1%-го раствора яичного белка. Содержимое первой пробирки нагревают на газовой горелке или водяной бане. Жидкость мутнеет, и, так как частицы денатурированного белка несут заряд, они удерживаются во взвешенном состоянии (яичный альбумин является кислым белком и в нейтральной среде заряжается отрицательно).

Во вторую пробирку добавляют 1 каплю 1%-й уксусной кислоты и нагревают. Выпадает осадок белка вследствие того, что белок теряет заряд и находится в состоянии, близком к изоэлектрической точке.

В третью пробирку добавляют 1 каплю 10%-го раствора уксусной кислоты и содержимое нагревают. Осадка белка не образуется даже при кипячении, так как в кислой среде частицы белка перезаряжаются, приобретая положительный заряд.

В четвертую пробирку добавляют 1 каплю 10%-го раствора уксусной кислоты и 1 каплю насыщенного раствора хлористого натрия. Образуется осадок белка вследствие адсорбции ионов хлористого натрия (образование двойного изоэлектрического слоя) и нейтрализации положительного заряда на частицах белка.

В пятую пробирку добавляют 1 каплю 10%-го раствора едкого натра и нагревают. Осадка не образуется даже при кипячении, так как в щелочной среде отрицательный заряд на частице белка усиливается.

Результаты работы внести в табл.1.1.

Таблица 1.1.

Нейтральная среда	Слабокислая среда	Кислая среда	Кислая среда и электролит	Щелочная среда

2.2. ОСАЖДЕНИЕ БЕЛКА КОНЦЕНТРИРОВАННЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ КИСЛОТАМИ

В три пробирки наливают по 15-20 капель концентрированной соляной, серной и азотной кислот. Затем, наклонив пробирки под углом 45° , осторожно по стенке пробирки (чтобы жидкости не смешались) наливают равный объем раствора белка. На границе двух слоев жидкости появляется осадок белка в виде тонкой пленки. Осторожно встряхивая пробирки, обнаруживают растворение осадка.

2.3. ОСАЖДЕНИЕ БЕЛКА ОРГАНИЧЕСКИМИ КИСЛОТАМИ

В две пробирки наливают по 5 капель 1%-го раствора белка и по 1-2 капли 10%-го раствора сульфациловой и трихлоруксусной кислот. В обеих пробирках образуются осадки белка.

2.4. ОСАЖДЕНИЕ БЕЛКА СОЛЯМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

В три пробирки наливают по 5 капель 1%-го раствора яичного белка и по 1 капле: в первую - 7%-го раствора сернокислой меди, во вторую - 5%-го раствора уксуснокислого свинца, в третью - 5%-го раствора азотнокислого серебра. Наблюдается образование осадка во всех трех пробирках.

В первую пробирку добавляют еще 5-10 капель раствора сернокислой меди, во вторую - 5-20 капель уксуснокислого свинца, в третью - 5-10 капель

азотнокислого серебра. Пронаблюдать, что происходит. Результаты внести в табл.1.2.

Таблица 1.2.

Название групп осадителей	Употребляемые реактивы	Характер и цвет осадка	Чем обусловлена реакция

2.5. РАСТВОРИМОСТЬ БЕЛКОВ

В пробирку наливают 2 капли яичного белка и 20 капель воды, перемешивают. При этом яичный альбумин растворяется, а глобулин выпадает в осадок. В другую пробирку наливают 2 капли яичного белка и 20 капель 5%-го раствора хлористого натрия. Результаты внести в табл. 1.3.

Таблица 1.3.

Название белка	Вода	5%-ый раствор хлористого натрия	Образование осадка (-,+)

3. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Работы с концентрированными растворами кислот и щелочей проводить в вытяжном шкафу при включенной вентиляции.

Соблюдать правила работы с газовой горелкой.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема: "ВЫДЕЛЕНИЕ, ОЧИСТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БЕЛКА "

1. Теоретическая часть (коллоквиум).
 - 1.1. Характеристика аминокислот.
 - 1.2. Биологическое значение аминокислот.
 - 1.3. Классификация аминокислот.
 - 1.4. Методы фракционирования и очистки белков.
2. Практическая часть.
 - 2.1. Провести выделение и диализ белков.
 - 2.2. Проба на хлориды.
 - 2.3. Провести биуретовую реакцию.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для выяснения химического состава белка его необходимо выделить в очищенном виде.

В настоящее время в чистом виде получено несколько тысяч простых и сложных белков. При выделении и очистке белок отделяют от других белков и небелковых соединений, исходя из таких его свойств, как размер молекулы, растворимость, заряд, специфическое средство связывания.

Обычно применяют несколько способов очистки и сравнивают их эффективность путем определения интересующего белка по какому-либо свойству, например, ферменты - по каталитической активности. Определение общего количества белка на каждом этапе выделения также позволяет установить степень очистки искомого белка.

Отделение белков от низкомолекулярных веществ проводят путем диализа или ультрафильтрации через полупроницаемую мембрану.

Метод диализа основан на неспособности коллоидных частиц проникать через полупроницаемые мембраны, в то время как частицы кристаллоидов легко проходят через них. Обладая большим диаметром, частицы белка не способны к проникновению через мембраны. Диализ широко используется для очистки белков от низкомолекулярных примесей. Простейшим диализатором может служить целлофановый мешочек, опущенный в стакан с проточной водой. Коллоидный раствор помещают в мешочек; при этом молекулы сахаров, солей легко диффундируют через мембрану, а коллоидный раствор белка остается в мешочке.

Разделение белков проводят методами гель-фильтрации (по размеру молекул), ионообменной хроматографии (на основе различий в общем заряде), тонкослойной хроматографии, электрофореза (по скорости миграции молекул в электрическом поле), аффинной хроматографии (на основе характерного для многих белков высокого сродства к специфическим химическим группам).

Метод тонкослойной хроматографии основан на неодинаковой способности адсорбироваться на тех или иных адсорбентах и различной растворимости в двух смешивающихся жидкостях.

Одним растворителем является вода, другим - водонасыщенный органический растворитель, частично смешивающийся с водой. Водная фаза неподвижна, а органический растворитель подвижен. Неподвижной фазой служит сорбент, который насыщается водой при помещении в камеру с повышенной влажностью.

Для идентификации на хроматограммах используют аминокислоты - метчики, входящие в состав смеси и нанесенные на ту же хроматограмму. Скорость продвижения аминокислот постоянна в определенной системе растворителей и обозначается R_f .

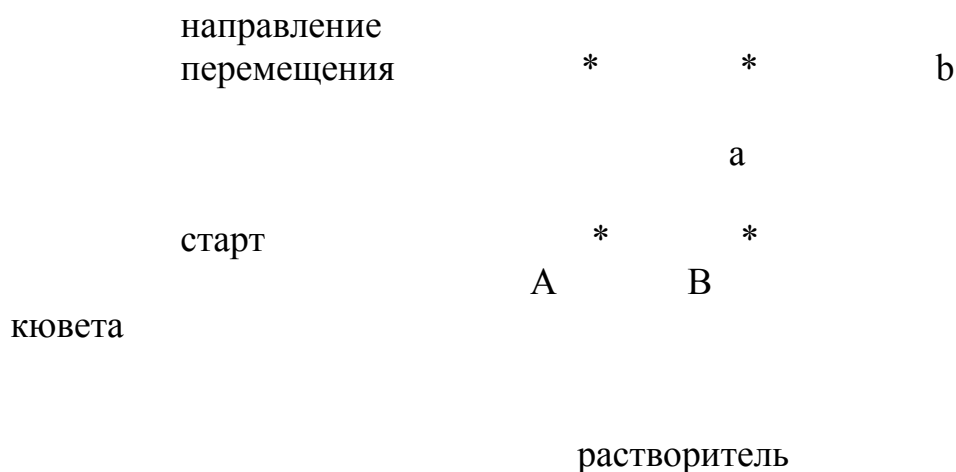
$$R_f = a/b, \text{ где}$$

a - расстояние, пройденное аминокислотой от места нанесения (старта) до границы растворителя;

b - расстояние, пройденное фронтом растворителя;

Фронт движения
растворителя

*



А - гидролизат (смесь);

В - метчик (серин с $R_f=0,22$).

Исследуемый раствор и “метчик” наносят на пластинку “Силуфол”, каплями, пользуясь микропипеткой. Пробу наносят осторожно, не нарушая слоя сорбента (силикагеля и крахмала как связующего)

Располагают капли на одной линии так, чтобы расстояние между ними, а также от нижнего и бокового краев было не менее 20 см.

Пластинку помещают в герметически закрывающуюся камеру, куда предварительно (за 2 часа) наливают насыщенный водой фенол или верхний слой смеси бутанол-уксусная кислота-вода, взятых в соотношении 4:1:5.

Нижний край пластинки должен быть погружен в жидкость на 5 мм. Пластинка должна находиться в камере в течение 15-30 мин. За это время растворитель поднимется на высоту 80-100 мм. После этого пластинку пинцетом вынимают из камеры, высушивают от растворителей на воздухе, отмечают линию финиша и опрыскивают 0,1%-ым раствором нингидрина в ацетоне. Для проявления пятен пластинку помещают на 10 минут в сушильный шкаф при температуре 110°C . При этом на ней появляются фиолетовые пятна аминокислот. Сопоставляя положение пятен “метчиков”, определяют наличие тех или иных аминокислот в исследуемой смеси. Определяют R_f аминокислот и сравнивают с табличными данными.

Последовательность аминокислот в белках уникальна, каждый белок имеет строго определенную последовательность аминокислот. Аминокислотный состав белка определяют после гидролиза его составляющих либо кислотным (нагреванием до 110°C в течение 24 часов с 6 N HCl), либо щелочным (кипячением с 2-4 N NaOH в течение 8-12 часов), либо ферментативным способом. Далее аминокислоты полученного гидролизата разделяют методами хроматографии (газожидкостной, тонкослойной или ионообменной) Фракционированные аминокислоты определяют по окраске, образующейся при нагревании с нингидрином: аминокислоты дают с ним интенсивное синее окрашивание.

Для определения в белке или пептиде концевой остатка, несущего аминогруппу, его метят с помощью соединения, образующего стабильную ковалентную связь с азотом аминогруппы, например, динитрофторбензолом.

Высаливанием белков называют выделение белков из водных растворов нейтральными растворами концентрированных солей щелочных и щелочноземельных металлов.

При добавлении достаточно больших концентраций этих солей к раствору белка происходит дегидратация белковых частиц и снятие заряда, при этом белок выпадает в осадок. Разные белки осаждаются при различных концентрациях солей, что зависит от ионной силы осадителя и размера частиц белковой молекулы. Например, глобулин, имеющий большой молекулярный вес, по сравнению с альбумином, легче выпадает в осадок, чем альбумин.

В молоке казеин содержится в виде растворимой кальциевой соли. При подкислении казеинат кальция разлагается и выпадает в осадок в свободном виде. Избыток кислоты мешает осаждению, так как при рН ниже изоэлектрической точки (изоэлектрическая точка казеина $pH=4,7$) молекула белка перезаряжается, и казеин вновь переходит в раствор.

2. ТЕХНИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. ВЫСАЛИВАНИЕ БЕЛКОВ

В пробирку наливают 20 капель неразведенного яичного белка, добавляют равный объем насыщенного раствора сернокислого аммония и перемешивают. Получается полунасыщенный раствор сернокислого аммония, при котором выпадает осадок (КАКОЙ БЕЛОК?). Через 5 мин осадок отфильтровывают. В фильтрате остается другой белок (КАКОЙ?). К фильтрату добавляют измельченный порошок сернокислого аммония до полного насыщения. Выпавший осадок отфильтровывается. Фильтрат проверяют на полноту осаждения, проделав **биуретовую реакцию**. Для этого к фильтрату добавляют несколько капель 10%-го едкого натра и 1%-го раствора сернокислой меди. Если прошло неполное высаливание белков, фильтрат приобретает красно-фиолетовое окрашивание, что свидетельствует о наличии белка.

Результаты работы занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1.

Название белка	Используемая соль	Степень насыщения	Образование осадка (-,+)
Глобулин Альбумин			

2.2. ВЫДЕЛЕНИЕ КАЗЕИНА ИЗ МОЛОКА

10 мл молока разбавляют равным количеством дистиллированной воды и осаждают казеин 10 каплями 10%-го раствора уксусной кислоты. Реакцию среды определяют на рН-метре или с помощью индикаторной бумаги. Выделившийся в

виде хлопьев казеин отфильтровывают и промывают на фильтре дистиллированной водой 2-3 раза. Небольшие порции осадка снимают с фильтра шпателем и проделывают цветную реакцию на белок (биуретовую).

2.3. ДИАЛИЗ БЕЛКОВ

Приготовление солевого раствора белка. К 2 каплям яичного белка добавляют 20 капель 5%-го раствора хлористого натрия, этот раствор наливают в целлофановый мешочек (предварительно удалите из него воду).

Диализ. Закрепляют верхний край мешочка двумя стеклянными палочками, скрепляют их концы резиновыми кольцами и помещают целлофановый мешочек в стакан с дистиллированной водой на 1 час, меняя воду каждые 15 мин. Через некоторое время содержимое мешочка мутнеет, а затем выпадает в осадок глобулин.

По окончании диализа с небольшими порциями диализата (наружная жидкость) и диализируемой жидкости проделывают реакции на хлориды, белок и убеждаются в том, что минеральные соли продиффундировали во внешний сосуд, а белок остался в мешочке.

Проба на хлориды в диализате. К 10 каплям диализата прибавляют 10 капель 10%-го раствора азотной кислоты и 1 каплю 1%-го раствора азотнокислого серебра. Выпадает осадок хлорида серебра.

Проба на белок (биуретовая реакция) в диализате. К 10 каплям диализата прибавляют 5 капель 10%-го раствора едкого натра и 1 каплю раствора серноокислой меди. Синее окрашивание свидетельствует об отсутствии белка в диализате.

Проба на белок в диализируемой жидкости. С 10 каплями диализируемой жидкости проводят биуретовую реакцию, как указано выше. Образующееся красно-фиолетовое окрашивание свидетельствует о наличии белка в диализируемой жидкости.

Сделать выводы по работе.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое аминокислоты?
2. Физико-химические свойства аминокислот.
3. Биологическое значение аминокислот.
4. Классификация аминокислот.
5. Способы гомогенизации биологического материала.
6. Как осуществляется экстракция белков?
7. Методы фракционирования и очистки белков.
8. Очистка белков от низкомолекулярных примесей.
9. Теоретические основы хроматографического разделения аминокислот.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Тема: "ОБЩИЕ СВОЙСТВА ФЕРМЕНТОВ "

1. Теоретическая часть (коллоквиум).
 - 1.1. Ферменты и их классификация.
 - 1.2. Строение ферментов.
 - 1.3. Факторы, влияющие на скорость ферментативных реакций.
2. Практическая часть.
 - 2.1. Определение оптимальной температуры действия ферментов.
 - 2.2. Зависимость действия ферментов от реакции среды pH.
 - 2.3. Активирование и ингибирование амилазы.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Ферменты, или энзимы, представляют собой высокоспециализированный класс веществ белковой природы, используемый живыми организмами для осуществления многих тысяч взаимосвязанных химических реакций, включая синтез, распад и взаимопревращения огромного множества и разнообразия химических соединений.

При повышении температуры скорость ферментативных реакций возрастает так же, как и скорость большинства химических реакций: с ростом температуры на 10°C скорость реакции увеличивается в 2-4 раза. Но такое увеличение скоростей для ферментативных наблюдается в узком интервале температур. Температура, при которой отмечается максимальная скорость реакции, называется оптимальной и для большинства ферментов животного происхождения, она находится в пределах $37-40^{\circ}\text{C}$. После достижения оптимальной температуры скорость большинства ферментативных процессов начинает падать и при 100°C все ферменты теряют каталитические свойства. Это объясняется тепловой денатурацией белковой молекулы фермента.

Скорость ферментативных реакций зависит от содержания водородионов в среде. Концентрация ионов водорода, при которой наблюдается максимальная скорость реакции, называется оптимальной (оптимум pH). При небольшом отклонении от оптимума pH скорость ферментативной реакции замедляется, при резком отклонении - реакция прекращается полностью.

Влияние pH на активность ферментов объясняется тем, что белковая молекула фермента является амфотерным электролитом, каталитический эффект которого зависит от степени ионизации функциональных групп, которые входят в активный центр.

2. ТЕХНИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕЙСТВИЯ ФЕРМЕНТОВ

В 4 пробирки (1,2,3,4) вносят по 10 капель 0,5%-го раствора крахмала. В 4 другие пробирки (5,6,7,8) вносят по 10 капель разведенной в 10 раз слюны.

Пробирки 1 и 5 помещают на 10 мин в лед, 2и 6 оставляют при комнатной температуре, 3 и 7 ставят в термостат при температуре 37 °С, 4 и 8 - в кипящую воду.

Через 10 мин сливают вместе (попарно) содержимое пробирок, тщательно перемешивают и оставляют стоять 10 мин. Затем из каждой пробирки отбирают несколько капель (3-5) жидкости и проделывают на стекле реакцию с йодом (J₂ в КJ).

Если окраска получается синей, оставляют раствор еще на 10 мин и после этого повторяют реакцию с йодом на стекле до появления красновато-оранжевой окраски.

Полученные результаты занести в табл.3.1.

Таблица 3.1.

Номер пробирок	Температура, °С	Окраска с йодом
1 и 5	0	
2 и 6	20	
3 и 7	37	
4 и 8	100	

3.2. ЗАВИСИМОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ФЕРМЕНТОВ ОТ РЕАКЦИИ СРЕДЫ pH

Готовят 5 буферных растворов с pH от 5,5 до 7,8. К 10 мл приготовленных смесей добавляют по 1 мл слюны, разбавленной водой в 100 раз и 1 мл крахмала. Содержимое пробирок тщательно перемешивают и ставят в термостат при 37 °С на 10 мин. После чего из пробирки 3 отбирают несколько капель жидкости и на стекле смешивают с J₂ в К J. Если получается синее окрашивание, то реакцию с йодом повторяют каждые 5 мин до тех пор, пока не будет красного или оранжевого окрашивания, которое указывает на близкое завершение гидролиза. Через 2-3 мин после появления подобной окраски все пробирки вынимают из термостата и помещают в стакан со льдом. После этого быстро добавляют в каждую пробирку по 2-3 капли раствора иода, перемешивают и отмечают окраску. Оптимальная pH для амилазы слюны будет в той пробирке, в которой крахмал полностью расщепился (при реакции с йодом окраска будет желтой). Фиолетовое, красно-фиолетовое и бурое окрашивание показывает меньшую степень расщепления крахмала.

Результаты опыта занести в табл. 3.2.

Таблица 3.2.

Номер пробирок	pH среды	Количество 0,5%-го раствора крахмала, мл	Количество слюны, 1:100, мл	Окраска с йодом
1	5,6	1	1	
2	6,4	1	1	
3	6,8	1	1	
4	7,2	1	1	
5	7,8	1	1	

3.3. АКТИВАЦИЯ И ИНГИБИРОВАНИЕ АМИЛАЗЫ

В две пробирки вносят по 1 мл раствора хлорида натрия, сульфата меди, а 3 пробирку - дистиллированную воду. Во все пробирки добавляют по 2 мл раствора крахмала и по 1 мл раствора разбавленной слюны. Все пробирки одновременно помещают в водяную баню при 38 °С.

Через 10-15 мин все пробирки одновременно охлаждают под струей воды и помещают в стакан со льдом (ледяной водой). Во все пробирки добавляют раствор иода. По окраске судят о скорости гидролиза крахмала.

По работе делают вывод о факторах, влияющих на скорость ферментативных реакций, о том, что является активаторами и ингибиторами ферментов.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие вещества называются ферментами? Их химическая природа.
2. Различие в действии ферментов и неорганических катализаторов.
3. Какие известны общие свойства ферментов и факторы, влияющие на скорость ферментативных реакций?
4. Какие существуют теории, объясняющие механизм действия ферментов?
5. Какие активаторы и ингибиторы ферментов известны?
6. Какие существуют способы выделения и очистки ферментов?
7. Строение ферментов.
8. Что представляет собой активный центр ферментов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Тема: " ЛИПИДЫ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ"

1. Теоретическая часть (коллоквиум)

1. Химический состав и классификация липидов
2. Характеристика жирно-кислотного состава липидов
3. Свойства жиров
4. Физико-химические показатели (константы) жиров

2. Практическая часть

Определить степень ненасыщенности различных жиров

Определить вязкость и коэффициент преломления растительного масла при его хранении и нагревании

Определить кислотное число растительного масла при его хранении и нагревании

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

Липидами называются природные органические вещества, общими свойствами которых являются их гидрофобность и нерастворимость в воде, но все они

растворяются в органических растворителях – хлороформе, ацетоне, бензине, спирт, толуоле и др.

В состав липидов входят вещества разного химического строения, и вследствие этого многообразия все еще не выработано общепринятой классификации этого класса соединений.

По химическому строению липиды обычно делят на 3 большие группы: *простые, сложные и ароматические*. Молекулы *простых* липидов состоят только из остатков жирных кислот и спиртов, это в основном триглицериды (жиры) и другие нейтральные липиды. В отличие от простых липидов *сложные* липиды кроме углерода, кислорода и водорода содержат в своем составе азот и фосфор; важнейшими представителями сложных липидов являются фосфолипиды, гликолипиды и липопротеиды. Третью группу липидов составляют *ароматические* липиды. Их еще называют стероидами. Они являются производными продукта конденсации полностью гидрированного фенантрена и циклопентана (циклопентанпергидрофенантрена). В состав стероидов входят стерины и стериды, типичный представитель стеринов – холестерин.

По отношению к щелочам липиды делят на 2 группы: *омыляемые*, которые при взаимодействии с щелочами гидролизуются, отщепляя жирные кислоты и образуя соли высокомолекулярных жирных кислот – мыла, и *неомыляемые*, которые не содержат жирнокислотных остатков, соединенных эфирной связью, и поэтому при контакте с щелочами не гидролизуются и не образуют мыл. К омыляемым липидам относятся, простые и сложные липиды, к неомыляемым – жирорастворимые пигменты, витамины, ароматические липиды.

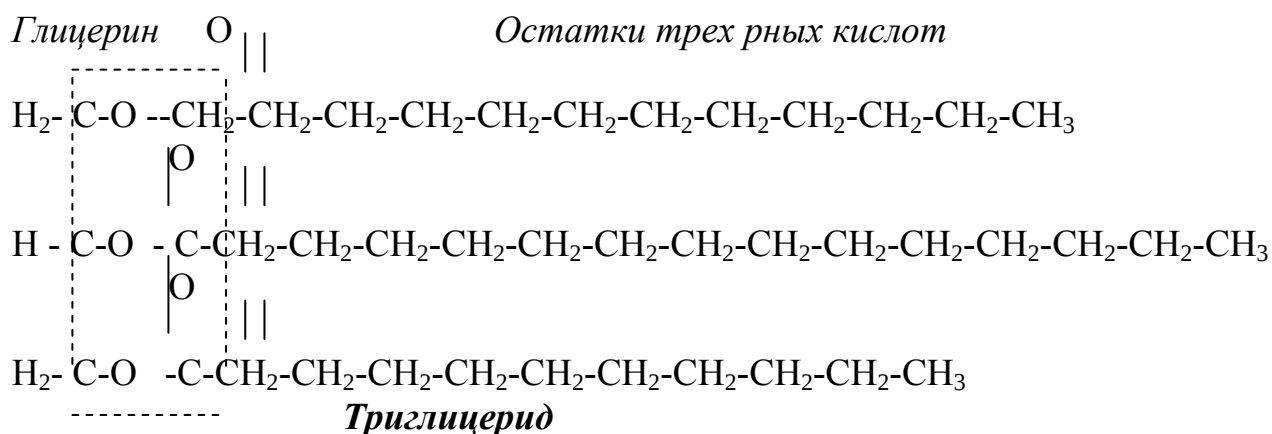
Наиболее употребительным является деление липидов на *жиры и жироподобные вещества – липоиды*.

Липоиды. К жироподобным веществам – *липоидам* относятся фосфолипиды, гликолипиды, стероиды и воска. *Фосфолипиды (фосфатиды, фосфоглицериды)*, как и жиры, являются сложными эфирами и состоят из глицерина, двух молекул жирных кислот, фосфорной кислоты и спиртового компонента. Фосфолипиды – дифильные соединения. Та часть молекулы, которая состоит из остатков жирных кислот – гидрофобная, другая часть молекулы, состоящая из глицерина, фосфорной кислоты и спиртового компонента, способна к ионизации и легко растворяется в воде – она гидрофильна. Поэтому фосфолипиды называют полярными липидами в отличие от жиров – триглицеридов, которые называют неполярными. Фосфолипиды входят в состав почти всех тканей, участвуют в формировании клеточных и внутриклеточных мембран.

Стероиды находятся в жирах в виде *стеринов* – высокомолекулярных гидроароматических спиртов и их эфиров, называемых *стеридами*. Стерины животных называются зоостеринами, а растений – фитостеринами.

Воска. Эта группа жироподобных веществ, представляющая собой по химическому строению сложные эфиры высших жирных кислот и высокомолекулярных одноатомных спиртов. Все воска в обычных условиях твердые и растворяются, как и жиры, в органических растворителях. Воска в растениях и животных выполняют в основном защитную функцию.

Жиры – это сложные эфиры трехатомного спирта глицерина и жирных кислот, называемые глицеридами:



По происхождению жиры делят на растительные (масла) и животные. В составе природных жиров найдено несколько десятков различных жирных кислот. Среди них большая доля принадлежит высшим жирным монокарбоновым кислотам, т.е. кислотам с числом углеродных атомов в молекуле, равным 16 и более. Низкомолекулярные жирные кислоты в меньшей степени участвуют в образовании жиров.

Высшие жирные кислоты, обнаруживаемые в составе глицеридов, разделяются на 2 группы: насыщенные и ненасыщенные (углеводородная цепь которых содержит одну или несколько двойных связей). Для большинства жиров пищевых продуктов характерно наличие разнокислотных триглицеридов, содержащих в молекуле две или три различные жирные кислоты. Однокислотные жиры встречаются реже, чем разнокислотные. В природе известно около 70 различных жирных кислот, но наиболее часто в жирах встречаются: из насыщенных – пальмитиновая, стеариновая; из ненасыщенных – олеиновая, линолевая, линоленовая, арахидоновая.

Жиры различного происхождения отличаются друг от друга по составу жирных кислот. В растительных жирах в основном содержатся ненасыщенные жирные кислоты, а в животных преобладают насыщенные. Свойства жиров в основном обусловлены свойствами жирных кислот. Так, преобладание насыщенных или ненасыщенных жирных кислот оказывает существенное влияние на температуру плавления жиров. Она повышается с увеличением числа и длины насыщенных жирных кислот. Чем выше температура плавления жира, тем он труднее усваивается. Чем больше в жире непредельных (ненасыщенных) жирных кислот и чем больше степень непредельности (число двойных связей), тем ниже температура плавления жира, поэтому растительные масла остаются жидкими даже при температурах, близких к 0°C и ниже.

Физические свойства жиров. Жиры легче воды и нерастворимы в ней вследствие своей неполярности, но растворимы в органических растворителях. С водой жиры в присутствии слабых щелочей, белков и других коллоидов могут образовывать эмульсии, т.е. распределяться в воде в виде мельчайших капелек (например, в молоке), или. Наоборот, мельчайшие капельки воды распределяются в жире. Это свойство жиров используется в производстве маргарина, майонеза, кремов, а также

иметь большое значение для усвоения жиров. Жиры нелетучи, но при сильном нагревании (240-250 °C) разлагаются с образованием летучих сильно пахнущих веществ, среди которых альдегид акролеин имеет очень неприятный запах и горький вкус.

Из химических свойств наиболее важными для пищевых жиров являются гидролиз, и окисление и гидрогенизация (восстановление).

В процессе гидролиза жиры расщепляются на глицерин свободные жирные кислоты. Важное значение при гидролизе имеет присутствие воды, так как она принимает непосредственное участие в реакции. Гидролиз жиров ускоряется под действием содержащихся в них ферментов липаз, при повышении температуры. Едкие щелочи (NaOH и KOH) также вызывают гидролиз жиров. Этот процесс называют *омылением*.

В процессе хранения жиры могут подвергаться прогорканию, вызванному их *окислением*. Окисление жиров действием кислорода воздуха без участия ферментов называют *автоокислением* (самоокислением). Начинается это изменение жиров с образования перекисных соединений в результате окисления кислородом воздуха непредельных жирных кислот. Затем в результате вторичных реакций окисления перекисных соединений накапливаются альдегиды, кетоны, низкомолекулярные кислоты и другие вещества, придающие жиру горький вкус. Окислительное прогоркание жиров ускоряется в присутствии даже небольшого количества влаги, света, при повышенной температуре. Скорость окисления возрастает с увеличением числа двойных связей в молекуле жирных кислот, в присутствии катализаторов – следов металла (меди, железа). Окисление жиров может протекать и с участием ферментов, например, окисление маргарина, сливочного масла при поражении плесенью. Окислительное прогоркание – самый распространенный вид порчи жиров. При этом в жирах не только ухудшаются органолептические свойства, но и снижается их биологическая ценность за счет уменьшения содержания незаменимых полиненасыщенных жирных кислот (линолевой, линоленовой, арахидоновой).

Гидрогенизация. Жиры, содержащие непредельные жирные кислоты, способны присоединять водород по месту двойных связей. Процесс присоединения жирами водорода называется *гидрогенизацией*. В результате непредельные жирные кислоты превращаются в предельные, а жиры из жидких – в твердые. Гидрогенизированный жир является основным сырьем для изготовления маргарина и кулинарных жиров.

Физико-химические показатели жиров. Жиры характеризуются некоторыми общими физико-химическими показателями, к которым относятся плотность, температуры плавления и застывания, коэффициент преломления, вязкость, кислотное число, число омыления, йодное число и др. сопоставление полученных при анализе физико-химических показателей позволяет установить природу и качество жира.

Кислотное число показывает сколько мг едкого калия требуется для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира. Свободные жирные кислоты накапливаются в жире при его гидролизе. Чем более благоприятны и продолжительны условия хранения, тем больше накапливается свободных жирных кислот. Кислотное число характеризует свежесть и доброкачественность жира и богатых жиром пищевых продуктов.

Число омыления характеризуется количеством мг едкого калия, необходимого для нейтрализации как свободных, так и связанных жирных кислот, содержащихся в 1г жира. Высокое число омыления указывает на присутствие в жире низкомолекулярных кислот.

Йодное число показывает количество г йода, которое может присоединиться к 100 г жира. Йод, как известно, может вступать в реакцию с непредельными жирными кислотами, присоединяясь к ним по месту двойных связей. Чем больше ненасыщенных жирных кислот содержится в молекуле жира, тем большее количество йода он может связать. Чем выше йодное число, тем жир легче окисляется и менее устойчив при хранении.

ТЕХНИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. СРАВНЕНИЕ НЕНАСЫЩЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ЖИРОВ

Оборудование, реактивы. Весы теххимические; микробюретка; пробирки стеклянные химические; пипетки; хлороформ; йод (0,001 н) в хлороформе.

Объекты исследования. Различные жиры: коровье масло, свиное сало, растительное масло, маргарин.

Отвесить в пробирки по 0,5 г различных жиров (свиное сало, коровье масло, маргарин, подсолнечное масло). Растворить каждый жир в 3 мл хлороформа и титровать из микробюретки 0,001 н раствором йода в хлороформе до отчетливо розовой окраски. Записать объем раствора йода, пошедший на насыщение каждого вида жира. Результаты опытов внести в таблицу.

Таблица 2.1

Вид жира	Объем 0,001 н йода в хлороформе, пошедший на титрование
Сливочное масло	
Свиное сало	
Подсолнечное масло	
Маргарин	

Сделать выводы о степени насыщенности различных жиров, расположить исследованные жиры по убывающей степени насыщенности.

2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИРА.

Оборудование, реактивы. Рефрактометр, секундомер, вискозиметр капиллярный, весы теххимические, конические колбы на 250 мл, микробюретка; нейтральная смесь этилового спирта и этилового эфира в соотношении 1:2, 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина, 0,1 н раствор гидрата окиси натрия.

Объекты исследования. Свежее (рафинированное или нерафинированное) растительное масло; масло, подвергнутое длительному хранению; масло, прогретое в течение 2, 4, 6, 8 и 12 часов.

Определение вязкости и коэффициента преломления свежего, хранившегося и прогретого образцов растительного масла. Вязкость масла определить с помощью капиллярного вискозиметра при температуре 20 °С. После исследования каждого образца масло из вискозиметра вылить, промыть прибор органическим

растворителем (с растворителем работать под тягой) и просушить в сушильном шкафу.

Коэффициент преломления образцов масла определить в рефрактометре с точностью до 0,0002. После совмещения границы раздела света и тени с перекрестием сетки отсчитать по шкале целые, десятые, сотые и тысячные доли значения показателя преломления, десятитысячные доли оценить на глаз.

Замер провести 2-3 раза и подсчитать среднее арифметическое значение.

Определение кислотного числа. Накопление свободных жирных кислот при термическом окислении масла контролируют, определяя его кислотное число.

В коническую колбу вместимостью 250 мл отвесить на теххимических весах 3-5 г жира, прилить 50 мл нейтральной смеси этилового спирта и этилового эфира, перемешать до полного растворения жира и добавит 3-4 капли 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина. Если масло темное, то вместо фенолфталеина следует добавить 2 мл 1 %-ного раствора тимолфталеина. Раствор масла быстро оттитровать из микробюретки 0,1 н водным раствором гидрата окиси калия или натрия до появления слабо-розовой окраски, устойчивой в течение 30 секунд, если в качестве индикатора использовался фенолфталеин, или синей – при использовании тимолфталеина.

Кислотное число вычисляют по формуле:

$$K.ч. = \frac{5,611 \cdot k \cdot b}{a},$$

где b – количество 0,1 н раствора КОН или NaOH, израсходованного на титрование, мл;

k – поправка к титру раствора КОН или NaOH ;

5,611 – титр точно 0,1 н раствора КОН или NaOH;

a – навеска жира в г.

Результаты исследований свести в таблицу 2.2.

Таблица 2.2

Образцы масел	Физические показатели		Химические показатели
	вязкость	Коэффициент преломления	Кислотное число

Сделать выводы:

- 1) о зависимости вязкости и коэффициента преломления растительного масла от продолжительности его хранения и нагревания;
- 2) о зависимости кислотного числа растительного масла от продолжительности его хранения и нагревания;

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Что такое липиды?
2. На какие виды подразделяются липиды?
3. Каков химический состав и строение жиров?
4. Какие виды жиров вы знаете?

5. Каковы физические и химические свойства жиров?
6. Какие изменения претерпевают жиры пищевых продуктов при хранении и термической обработке?
7. Каков механизм автоокисления жиров?
8. Что происходит с жирами при взаимодействии с водой при хранении и 9. гидротермической обработке?
9. Какие физические показатели качества жиров вы знаете и как они изменяются в процессе хранения и термической обработки?
10. Какие химические показатели (константы) жира вы знаете и как они изменяются при хранении и термической обработке?
11. Что понимают под биологической ценностью жира и как она изменяется в процессе хранения и термической обработки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Тема: «КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВИТАМИНОВ»

1. Теоретическая часть (коллоквиум).

1.1. Принципы работы фотоэлектрокolorиметра.

1.2. Биологическая роль каротинов.

1.3. Биологическая роль витамина С.

2. Практическая часть.

2.1. Изучение свойств и методы количественного определения каротинов.

2.2. Определение количества витамина С и изучение его свойств.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

Фотоколориметрическим или фотоэлектрокolorиметрическим называется метод, основанный на фотометрировании (измерении) количества света, прошедшего через окрашенный раствор с помощью фотоэлементов. Под воздействием света в фотоэлементе возникает электрический ток, пропорциональный интенсивности освещения. Сила тока измеряется чувствительным прибором – гальванометром, по показаниям которого находят концентрацию определяемого вещества в растворе.

Фотоэлементом называется прибор, в котором световая энергия превращается в электрическую. Работа фотоэлемента основана на явлении фотоэффекта – отрыве электронов от атомов вещества под влияние освещения.

В связи с тем, что между интенсивностью светового потока и силой электрического тока, развиваемого фотоэлементом, существует прямая пропорциональность, фотоэлектрокolorиметрический метод подчиняется тем же закономерностям, которые лежат в основе фотометрии.

Сущность работы фотоколориметра прямого действия заключается в следующем: на пути светового потока помещают светофильтр и кюветы с окрашенным раствором. Из раствора свет попадает на фотоэлемент, в котором возникает соответствующая сила тока, измеряемая гальванометром. По показаниям шкалы гальванометра, пользуясь калибровочной кривой, находят содержание вещества в растворе. Схема отличается простотой, но интенсивность освещенности зависит от колебаний напряжения в сети переменного тока.

Основными параметрами всех фотометрических определений являются длина волны λ , при которой производится измерение оптической плотности, величина оптической плотности D_λ , толщина слоя образца l , концентрация раствора C . Калибровочный график представляет собой график зависимости оптической плотности (D_λ) от концентрации исследуемого раствора (C).

Данный метод можно использовать для анализа только оптически прозрачных жидких сред.

В настоящей работе с помощью фотоколориметра проводится количественный анализ каротинов в спиртовом экстракте красного перца.

Витамин С (антикорбутный витамин) представляет собой аскорбиновую кислоту. Характерным свойством аскорбиновой кислоты является ее способность к окислению. Она окисляется в дегидроаскорбиновую кислоту, которая в свою очередь может быть снова восстановлена в аскорбиновую кислоту.

Способность витамина С к окислению используется для его количественного определения. Он может восстанавливать 2,6- дихлорфенолиндофенол, превращая его в бесцветное соединение.

В нейтральной и щелочной среде водный раствор натриевой соли 2,6-дихлорфенолиндофенола окрашен в синий, в кислой среде- имеет розовую окраску при рН 4,0-5,0- в фиолетовую.

2.ТЕХНИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

2.1.КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАРОТИНОВ.

В колбу с притертой пробкой на 250 мл вносят 1 г воздушно-сухого красного перца, предварительно тонко измельченного, добавляют 200 мл петролейного эфира и проводят экстракцию в течение 24 часов.

Окрашенный в желтый цвет эфир отфильтровывается в мерный цилиндр. После этого определяют интенсивность окраски полученного раствора на фотоэлектроколориметре, предварительно построив калибровочный график.

Построение калибровочного графика.

В мерную колбу на 1л помещают 0,72 чистых кристаллов $K_2Cr_2O_7$. Раствор тщательно взбалтывают и оставляют на сутки в темном месте. Шкалу готовят только на следующий день согласно нижеприведенной таблице. После этого определяют интенсивность окраски полученного раствора путем определения оптической плотности на фотоэлектроколориметре и строят калибровочный график на миллиметровой бумаге.

Цветная колориметрическая шкала.

№ пробирки	Кол-во основного раствора, мл	Кол-во воды, мл	Кол-во каротина, мг/мл	№ пробирки	Кол-во основного раствора, мл	Кол-во воды, мл	Кол-во каротина, мг/мл
1	2	3	4	5	6	7	8
1	10,0	0,0	0,004160	11	5,0	5,0	0,002080
2	9,5	0,5	0,003959	12	4,5	5,5	0,001872
3	9,0	1,0	0,003744	13	4,0	6,0	0,001664

4	8,5	1,5	0,003536	14	3,5	6,5	0,001456
5	8,0	2,0	0,003328	15	3,0	7,0	0,001248
1	2	3	4	5	6	7	8
6	7,5	2,5	0,003120	16	2,5	7,5	0,001040
7	7,0	3,0	0,002912	17	2,0	8,0	0,000832
8	6,5	3,5	0,002704	18	1,5	8,5	0,000624
9	6,0	4,0	0,002406	19	1,0	9,0	0,000415
10	5,5	4,5	0,002288	20	0,5	9,5	0,000208

Содержание каротина (мг%) вычисляют по формуле:

$C = (0,00416 \cdot A \cdot K \cdot 100) / (P \cdot M)$, где

A – величина оптической плотности испытуемого раствора;

K – объем эфирного экстракта, мл;

P – величина оптической плотности стандартного раствора;

M – количество экстракта красного перца, взятого для анализа, мл;

0,00416 – количество каротина в 1 мл стандартного раствора, мг.

2.2.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИТАМИНА С

К 50 мл. молока приливают 4 мл насыщенного раствора щавелевой кислоты. После взбалтывания приливают 10 мл. насыщенного раствора хлористого натрия, перемешивают и фильтруют. 25 мл. фильтра переносят в коническую колбу и титруют из микробюретки 0,001 N раствором 2,6- дихлорфенолиндофенола до розового окрашивания, не исчезающего в течение 30 секунд. Если в результате фильтрования параллельных проб не совпадают производят еще титрование двух проб.

1 мл. 0,001 N раствором 2,6- дихлорфенолиндофенола соответствует 0,088 мг. аскорбиновой кислоты.

3. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Работы с концентрированными растворами кислот и щелочей проводить в вытяжном шкафу при включенной вентиляции.

Соблюдать правила работы с электроприборами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Теоретические основы и принцип работы фотэлектроколориметра.
2. Какие свойства аскорбиновой кислоты и 2,6- дихлорфенолиндофенола лежат в основе количественного определения витамина С?
3. Почему титрование Витамина С в кислой среде?
4. Какие продукты образуются при окислении витамина С?

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Терещук, Л.В. Пищевая химия: учебное пособие: [16+] / Л.В. Терещук, К.В. Старовойтова; Кемеровский государственный университет. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2020. – 126 с.
2. Химия пищи: учебное пособие: [16+] / Е.В. Никитина, С.Н. Киямова, С.В. Китаевская, О.А. Решетник; Казанский государственный технологический университет. – Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2011. – 146 с.

Дополнительная литература

1. Крахмалева, Т. Пищевая химия: учебное пособие / Т. Крахмалева, Э. Манеева; Оренбургский государственный университет. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2012. – 154 с.
2. Каменская, Е.Н. Химические негативные факторы в системе «человек – среда обитания»: учебное пособие / Е.Н. Каменская, М.С. Свирепова; Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Южный федеральный университет, 2016. – 74 с.
3. Корнеева, Т.А. Основы рационального питания: учебное пособие: [16+] / Т.А. Корнеева, Е.Э. Седова; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 72 с.
4. Васюкова, А.Т. Организация производства и обслуживания на предприятиях общественного питания / А.Т. Васюкова, Т.Р. Любецкая; под ред. А.Т. Васюковой. – Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2018. – 416 с.: ил. – ISBN 978-5-394-02181-7.
5. Измерительные методы контроля показателей качества и безопасности продуктов питания / В.В. Шевченко, А.А. Вытовтов, Л.П. Нилова, Е.Н. Карасева – СПб.: «Троицкий мост», 2009. Ч.1. Продукты растительного происхождения – 198 с. Ч.2. Продукты животного происхождения – 304 с. ISBN: 978-5-604406-02-8.
6. Смирнова, И.Р. Контроль качества сырья и готовой продукции на предприятиях индустрии питания: учебное пособие / И.Р. Смирнова, Т.Л. Дудник, С.В. Сивченко. – М.: Логос, 2014. – 152 с.: табл., схем, ил. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-98704-779-8