



У.С. Ооржак

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Кызыл
2018

ТУВИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Часть 2

Учебно-методическое пособие

Кызыл
2018

УДК: 557.1(075.8)

ББК: 28.072я73

Б63

Печатается по решению Учебно-методического совета
Тувинского государственного университета.

Рецензенты

Ооржак А.В., к.б.н., доцент кафедры общей биологии

Куликова М.П., к.х.н., с.н.с. ТувИКОПР СО РАН

Биологическая химия. Часть 2: учебно-методическое пособие / сост. Ооржак У.С., Кашкак Е.С., Монгуш О.М. – Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2018. – 93 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов при выполнении лабораторно-практических занятий по дисциплинам «Биологическая химия» и «Химические основы биологических процессов». Содержит методические рекомендации, которые ориентируют студентов на самоподготовку к практическим и лабораторным занятиям. Контрольные вопросы, задания и упражнения позволяют закрепить теоретические знания. Для контроля освоения теоретического материала и оценки знаний предлагается комплекс тестовых заданий по всем разделам дисциплины.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Основные положения биоэнергетики	6
1.1. Сопряженность синтеза АТФ с окислительно-восстановительными реакциями	6
Контрольные вопросы.....	7
1.2. Качественное и количественное определение минеральных элементов	8
Контрольные вопросы.....	13
Задания для самостоятельной работы	14
2. Ферменты.....	18
2.1. Качественные реакции на ферменты	18
2.2. Изучение свойств ферментов	22
Контрольные вопросы.....	24
Задания для самостоятельной работы	25
3. Нуклеиновые кислоты	28
3.1. Свойства нуклеопротеидов.....	28
Контрольные вопросы.....	31
Задания для самостоятельной работы	31
4. Аминокислоты, белки.....	32
4.1. Качественные реакции на аминокислоты	32
4.2. Качественные реакции на белки	38
4.3. Свойства белков.....	47
Контрольные вопросы.....	51
Задания для самостоятельной работы	52
5. Углеводы	54
5.1. Качественные реакции на углеводы	54
Контрольные вопросы.....	60
Задания для самостоятельной работы	60
6. Липиды	63
6.1. Определение констант жиров.....	63
Контрольные вопросы.....	66
Задания для самостоятельной работы	66
7. Тестовые задания по всем разделам	68
Список литературы.....	91

ВВЕДЕНИЕ

Основной целью дисциплин «Биологическая химия» и «Химические основы биологических процессов» является формирование у студентов правильного представления об основных химических компонентах клетки, молекулярных основах ферментативного катализа, метаболических процессах, современном состоянии вопросов взаимосвязи структуры и свойств важнейших типов биомолекул (нуклеиновых кислот, аминокислот, углеводов и липидов) и их биологических функций в организме.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- молекулярные механизмы биологических процессов, протекающих в организме;
- структурную организацию и свойства основных классов биомолекул;
- основные метаболические пути превращения;
- механизмы передачи и реализации генетической информации при синтезе ДНК, РНК, белков;
- механизмы извлечения и использования энергии организмом.

Уметь:

- используя теоретические знания о биохимических процессах, лежащих в основе жизнедеятельности, анализировать состояние организма человека,
- прогнозировать возможности развития заболеваний, используя знания о биохимических механизмах их развития.

Владеть:

- теоретическими навыками, объясняющими молекулярные механизмы физиологических функций организма человека, основные закономерности метаболических процессов, протекающих в живых организмах;
- лабораторными методами биохимического анализа.

Одним из основных факторов качественной подготовки будущих специалистов является самостоятельная работа студентов. Она направлена как на закрепление полученных знаний и формирование глубоких знаний по предмету, так и на

привитие потребности к самообразованию и повышение познавательной творческой активности в подготовке к профессии.

Для успешного закрепления и качественного усвоения студентами материала, в учебно-методическом пособии приведены прописи лабораторных занятий, контрольные вопросы, упражнения и задачи, тестовые задания, а также методические указания для организации самостоятельной работы, используемые при контроле знаний студентов по дисциплине.

Учебно-методическое пособие предназначено для организации самостоятельной работы бакалавров на лабораторно-практических занятиях, а также для самоподготовки к освоению основных разделов дисциплины. Для удобства усвоения теоретический материал дисциплины разбит на шесть разделов. При самоподготовке лучше сначала ознакомиться с содержанием упражнений и заданий, далее изучить материал по лекциям, учебнику и другим учебным пособиям, а затем попытаться ответить на контрольные вопросы и выполнить упражнения, задания для самостоятельной работы. Необходимая литература представлена в конце пособия.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ

1.1. Сопряженность синтеза АТФ с окислительно-восстановительными реакциями

Клеточное или тканевое дыхание — совокупность биохимических реакций, протекающих в клетках живых организмов, в ходе которых происходит окисление углеводов, липидов и аминокислот до углекислого газа и воды. Высвобожденная энергия запасается в химических связях макроэргических соединений (АТФ и др.) и может быть использована по мере необходимости.

В процессе дыхания происходит сопряженный процесс с окислительно-восстановительными реакциями синтеза АТФ. На первых двух стадиях дыхания – в гликолизе и цикле Кребса – синтез АТФ прочно связан с окислением субстрата и протекает по механизму субстратного фосфорилирования. Однако эти две стадии малоэффективны в отношении образования АТФ (4 моля АТФ на 1 моль глюкозы). Наиболее «энергояющей» стадией дыхания является работа электрон-транспортной цепи (ЭТЦ) митохондрий и сопряженный с ней синтез АТФ [5].

Синтез АТФ, сопряженный с работой ЭТЦ, называют окислительным фосфорилированием в дыхательной цепи.

Такая опосредованная связь синтеза АТФ с окислительно-восстановительными реакциями в ЭТЦ приводит к возможности разобщения переноса электронов от восстановителей (НАД-Н и ФАД-Н₂) на кислород от процессов синтеза АТФ. При этом поток электронов в ЭТЦ и поглощение кислорода растениями не связан с синтезом АТФ.

Такой поток электронов называют разобщенным в противоположность потоку электронов, связанному с синтезом АТФ и называемому сопряженным [10].

Опыт 1. Влияние динитрофенола на поступление воды в ткань клубня картофеля

Разобщение потока электронов и синтеза АТФ может быть достигнуто искусственно, при использовании специфических веществ – разобщителей. Одним из разобщителей, эффективно

влияющих на систему сопряжения митохондрий, является 2,4-динитрофенол (ДНФ) который, не изменяя или даже усиливая дыхание, разобщает процессы окисления и фосфорилирования в митохондриях [10].

В результате снижается или прекращается новообразование АТФ, что приводит к подавлению процессов, зависящих от энергии дыхания. Нарушается также структура и избирательная проницаемость мембран, для поддержания которой необходима затрата энергии дыхания. Эти изменения приводят к снижению способности клеток поглощать и удерживать воду [5].

Ход работы: Из клубня картофеля нарезают ножом 8 пластинок длиной около 1,5 см и толщиной 2-3 мм. Разделяют их на две части, каждую взвешивают и помещают отдельно в бюкс. Одну часть пластинок заливают по 15 мл водопроводной воды, другую 15 мл насыщенного раствора динитрофенола и оставляют при комнатной температуре на 1,5-2 часа. Затем пластинки вынимают, просушивают, снова взвешивают.

Результаты заносят в таблицу:

№	Контрольный Масса пластинки, г			№	Опытный Масса пластинки с ДНФ, г		
	до опыта, г	после опыта, г	масса воды, г		до опыта, г	после опыта, г	масса воды, г
1				5			
2				6			
3				7			
4				8			

Рассчитывают, сколько проникло воды в пластинки в каждом варианте опыта, и на основании полученных данных делают вывод о влиянии динитрофенола на поступление воды в ткань клубня картофеля.

Контрольные вопросы:

1. Дайте характеристику ферментов-оксиредуктаз. Приведите их классификацию.

2. Покажите строение НАД, НАДФ, ФАД, ФМН. Объясните механизм передачи протонов и электронов.
3. Какую роль выполняют цитохромы? Какие виды цитохромов существуют?
4. Каким образом осуществляется передача протонов и электронов по ЭТЦ?
5. Что такое окислительное фосфорилирование и субстратное фосфорилирование?
6. Как происходит транспорт частиц в митохондрии?
7. Что такое прямое окисление?
8. Какую роль выполняют ферменты-оксигеназы? Дайте их характеристику.

1.2. Качественное и количественное определение минеральных элементов

В животных организмах минеральные вещества входят в состав структурных элементов клеток и тканей тела. Они активируют ряд ферментных систем, являющихся необходимой составной частью всех биологических жидкостей и обеспечивают нормальную жизнедеятельность всех тканей и органов [5].

Минеральные вещества в организмах, делят на макроэлементы и микроэлементы. В организме животных они выполняют многообразные функции:

Элемент	Функция (суточная потребность)	Симптомы недостаточности	Основные источники
Кальций	Укрепляет кости, участвует в передаче нервных импульсов, сокращении мышц и свертывании крови (800 мг)	Задержка роста, остеопороз, рахит.	Молочные продукты, молоко, мясо, яйца, рыба, бобовые, лук, зеленый
Фосфор	Регулирует энергетический обмен, участвует в построении костной ткани и зубов. (800 мг)	Остеопороз, слабость	Печень, мясо, яйца, рыба, сыр, молоко, творог, гречневая и овсяная крупы, бобовые, орехи

Магний	Важен при синтезе белков, влияет на работу нервной системы (350 мг)	Беспокойство, депрессия	Нежирное мясо, рыба, молоко, зелень, черника
Калий	Влияет на нервную и мышечную функции, сердцебиение (2 мг)	Мышечная слабость, сердечная аритмия	Бобовые, чеснок, картофель, редька, шпинат, кабачки, яблоки, виноград, мясо
Натрий	Регулирует водный и кислот-но-щелочной баланс, работу нервной системы (500 мг)	Мышечные судороги, потеря аппетита	Поваренная соль, помидоры, чеснок, кабачки, мандарины, мясо
Хлор	Обмен веществ, образование желудочного сока (750 мг)	Мышечные судороги, апатия	Поваренная соль, хлеб, молочные и мясные продукты
Селен	Влияет на синтез ферментов, препятствует росту раковых клеток	Ухудшение работы сердечной мышцы	Мясо, молоко, цельные зерна, морепродукты
Железо	Участвует в кроветворении, синтезе ферментов	Анемия	Печень, мясо, зерно-бобовые, зелень, яблоки, гранаты
Марганец	Участвует в синтезе жиров, в обмене сахара, влияет на усвоение сахара и фосфора.	Общая слабость	Растительные продукты, чай
Кобальт	Обмен веществ, входит в состав витамина В ₁₂ , (0,003 мг)	Неизвестно	Печень, почки, мясо, молочные продукты
Сера	Входит в состав гормонов, витаминов, хрящей, связок	Неизвестно	Рыба, молочные продукты, бобы

Йод	Участвует в синтезе гормонов щитовидной железы (0,12 – 0,15 мг)	Зоб, задержка психического развития детей	Рыба, моллюски, молочные продукты, овощи морская капуста
Медь	Участвует в метаболизме железа, синтезе белков (1,5 - 3 мг)	Задержка роста, анемия у детей	Морепродукты, моллюски и ракообразные, мясо
Фтор	Поддерживает здоровье костей и зубов (0,5 - 1 мг)	Кариес	Вода питьевая, молоко, морские продукты
Цинк	Обмен веществ, синтез белков, ферментов. Антиоксидант (15 мг)	Выпадение волос, понос, задержка роста и развития	Пшеница, рис нешлифованный, бобовые салат, лук, мясо печень, молоко, яйца

В основном макроэлементы используются для построения костной ткани (кальций, фосфор). Ионы натрия, калия, хлора являются осмотически активными для поддержания постоянного осмотического давления, как клеточного сока, так и межклеточного содержимого. Гидрокарбонат- и гидрофосфат-ионы играют очень важную роль в образовании буферной системы тканей и биологических жидкостей и способствуют сохранению на определенном уровне концентрации ионов водорода (pH).

От соотношения количества ионов зависит возбудимость и раздражимость живой клетки:

$$\frac{\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{OH}^-}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{H}^+}$$

Рост числителя этого соотношения приводит к увеличению раздражимости.

Минеральные соли всасываются в кишечнике. Многие ткани обладают способностью избирательно их задерживать. Например, хлористый натрий задерживается в коже, железо – в печени, кальций и фосфор в костной ткани.

Микроэлементы исчисляются десятитысячными, сотысячными и еще меньшими долями процента. Микроэлементы (медь, кобальт, цинк, иод, марганец, молибден

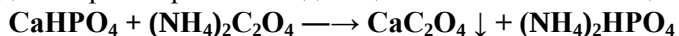
и др.) используются организмом для построения ферментов, витаминов, гормонов.

Опыт 1. Определение неорганических соединений в костной ткани

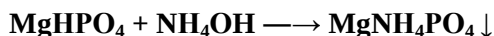
Кость является опорной тканью в организме человека и животных. В состав костной ткани входит вода (50 %), органические (28 %) и неорганические (22 %) вещества [8]. Органические вещества костной ткани, представлены в основном фибриллярным белком – коллагеном и цементирующими веществами (хондроитинсерная кислота). Основную массу всех неорганических веществ костной ткани составляет фосфорнокислый кальций (85 %) и углекислый кальций (10 %), фосфорнокислый магний (1,5 %), фтористый кальций (0,3 %). Минеральные вещества распределены в органическом веществе в виде тончайших включений. Клетки костной ткани (остеобласты) содержат высокоактивную фосфатазу, которая расщепляет органические фосфорные соединения (гексозофосфаты, глицерофосфат), доставляемые кровью к костной ткани. Таким образом, образуется фосфорная кислота, связывающая кальций в виде кристаллов фосфата кальция. Отложение минеральных веществ является результатом жизнедеятельности костной ткани.

Ход работы. В колбу помещают 5 г костной ткани, приливают 25 мл 0,5 %-ного раствора серной кислоты и оставляют на 24 часа. Неорганические вещества переходят в раствор.

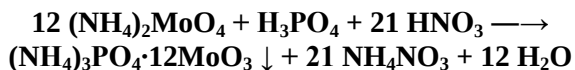
А. Открытие ионов кальция. Отфильтровывают 3-4 мл сернокислотной вытяжки в пробирку и добавляют к раствору 3-4 капли насыщенного раствора щавелевокислого аммония. Выпадает нерастворимый осадок щавелевокислого кальция:



Б. Открытие ионов магния. Жидкость, полученную при проведении реакции (А), фильтруют. К фильтрату после удаления кальция добавляют 3-4 капли концентрированного раствора аммиака. Выпадает осадок фосфорнокислого магний-аммония:



В. Открытие фосфорной кислоты. К сернокислотной вытяжке из косной ткани прибавляют 5-6 капель молибденового реактива и нагревают до кипения. Медленно образуется желтый кристаллический осадок фосфорномолибденовокислого аммония:



Опыт 2. Определение минеральных веществ в кожных смывах

Кожные покровы наряду с почками, легкими и кишечником относятся к органам выделения. Подсчитано, что ежедневно человек в норме выделяет 0,8-1,2 л пота. В жаркое время и при интенсивной физической работе эта величина может увеличиваться в 10 раз, достигая 15 л в сутки. Если учесть, что концентрация хлорида натрия в поте составляет 0,6-0,7 %, то через кожу человек выделяет ежедневно до 7 г этой соли. Эта величина сопоставима с выделением хлорида натрия через почки [8].

В поте содержатся также разнообразные органические вещества, такие как молочная, пропионовая, мочева кислоты, аммонийные соли, мочевины, различные аминокислоты и амины, глюкоза (при сахарном диабете уровень последней на коже повышается). Наличие в поте желчного пигмента (билирубина) говорит о проявлении болезни, называемой желтухой.

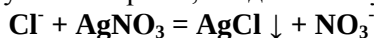
Ход работы. Материалом для анализа служат смывы с поверхности кожи. Удобнее всего производить смывы с концевых фаланг пальцев рук. В маленький химический стаканчик с 5-10 мл дистиллированной воды последовательно погружают и тщательно ополаскивают пальцы обеих рук. Можно также на горизонтально расположенную ладонь в ладонную ямку нанести 2-3 мл воды. Через некоторое время этот водный экстракт сливается в пробирку по кожной складке на мизиничной стороне. С полученным слегка мутноватым смывом выполняются следующие опыты.

А. Определение фосфатов-ионов. К 2 мл смыва добавить по 0,1 мл молибдатного реактива (2,5 %-ный раствор молибдата аммония в 5 М серной кислоте) и 0,5 %-ного раствора

аскорбиновой кислоты. Пробу перемешать и поставить в кипящую водяную баню на 10 минут. В присутствии фосфатов развивается синее окрашивание, интенсивность которого пропорциональна концентрации фосфата.

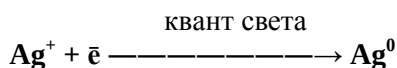
В крови человека неорганические фосфаты содержатся в количестве 30-60 мг на 1 л (фосфатный буфер). Ежедневно через почки выделяется до 0,6 г фосфатов, но, как видно из опыта, часть фосфатов выделяется и через кожу. Что касается фосфора, входящего в состав органических веществ (АТФ, креатинфосфат, фосфолипиды, фосфопротеины и др.), то его можно определять после гидролиза или минерализации органического материала.

Б. Определение хлорид-ионов. К 1-2 мл смыва добавить 1-2 капли 0,2 %-ного раствора нитрата серебра. Наблюдается нарастающее помутнение пробы, свидетельствующее о реакции:



Помутнение, может быть слабым, поэтому лучше параллельно поставить контрольную пробу (дистиллированная вода + нитрат серебра) и сравнить обе пробы.

Под действием органических компонентов кожного смыва происходит побочная фотохимическая реакция восстановления катионов серебра с образованием коллоидного раствора металлического серебра: раствор становится красно-коричневым:



Следовательно, обнаружение хлоридов желательно вести при слабом освещении.

Контрольные вопросы:

1. Кто впервые классифицировал минеральные элементы?
2. По каким признакам классифицируют минеральные элементы?
3. Каковы биологические функции минеральных веществ?
4. Каков состав костной ткани? Какие минеральные соли составляют основную массу неорганических веществ костной ткани?

5. Какими химическими реакциями обнаруживают ионы кальция, магния и фосфорную кислоту? Напишите уравнения соответствующих реакций.
6. На чем основано определение минеральных веществ в растительном материале?
7. Какие элементы присутствуют в растениях? Какие функции они выполняют?
8. Какое участие принимают минеральные вещества в формировании третичной и четвертичной структуры биополимеров?
9. Какое участие принимают минеральные вещества в ферментативном катализе?
10. Что обозначают понятия «внутриклеточная» и «внеклеточная» вода? Приведите примеры.
11. Что такое связанная вода? Приведите примеры связанной воды.
12. Перечислите функции воды в живых организмах.
13. Как происходит синтез эндогенной воды? Как происходит транспорт воды в клетках?

Задания для самостоятельной работы:

1. Охарактеризуйте I комплекс в цепи переноса электронов (название, компоненты, локализация, донор электронов, акцептор электронов).
2. Охарактеризуйте II комплекс в цепи переноса электронов (название, компоненты, локализация, донор электронов, акцептор электронов).
3. Охарактеризуйте III комплекс в цепи переноса электронов (название, компоненты, локализация, донор электронов, акцептор электронов).
4. Охарактеризуйте IV комплекс в цепи переноса электронов (название, компоненты, локализация, донор электронов, акцептор электронов).
5. Перечислите цитохромы, которые являются компонентами митохондриальной дыхательной цепи. Назовите класс белков, к которому они относятся и их простетическую группу.

6. Опишите функционирование H^+ -зависимой АТФ-азы. Укажите локализацию и источник энергии для работы H^+ -зависимой АТФ-азы.
7. Дайте определение понятия «протонный трансмембранный потенциал». Опишите процесс его образования (локализация, источник энергии, белки, участвующие в его создании).
8. Опишите механизм разобщения окисления и фосфорилирования, укажите последствия этого процесса в клетке. Приведите примеры веществ разобщителей окисления и фосфорилирования.
9. Дайте определение понятия «микросомальное окисление». Укажите локализацию процесса, субстратную специфичность и биологическую роль.
10. Представьте в виде схемы цепь переноса электронов от НАДФН к кислороду при микросомальном окислении. Укажите факторы, влияющие на количество цитохрома P_{450} в клетках печени.
11. Представьте в виде схемы превращение пирувата в ацетил-КоА. Рассчитайте выход АТФ при окислении восстановленных форм коферментов, образующихся в этом процессе, и коэффициент P/O.
12. Представьте в виде схемы превращение изоцитрата в сукцинил-КоА. Рассчитайте выход АТФ при окислении восстановленных форм коферментов, образующихся в этом процессе, и коэффициент P/O.
13. Представьте в виде схемы превращение α -кетоглутарата в фумарат. Рассчитайте выход АТФ при окислении восстановленных форм коферментов, образующихся в этом процессе, и коэффициент P/O.
14. Представьте в виде схемы превращение цитрата в сукцинат. Рассчитайте выход АТФ при окислении восстановленных форм коферментов, образующихся в этом процессе, и коэффициент P/O.
15. Представьте в виде схемы превращение сукцинил-КоА в малат. Рассчитайте выход АТФ при окислении восстановленных форм коферментов, образующихся в этом процессе, и коэффициент P/O.

16. Представьте в виде схемы превращение α -кетоглутарата в малат. Рассчитайте выход АТФ при окислении восстановленных форм коферментов, образующихся в этом процессе, и коэффициент P/O.
17. Представьте в виде схемы превращение изоцитрата в фумарат. Рассчитайте выход АТФ при окислении восстановленных форм коферментов, образующихся в этом процессе, и коэффициент P/O.
18. Представьте в виде схемы превращение сукцината в оксалоацетат. Рассчитайте выход АТФ при окислении восстановленных форм коферментов, образующихся в этом процессе, и коэффициент P/O.
19. Представьте в виде схемы превращение цитрата в сукцинат. Рассчитайте выход АТФ при окислении восстановленных форм коферментов, образующихся в этом процессе, и коэффициент P/O.
20. Представьте в виде схемы превращение фумарата в оксалоацетат. Рассчитайте выход АТФ при окислении восстановленных форм коферментов, образующихся в этом процессе, и коэффициент P/O.
21. Представьте в виде схемы превращение α -кетоглутарата в сукцинат. Рассчитайте выход АТФ при окислении восстановленных форм коферментов, образующихся в этом процессе, и коэффициент P/O.
22. Дайте определение понятий «унипорт», «симпорт», «антипорт». Приведите примеры транспорта веществ, осуществляемых по такому принципу.
23. Опишите механизм облегченной диффузии веществ через мембраны (направление переноса, участие специализированных молекул, потребность в затрате энергии, примеры транспортируемых веществ).
24. Опишите механизм активного транспорта веществ через мембраны (направление переноса, участие специализированных молекул, потребность в затрате энергии, примеры транспортируемых веществ).
25. Представьте в виде схемы работу Na^+, K^+ -АТФазы. Укажите биологическую роль этой транспортной системы.

26. Определите содержание макроэлементов в продуктах питания вашего ежедневного рациона. Запишите их в виде таблицы. Пример:

Продукты	Содержание в мг на 100 г					
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe
Баранина						
Картофель						
Хлеб						
...						

27. Определите содержание микроэлементов в продуктах питания вашего ежедневного рациона. Запишите их в виде таблицы (см. задание 26).

28. Составьте оптимальный рацион питания с потребностями вашего организма с учетом вашего возраста и пола.

29. Составьте оптимальный рацион питания с потребностями членов вашей семьи с учетом их возраста и пола.

30. Каковы характерные симптомы дефицита химических элементов (кальций, магний, железо, цинк, медь, марганец, молибден, кобальт, никель, хром, кремний, фтор, йод, селен) в организме человека? Заполните в виде таблицы.

2. ФЕРМЕНТЫ

2.1. Качественные реакции на ферменты

Обмен веществ в организме можно определить как совокупность всех химических реакций протекающих в организме с чрезвычайно большой скоростью только в присутствии ферментов [1]. Ферменты ускоряют самые различные реакции в организме. Даже простая с точки зрения химии реакция отщепления воды от угольной кислоты с образованием CO_2 требует участия фермента, т.к. без него она протекает слишком медленно [3].

Опыт 1. Открытие амилазы в слюне

У человека α -амилаза является основным пищеварительным ферментом. Она обеспечивает переваривание углеводов пищи, расщепляя их и преобразуя в глюкозу. Благодаря этому ферменту глюкоза усваивается организмом. При длительном пережёвывании крахмалосодержащих продуктов (например, из риса или картофеля) амилаза приводит к появлению сладковатого вкуса. Амилаза присутствует в слюне (птиалин), где начинает процесс пищеварения и расщепляет α -1,4-гликозидную связь.

Ход работы. Приготовление разбавленной слюны: рот ополаскивают 2-3 раза водой для удаления остатков пищи. Отмеряют цилиндром 50 мл дистиллированной воды и ополаскивают ею рот в течение 3-5 мин в несколько приемов. Собранную жидкость фильтруют через вату и фильтрат используют для работы.

В две пробирки наливают по 5 мл крахмального клейстера, в одну из них добавляют 5 мл воды, а в другую – 5 мл раствора слюны. Обе пробирки со стеклянными палочками, погруженными в них, одновременно помещают в водяную баню при 40°C .

Через 1 мин от каждой смеси отбирают с помощью стеклянной палочки по капле жидкости и смешивают их по отдельности с каплей иода, заранее нанесенной на пластинку. Повторяют взятие проб через 2, 4, 6, и 8 мин. Окраска с иодом

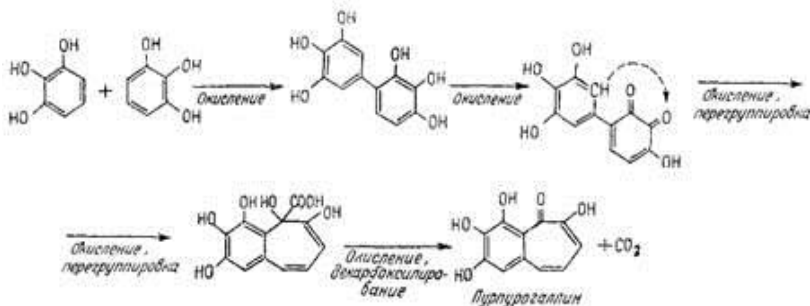
проб из пробирки, содержащей слюну, меняется от синей к сине-фиолетовой, буро-красной, красной и, наконец, желтой [8].

Опыт 2. Открытие пероксидазы в картофеле

Пероксидазы – ферменты, окисляющие субстрат при помощи пероксида водорода. Общий вид реакции: $H_2O_2 + AH_2 \longrightarrow A + 2H_2O$,

где А и AH_2 - окисленный и восстановленный субстраты соответственно.

Субстратами пероксидаз служат фенолы и ароматические соединения, органические гидроперекиси с небольшими алифатическими заместителями, НАД-Н (НАДФ-Н), нафтогидрохинон, индолилуксусная кислота и др.



Перекись водорода образуется в клетке как побочный продукт каталитической деятельности флавиновых дегидрогеназ в электрон-транспортной цепи дыхания. Следовательно, деятельность пероксидазы по утилизации токсичной перекиси водорода для клетки косвенно связана и с работой основной ЭТЦ дыхания.

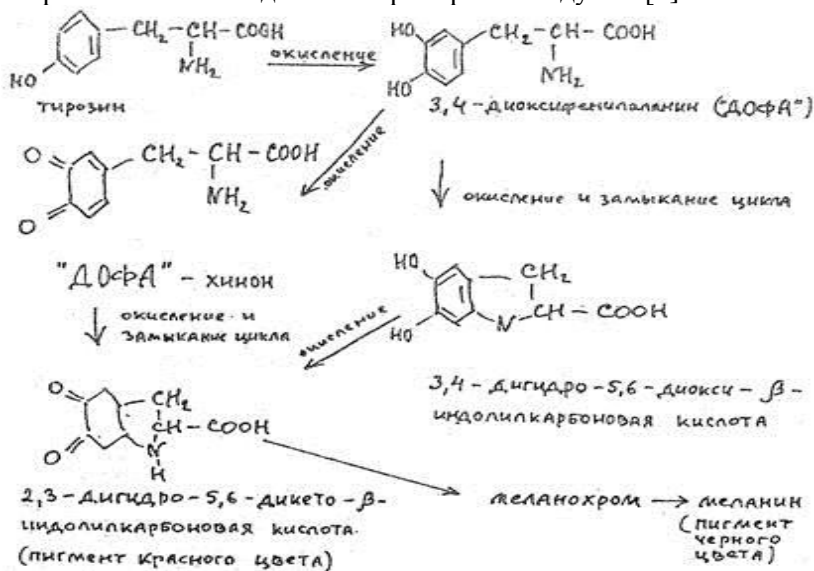
Ход работы. Картофель натирают на терке. Небольшое его количество, не отжимая, переносят в пробирку. Добавляют 1-2 мл 1%-ного раствора пирогаллола и 1-2 капли 2%-ного раствора пероксида водорода. При стоянии выпадает желто-бурый осадок пурпуροгаллина (см. уравнение).

Многочисленное дегидрирование (окисление) пирогаллола и ряда промежуточных продуктов на пути к пурпуροгаллину осуществляется с участием пероксидазы, каждый раз передающей снятие атомы водорода на пероксид водорода.

Опыт 3. Открытие тирозиназы в картофеле

Тирозиназа является медьсодержащим ферментом, катализирующим процессы окисления фенолов. Строение активного центра представляет собой два катиона меди, каждый из которых ориентирован с помощью трёх гистидиновых остатков.

Ход работы. Картофель натирают на терке, отжимают через несколько слоев марли и полученный экстракт немедленно фильтруют на воронке Бюхнера. В пробирку наливают 1 мл экстракта, 2-3 капли раствора тирозина, перемешивают и помещают пробирку в водяную баню, нагретую до 40°C. Время от времени пробирку встряхивают для лучшего соприкосновения жидкости в пробирке с воздухом [8].



Окраска смеси становится розово-красной, затем бурой и через 1-2 ч черной, так как под действием тирозиназы (монофенолоксидазы) тирозин превращается через окрашенные в красный цвет промежуточные продукты в черный азотсодержащий пигмент – меланин.

Опыт 4. Сравнение действия неорганических катализаторов и ферментов

Неорганические катализаторы и ферменты (биокатализаторы), не расходуясь сами, ускоряют течение химических реакций и их энергетические возможности. В присутствии любых катализаторов энергия в химической системе сохраняет постоянство. В процессе катализа направление химической реакции остается неизменным.

Ферменты являются биологическими катализаторами. Их основа — белок. Активная часть ферментов содержит неорганическое вещество, к примеру, атомы металлов. При этом каталитическая эффективность металлов, включенных в молекулу фермента, увеличивается в миллионы раз. Примечательно то, что органический и неорганический фрагменты фермента не способны по отдельности проявлять свойства катализатора, тогда как в тандеме являются мощными катализаторами [3].

Ферменты по сравнению с неорганическими катализаторами обладают специфичностью действия к субстрату и наиболее высокой эффективностью. Благодаря ферментам реакция протекает быстрее в миллионы раз.

Ход работы. В три пробирки наливают по 5 мл 1%-ного раствора крахмала. В первую пробирку добавляют 1 мл дистиллированной воды, во вторую — 1 мл 10%-ной соляной кислоты, а в третью — 1 мл слюны. Пробирки 1 и 3 после перемешивания помещают в водяную баню при 38 °С, а пробирку 2 — в кипящую водяную баню. Через 15-20 мин все пробирки вынимают из водяной бани, охлаждают и из каждой берут пробы для определения в них крахмала и глюкозы: первой — по реакции иодом, второй по реакции Троммера.

Стеклянной палочкой наносят по капле раствора из каждой пробирки на фарфоровую пластинку рядом с ранее нанесенной каплей раствора иода в иодиде калия, после чего капли соединяются и перемешивают. По интенсивности окраски пробы делают заключение о степени гидролиза крахмала.

Для определения глюкозы из каждой пробирки берут по 3 мл раствора, добавляют 1 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия и несколько капель 1%-ного раствора сульфата меди.

Верхний слой жидкости нагревают до кипения. Появление желтого осадка оксида меди (I) или красного металлической меди указывает на наличие глюкозы.

2.2. Изучение свойств ферментов

Амилаза слюны ускоряет гидролиз только полисахарида крахмала, не действует на дисахариды. Сахараза, которая содержится в дрожжевом экстракте, расщепляет только сахарозу. Продуктами гидролиза поли- и дисахаридов являются моносахариды, в частности, глюкоза, которая может быть открыта реакцией Троммера. Положительная реакция Троммера свидетельствует о полном гидролизе крахмала и сахарозы под действием соответствующих ферментов. Положительная реакция с йодом указывает на отсутствие гидролиза крахмала [8].

Опыт 1. Специфичность действия ферментов

Ход работы. Берут 4 пробирки. В первую и вторую пробирки наливают по 5 мл 1% раствора крахмала, в третью и четвертую пробирки наливают по 5мл 2% раствора сахарозы. Затем в первую и третью пробирки вносят по 1мл слюны, которая содержит амилазу; во вторую и четвертую пробирки – по 1 мл дрожжевого экстракта, который содержит фермент сахаразу. Содержимое пробирок старательно перемешивают и ставят в термостат на 20 минут при температуре 38-40 °С. По истечении этого времени содержимое каждой пробирки делят на две части: с одной частью проводят реакцию на крахмал (с йодом), с другой – реакцию Троммера на глюкозу (прибавляют 10 капель 10% раствора натрий гидроксида и 2-3 капли 1% раствора сульфата меди (II), нагревают).

Полученные результаты заносят в таблицу:

№ пробирок	Содержимое пробирок	Реакция с йодом ("+" или "-")	Реакция Троммера ("+" или "-")	Раствор крахмала, мл	Раствор сахарозы, мл	Слюна, мл (амилаза)	Экстракт дрожжей, мл (сахараза)
1				5	-	1	-
2				5	-	-	1
3				-	5	1	-
4				-	5	-	1

Опыт 2. Зависимость ферментативной активности от температуры

Температура, при которой проявляется максимальная активность ферментативной реакции, называется оптимальной и наиболее часто равняется 37-40 °С. При повышении температуры скорость большинства ферментативных реакций начинает уменьшаться. Это объясняется тепловой денатурацией белковой молекулы фермента и потерей каталитической активности [8].

Ход работы. В две пробирки наливают по 1 мл 1% раствора крахмала. В одну из них вносят 0,2 мл обычной, а в другую – прокипяченной слюны. Содержимое перемешивают и ставят в термостат при температуре 37 °С на 10 минут. Затем в пробирки вносят по 1 капле раствора йода. В пробирке с нерасщепленным крахмалом (где находилась прокипяченная слюна) появляется синее окрашивание.

Опыт 3. Влияние pH среды на активность ферментов

Влияние pH среды на активность ферментов объясняется тем, что белковая молекула фермента является амфотерным полиэлектролитом и его каталитическая активность зависит от степени ионизации функциональных групп, входящих в активный центр. Изменение pH нарушает связь между белковой частью ферментов и их простетическими группами и соответственно связь субстрата с ферментом [8].

Ход работы. В 3 пронумерованные пробирки наливают по 5 мл 0,5 % раствора крахмала и по 1 мл фосфатного буфера с соответствующим значением pH: в первую пробирку – с pH 5,6; во вторую – с pH 6,8; в третью – с pH 8,1. В каждую пробирку добавляют по 1 мл слюны, перемешивают и ставят в термостат при температуре 38 °С. Через 20 минут пробирки вынимают из термостата и в каждую прибавляют 1-2 капли йода.

Результаты записывают в таблицу и делают выводы:

№ пробирок	pH среды	Окраска
1	5,6	Синяя
2	6,8	Желтая
3	8,1	Фиолетовая

По результатам работы определяют оптимум pH для амилазы слюны.

Опыт 4. Влияние активаторов и ингибиторов на активность амилазы слюны

Активатором амилазы является хлорид натрия, ингибитором – сульфат меди (II). Действие этих веществ на активность амилазы определяют по степени гидролиза крахмала под влиянием ферментов в их присутствии [8].

Ход работы: Берут 3 пробирки. В первую наливают 1 мл воды, во вторую – 1 мл 1% раствора NaCl, в третью – 1 мл 1% раствора CuSO₄. Во все пробирки добавляют по 1 мл слюны. Содержимое перемешивают и прибавляют по 0,5 мл 1% раствора крахмала, затем снова перемешивают и оставляют при комнатной температуре на 5 минут. Далее во всех пробирках проводят реакцию с йодом и наблюдают за характером окраски. Для большей наглядности окраски в каждую пробирку доливают по 2-3 мл воды.

Результаты работы заносят в таблицу и делают выводы.

Пробирки	Содержимое пробирок				
	Вода	NaCl, 1% раствор	CuSO ₄ , 1% раствор	Слюна (амилаза)	Крахмал, 1% раствор
1					
2					
3					
Окраска после добавления йода					

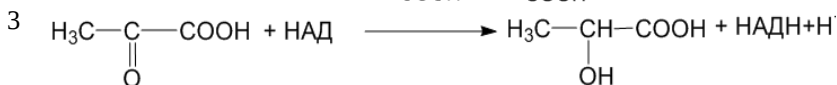
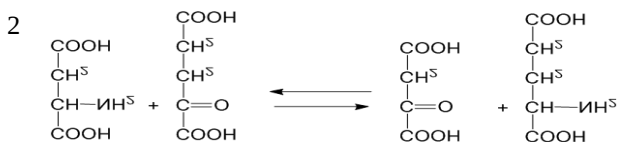
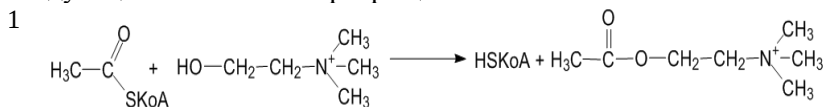
Контрольные вопросы:

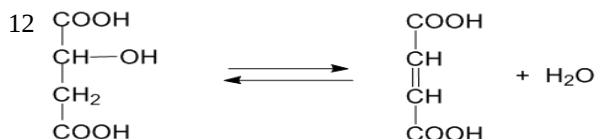
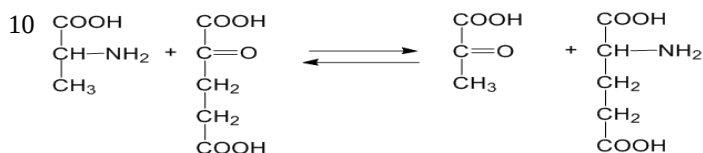
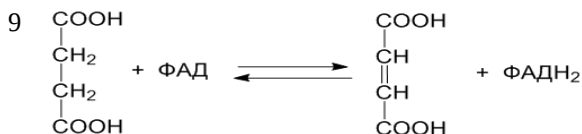
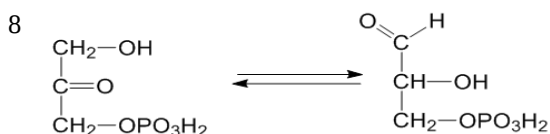
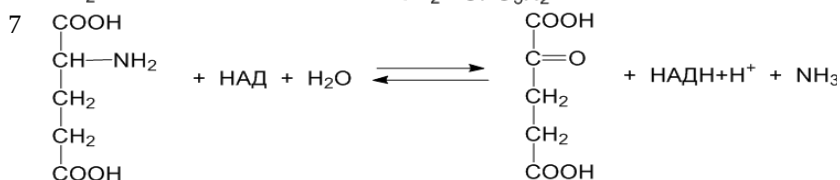
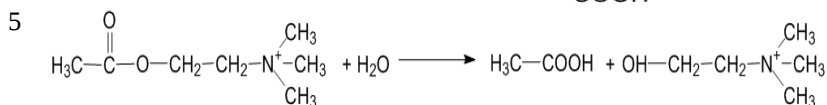
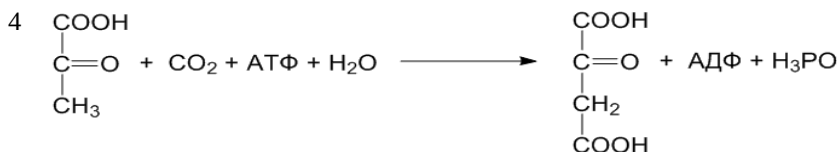
1. Перечислите основные черты сходства и отличия ферментов от обычных катализаторов. Какой фермент содержится в слюне, к какому классу он относится?
2. Почему ферменты действуют в основном на одну реакцию (субстрат) или небольшую группу реакций (специфичность действия ферментов)? Объясните.

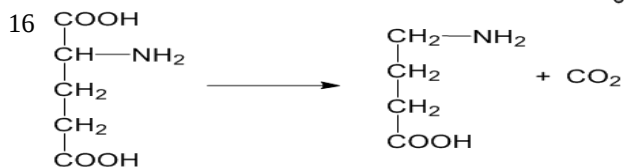
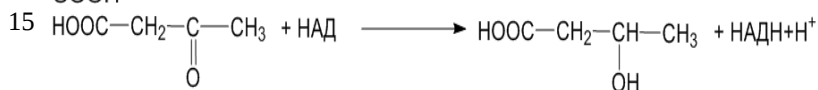
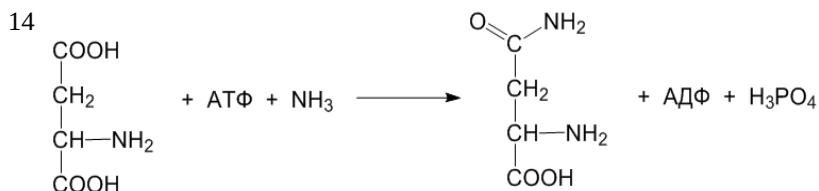
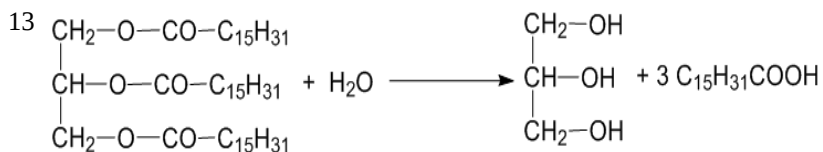
3. Может ли идти гидролиз дисахаридов: сахарозы, мальтозы, лактозы с участием одного и того же фермента? Если нет, то почему?
4. Мальтоза (дисахарид) и амилоза (полисахарид) имеют одинаковый состав: D-глюкоза (α -D-глюкопираноза), остатки которой связаны в положении 1,4. Но гидролиз этих углеводов ускоряются разными ферментами. Почему?
5. Как влияет температура на активность ферментов? Какова оптимальная температура для амилазы слюны?
6. Как влияет значение pH среды на активность ферментов? Приведите примеры.
7. Что такое активаторы? Ингибиторы?
8. Что такое конкурентное торможение активности ферментов?
9. Как проявляются обратимое и необратимое торможение?
10. Как проявляется ингибирующее действие хлорид-ионов на дегидрогеназный комплекс (оксиредуктазы) картофеля? Почему очищенную картошку рекомендуют держать в соленой воде?
11. Приведите примеры применения ферментов в хлебопечении, в пивоварении, спиртовой промышленности, кожевенном и меховом производстве, в быту, медицине, химической промышленности и т.д.

Задания для самостоятельной работы:

1. Укажите тип реакции, название исходных веществ, продуктов, и название класса ферментов, катализирующих следующие химические превращения:







3. НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

3.1. Свойства нуклеопротеидов

Нуклеиновые кислоты имеют исключительно важное значение в процессах жизнедеятельности организмов на всех стадиях развития. Молекулы ДНК и РНК денатурируются при выделении из тканей.

Денатурация – это нарушение спирализованной структуры молекул: при полной денатурации образуются две комплементарные цепи, при частичной денатурации выделенная ДНК имеет как спирализованные, так и деспирализованные участки.

Нуклеопротеиды – комплексы нуклеиновых кислот с белками. Содержатся в каждой клетке и выполняют важные функции, связанные с хранением и реализацией генетической информации.

Нуклеопротеиды образуются с участием как ДНК (дезоксирibo-нуклеопротеиды, или ДНП), так и РНК (рибонуклеопротеиды, или РНП). Типичные представители РНП -рибосомы (комплексы рибосомных РНК с белками) и информосомы (комплексы матричных РНК с белками); типичный ДНП-хроматин (комплекс ДНК с гистонами и негистоновыми белками). К нуклеопротеидам относят также вирусы (бактериофаги, вирусы растений и животных без внешней оболочки) и нуклеокапсиды вирусов (комплексы вирусных РНК и ДНК с белками у вирусов с внешней оболочкой) [2].

Опыт 1. Выделение нуклеопротеидов

Ход работы. 0,5 г селезенки (или другой ткани) измельчают в фарфоровой ступке со 100 мг стеклянного порошка с 15 мл растворов хлорида натрия в течение 15 мин. Содержимое переносят в центрифужные пробирки и центрифугируют 15 мин при 2000 г. К 90 мл воды при помешивании стеклянной палочкой медленно, тонкой струей вливают центрифугат [7].

Нерастворимые в воде дезоксирибонуклеопротеиды, выпадают в осадок в виде нитей. Нити собирают на палочке или

же, если образуется осадок, фильтруют, переносят в чистую пробирку и растворяют в 0,2%- ном растворе NaOH.

Для получения рибонуклеопротеидов навеску (10 г сухих дрожжей) тщательно растирают в фарфоровой ступке в течение 15 мин с 50 мл 0,4 %-ного раствора едкого натрия, который добавляют небольшими порциями и центрифугируют 10 мин при 2000g. К центрифугату доливают при помешивании 15-20 мл раствора уксусной кислоты, и выпавший осадок отделяют центрифугированием. Осадок после центрифугирования растворяют в 15-20 мл растворе щелочи (0,02 моль/л). Полученные растворы нуклеопротеидов в дальнейшем используются в качественных реакциях.

Опыт 2. Обнаружение углеводов в составе нуклеопротеидов

А. Реакция с орцином. К 1 мл раствора рибонуклеопротеидов прибавляют равный объем орцинового реактива, перемешивают и помещают в кипящую водяную баню на 20 мин. Смесь охлаждают и разбавляют дистиллированной водой до объема 4 мл. Пентоза с орциновым раствором дает сине-зеленую окраску.

Б. Реакция с индолом. К 2 мл раствора дезоксирибонуклеопротеида добавляют 1 мл раствор индола и 1 мл концентрированной соляной кислоты. Смесь перемешивают и помещают на кипящую водяную баню на 10 мин. Образуется оранжевая окраска. После охлаждения к раствору доливают 4 мл хлороформа, и после исчезновения прежней окраски водный слой приобретает желтый цвет.

В. Реакция с дифениламином. В пробирку к 2 мл щелочного раствора дезоксирибонуклеотида добавляют равный объем дифениламинового реактива. Смесь нагревают в кипящей водяной бане 15 мин. При нагревании дезоксирибонуклеопротеиды гидролизуются, а освободившаяся дезоксирибоза реагирует с дифениламином и дает синее окрашивание [11].

Опыт 3. Обнаружение пуриновых оснований в составе нуклеопротеидов

Ход работы. К 1 мл гидролизата добавляют концентрированный раствор аммиака до получения щелочной среды (по лакмусу) и 0,5 мл раствора AgNO_3 . Через 3-4 мин образуется рыхлый осадок серебряных солей пуриновых оснований.

Опыт 4. Обнаружение фосфорной кислоты в составе нуклеопротеидов

Ход работы. К 1 мл гидролизата добавляют 1 мл молибденового реактива и кипятят. Жидкость окрашивается в лимонно-желтый цвет, а при охлаждении выпадает кристаллический осадок желтого цвета, обусловленный образованием фосфорномолибденовокислого аммония.

Опыт 5. Обнаружение белков в составе нуклеопротеидов

Ход работы. В пробирку вносят 0,5 мл гидролизата, нейтрализуют (по лакмусу) раствором NaOH , затем добавляют 0,5 мл раствора NaOH и 2-3 капли раствора CuSO_4 . Смесь перемешивают и наблюдают появление окраски, что свидетельствует о присутствии в пробе полипептидов, образующихся в результате гидролиза белковой части нуклеопротеидов.

Опыт 6. Качественное определение ДНК по Дише

Ход работы. К 1 мл раствора ДНК добавляют 0,04 мл раствора солянокислого цистеина и 5 мл раствора серной кислоты. Смесь нагревают на водяной бане при температуре 40°C в течение 5 мин. Раствор окрашивается в розовый цвет, который не исчезает в течение нескольких часов [12].

Опыт 7. Количественное определение ДНК по Броди

Ход работы. К 0,5 мл раствора ДНК добавляют 0,05 мл раствора солянокислого цистеина и смесь охлаждают в течение 10 мин в холодной воде. Затем добавляют 1 мл охлажденной концентрированной серной кислоты и после перемешивания

помещают на водяную баню при температуре 25 °С на 20 мин. Окрашенный раствор спектрофотометрируют по длине волны 474 нм [11].

Контрольные вопросы:

1. Что понимают под термином денатурация и деградация нуклеиновых кислот? Какие существуют виды деградация нуклеиновых кислот?
2. В чем заключается сущность фенольного метода получения нуклеиновых кислот из животных тканей?
3. Какими методами определяют нативность ДНК?
4. Укажите в каких условиях производится гидролиз ДНК для полного ее разложения?
5. До каких соединений гидролизуете РНК при щелочном гидролизе?
6. Каким методом можно количественно определить нуклеотидный состав РНК? Дайте схему определения?
7. Дайте схему определения оснований, входящих в состав ДНК.

Задания для самостоятельной работы:

1. Составьте формулы рибозы, дезоксирибозы, азотистых оснований (пиримидиновых и пуриновых), входящие в состав нуклеиновых кислот. Покажите их окси- и оксоформы; комплементарность.
2. Что такое нуклеозиды? Напишите формулы нуклеозидов.
3. Что такое нуклеотиды? Составьте формулы нуклеотидов: аденозин-5'-фосфата, цитидин-5'-фосфата, дезоксигуанозин-5'-фосфата, дезокситимидин-5'-фосфата.
4. По какому признаку нуклеиновые кислоты делятся на два типа?

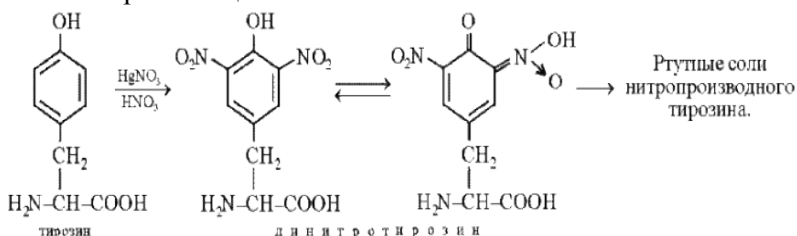
4. АМИНОКИСЛОТЫ, БЕЛКИ

4.1. Качественные реакции на аминокислоты

В настоящее время известно около 200 аминокислот, выделенных из различных природных объектов: животные и растительные организмы. Аминокислоты содержат разнообразные радикалы. Это дает возможность для обнаружения аминокислот использовать цветные качественные реакции. Многие из них чувствительны и высокоспецифичны, что позволяет открывать ничтожные количества той или иной аминокислоты в составе сложных смесей. Некоторые цветные реакции находят применение для количественного определения аминокислот [6].

Опыт 1. Цветная реакция на тирозин (реакция Миллона)

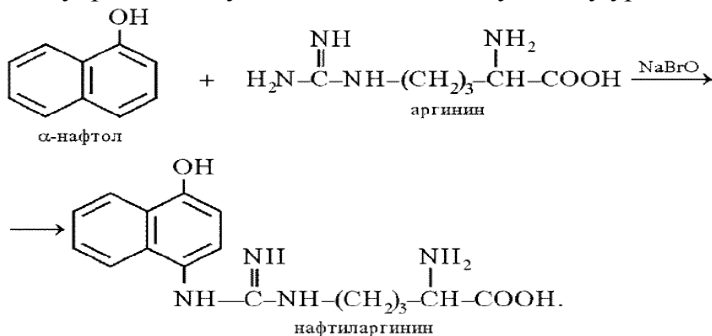
Это реакция на аминокислоту тирозин. Реактив Миллона (раствор HgNO_3 и $\text{Hg}(\text{NO}_2)_2$ в разбавленной HNO_3 , содержащей примесь HNO_2) взаимодействует с тирозином с образованием ртутной соли нитропроизводного тирозина, окрашенной в розовато-красный цвет:



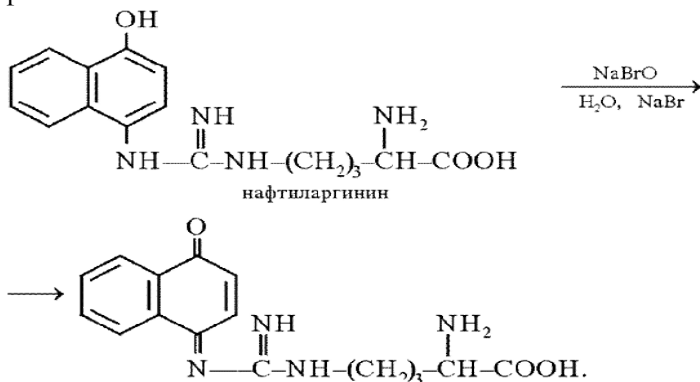
Ход работы. В пробирке к нескольким кристаллам тирозина прибавляют 5 мл 2,5%-ного раствора серной кислоты и перемешивают до полного растворения. Приливают 1 мл реактива Миллона, встряхивают и оставляют стоять при комнатной температуре. Через некоторое время раствор окрашивается в кроваво-красный цвет. Для ускорения появления окраски раствор можно слегка подогреть [9].

Опыт 2. Цветная реакция на аргинин (реакция Сакагучи)

Эта реакция на аминокислоту аргинин основана на взаимодействии аргинина с α -нафтолом в присутствии окислителя [9]. Ее механизм еще полностью не выяснен. По-видимому, реакция осуществляется по следующему уравнению:



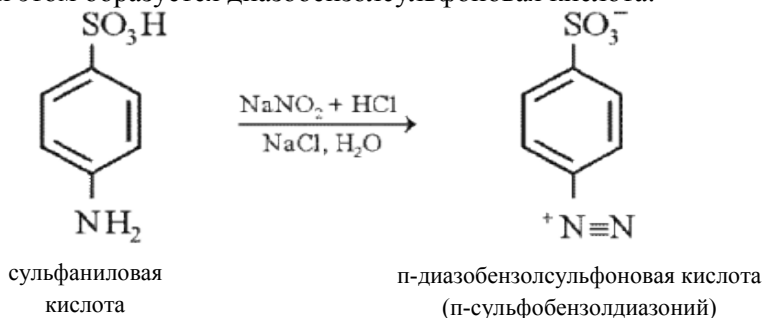
Поскольку производные хинониминов (в данном случае нафтохинона), у которых водород иминогруппы $-\text{NH}-$ замещен на алкильный или арильный радикал, всегда окрашены в желто-красные тона, то, по-видимому, оранжево-красный цвет раствора при проведении реакции Сакагучи объясняется возникновением именно производного нафтохинонимина. Не исключена, однако, вероятность образования еще более сложного соединения за счет дальнейшего окисления оставшихся NH -групп аргининового остатка и бензольного ядра α -нафтола:



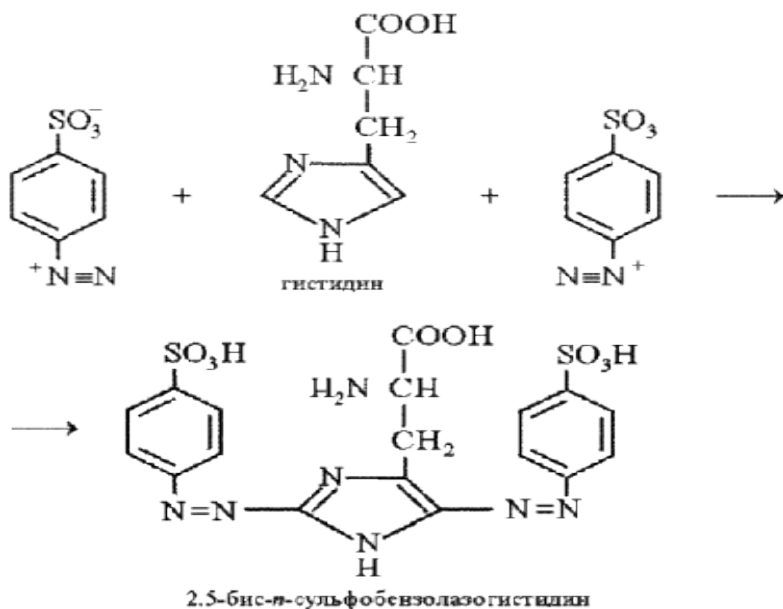
Ход работы. В пробирку наливают 2 мл 0,01%-ного раствора аргинина, прибавляют 2 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия и несколько капель 0,2%-ного спиртового раствора α -нафтола. Хорошо перемешивают содержимое пробирки, приливают 0,5 мл раствора гипобромита и вновь перемешивают. Немедленно добавляют 1 мл 40%-ного раствора мочевины для стабилизации быстро развивающегося оранжево-красного окрашивания [9].

Опыт 3. Цветная реакция на гистидин (реакция Паули)

Эта реакция на аминокислоту гистидин основана на взаимодействии гистидина с диазобензолсульфоновой кислотой с образованием соединения вишнево-красного цвета [9]. Реакцию диазотирования осуществляют при взаимодействии кислого раствора сульфаниловой кислоты с нитритом натрия. При этом образуется диазобензолсульфоновая кислота:



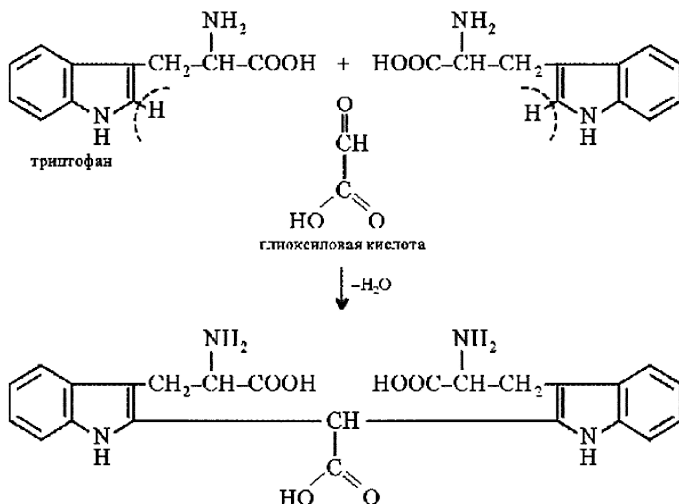
Эта кислота, взаимодействуя с гистидином, дает соединение вишнево-красного цвета:



Ход работы. К 1 мл 1%-ного раствора сульфаниловой кислоты в 5%-ном растворе соляной кислоты прибавляют 2 мл 0,5%-ного раствора нитрита калия, сильно встряхивают и немедленно прибавляют сначала 2 мл 0,01%-ного раствора гистидина, а затем, после перемешивания содержимого пробирки, 6 мл 10%-ного раствора карбоната натрия. Развивается интенсивная вишнево-красная окраска [9].

Опыт 4. Цветная реакция на триптофан (реакция Гопкинса-Коле)

Триптофан, реагируя в кислой среде с альдегидами, образует окрашенные продукты конденсации [8]. Например, с глиоксиловой кислотой (являющейся примесью к концентрированной уксусной кислоте) реакция протекает по уравнению:



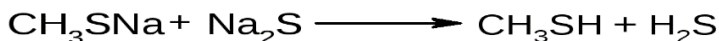
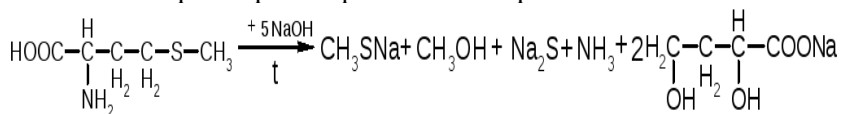
Продукт конденсации окисляется до бис-2-триптофанилкарбинола, который в присутствии минеральных кислот образует соли, окрашенные в сине-фиолетовый цвет.

Ход работы. 1 мл 0,005%-ного раствора триптофана смешивают в пробирке с равным объемом раствора глиоксильевой кислоты и добавляют 10 капель 0,04 М раствора сульфата меди (II). Приливают небольшими порциями (по несколько капель) 2-3 мл концентрированной серной кислоты, охлаждая пробирку каждый раз под водопроводным краном или, лучше, в ванночке со льдом. Оставляют на 10 мин при комнатной температуре и ставят на 5 мин в кипящую водяную баню. Развивается сине-фиолетовое окрашивание.

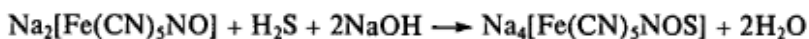
Опыт 5. Цветная реакция на метионин (по Мак-Карти и Салливану)

Ход работы. К 5 мл 0,02 %-ного раствора метионина прибавляют при помешивании сначала 1 мл 14,3 н раствора гидроксида натрия, а затем 0,3 мл свежеприготовленного 10%-ного раствора нитропруссид натрия. Смесь нагревают 10 мин на водяной бане при температуре 35-40 °С. Затем ее охлаждают 2 мин в ледяной воде и добавляют при помешивании 5 мл смеси соляной и фосфорной кислот [8]. Смесь взбалтывают 1 мин и

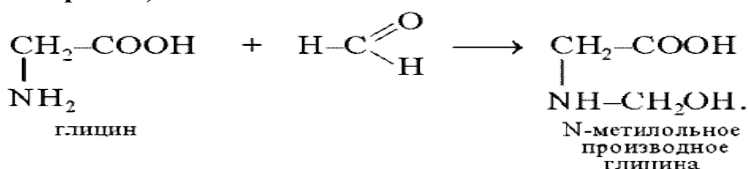
охлаждают водой комнатной температуры в течение 10 мин. Развивается яркая красно-фиолетовая окраска:



запах меркаптана и сероводорода



Опыт 6. Цветная реакция на глицин (реакция Циммермана)

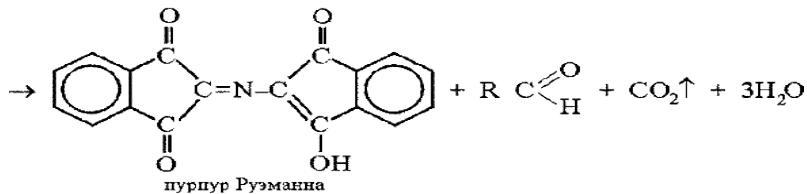


Ход работы. К 2 мл 0,01%-ного раствора глицина, доведенного добавлением 10%-ного раствора щелочи до pH 8, приливают 0,5 мл водного раствора о-фталевого диальдегида. Реакционная смесь немедленно окрашивается в ярко-зеленый цвет. Через несколько минут выпадает зеленый осадок [9].

Опыт 7. Цветная реакция пролина с нингидрином

α-аминокислоты реагируют с нингидрином, интенсивность окраски которого пропорциональна количеству аминокислоты.

Реакция идет по схеме:



Реакция с нингидрином используется для визуального обнаружения α -аминокислот на хроматограммах (на бумаге, в тонком слое), а также для колориметрического определения концентрации аминокислот по интенсивности окраски продукта реакции.

Ход работы. В пробирке к 3 мл 0,01 %-ного раствора пролина прибавляют несколько капель 1%-ного раствора нингидрина в 95 %-ном ацетоне. Содержимое пробирки перемешивают и нагревают на водяной бане при 70 °С в течение 5 мин. Развивается ярко-желтая окраска в результате возникновения продукта конденсации пролина с нингидрином.

4.2. Качественные реакции на белки

Качественный анализ белка основан на двух типах реакций: а) по пептидным связям белковой молекулы (биуретовая реакция); б) по аминокислотным радикалам (цветные реакции на радикалы аминокислот, см. лабораторная работа 6) [8].

Приготовление растворов белков:

Неразбавленный белок куриного яйца. Отделяют белок трех куриных яиц от желтков. Считая, что масса белка в одном яйце в среднем равна 33 г, получают около 100 мл неразбавленного раствора белков куриного яйца. Этот раствор содержит 88% воды, 1% углеводов, 0,5% минеральных веществ, остальное приходится на белок. Таким образом, полученный

неразбавленный белок куриного яйца представляет собой примерно 10%-ный раствор белка.

Разбавленный раствор яичного альбумина. Белок одного куриного яйца после отделения от желтка хорошо взбивают и затем смешивают в колбе при встряхивании с десятикратным объемом дистиллированной воды. Раствор фильтруют через двойной слой смоченной водой марли. Отфильтровывают раствор яичного альбумина, в осадке остается яичный глобулин. Учитывая, что концентрация альбумина в белке куриного яйца составляет около 6 %, полученный разбавленный раствор яичного альбумина является примерно 0,5%-ным.

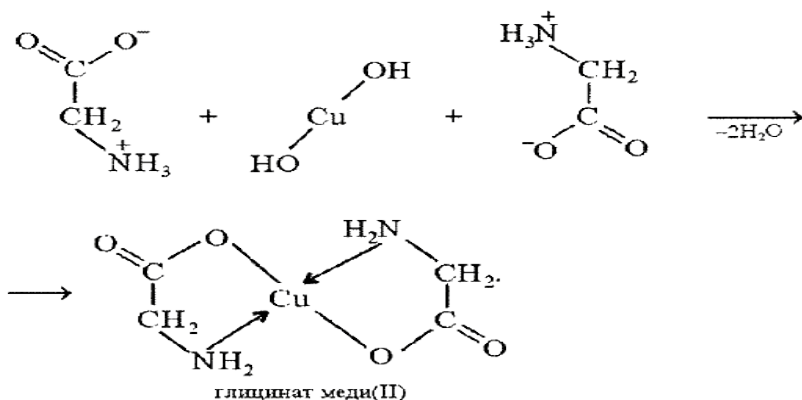
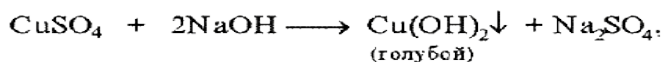
Белки мяса. Помещают в стакан 40-50 г пропущенного через мясорубку обезжиренного мяса, добавляют 80-100 мл 10%-ного раствора хлорида натрия и оставляют смесь стоять 15-20 мин при частом помешивании. Отфильтровывают через бумажный складчатый фильтр или через двойной слой марли окрашенную в красный цвет жидкость

Белки молока. К 50 мл свежего молока добавляют равный объем насыщенного раствора сульфата аммония. При этом выпадают в осадок глобулины и казеин. Отфильтровывают через складчатый бумажный фильтр раствор альбуминов.

Растительный альбумин. 25 г пшеничной муки смешивают со 100 мл дистиллированной воды и смесь встряхивают в течение 1 ч. Взвесь муки центрифугируют и надосадочную жидкость фильтруют. Фильтрат содержит альбумин пшеничных зерен.

Опыт 1. Биуретовая реакция

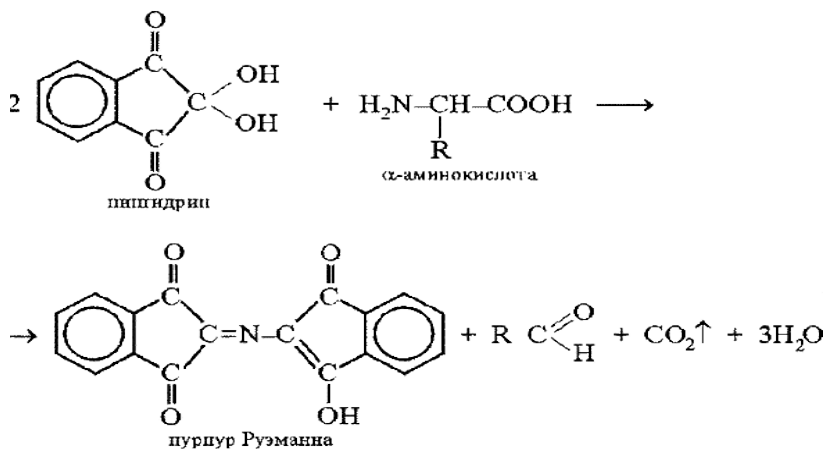
α -аминокислоты образуют с катионами тяжелых металлов внутрикомплексные соли. Со свежеприготовленным гидроксидом меди (II) все α -аминокислоты в мягких условиях дают хорошо кристаллизующиеся внутрикомплексные (хелатные) соли меди (II) синего цвета:



Ход работы. К 1-2 мл разбавленного белка прибавляют двойной объем 30%-ного раствора гидроксида натрия, хорошо перемешивают и добавляют 2-3 капли 1%-ного раствора сульфата меди. Снова тщательно перемешивают. Развивается красно-фиолетовое окрашивание. При малом содержании белка чувствительность реакции можно повысить, наслаивая на раствор белка в щелочи 1 мл 1%-ного раствора сульфата меди. При стоянии на границе двух слоев появляется фиолетовое кольцо [9].

Опыт 2. Нингидриновая реакция

α -аминокислоты реагируют с нингидрином, образуя сине-фиолетовый комплекс (пурпур Руэманна), интенсивность окраски которого пропорциональна количеству аминокислоты. Реакция идет по схеме:

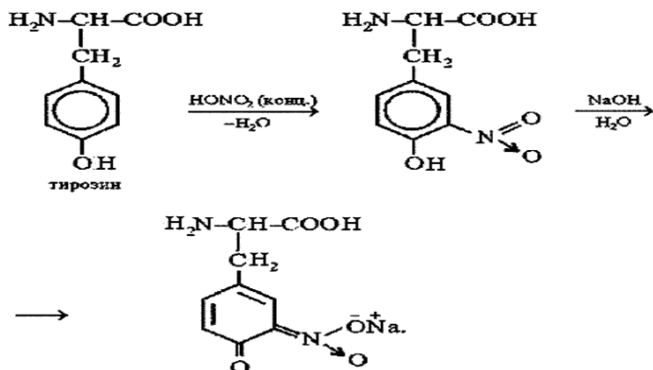


Ход работы. К 2-3 мл разбавленного раствора белка приливают 3-4 капли 1%-ного раствора нингидрина в 95%-ном растворе ацетона. Раствор перемешивают и ставят в водную баню при 70°C на несколько минут. Развивается сине-фиолетовое окрашивание [8].

Опыт 3. Ксантопротеиновая реакция.

Ксантопротеиновая реакция зависит от наличия в белках ароматических аминокислот (фенилаланина, тирозина, триптофана) [9]. Эти аминокислоты в результате нитрования образуют желтоокрашенные нитросоединения. Переход желтой окраски в оранжевую в щелочной среде обусловлен изменением структуры щелочных солей этих нитросоединений.

Например, механизм ксантопротеиновой реакции по радикалу тирозина:



Ход работы. К 1 мл раствора добавляют 5-6 капель концентрированной азотной кислоты до появления белого осадка или мути от свернувшегося белка. При нагревании раствор и осадок окрашиваются в ярко-желтый цвет. При этом осадок почти полностью растворяется. Охлаждают смесь и осторожно добавляют к раствору, имеющему кислую реакцию, не взбалтывая, по каплям избыток концентрированного гидроксида аммония или щелочи до щелочной реакции. Выпадающий вначале осадок кислотного альбумината растворяется, и жидкость окрашивается в ярко-оранжевый цвет.

Опыт 4. Реакция Сакагучи

Эта реакция используется для обнаружения α -аминокислот, содержащих ароматические радикалы [9]. Тирозин, триптофан, фенилаланин при взаимодействии с концентрированной азотной кислотой образуют нитропроизводные, имеющие желтую окраску. В щелочной среде нитропроизводные этих α -аминокислот дают соли, окрашенные в оранжевый цвет. Химизм реакции (см. лабораторную работу 6).

Ход работы. Берут в пробирку 2-3 мл разбавленного раствора белка, добавляют 1 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия и вслед за этим несколько капель 0,2 %-ного спиртового раствора α -нафтола. Перемешивают, приливают 0,5 мл раствора гипобромита натрия и вновь перемешивают. Развивается оранжево-красное окрашивание.

Опыт 5. Реакция Миллона

Реакцию Миллона дают все белки, содержащие в своем составе остаток тирозина [8]. Химизм реакции (см. лабораторную работу 6).

Ход работы. К 0,5-1 мл неразбавленного белка куриного яйца прибавляют двойной объем азотнортутного реактива Миллона. Белок свертывается под действием солей ртути и азотной кислоты, входящих в реактив, образуя сгусток белого цвета. При нагревании пробирки в пламени горелки осадок окрашивается в кирпично-красный цвет.

Опыт 6. Реакция Адамкевича

Химизм реакции (см. лабораторную работу 6).

Ход работы. Наливают в пробирки несколько капель неразбавленного белка и прибавляют 2 мл ледяной уксусной кислоты, к которой добавляют немного глиоксиловой кислоты. Смесь слегка нагревают до растворения образующегося осадка. Охлаждают пробирку со смесью, а затем, сильно наклонив ее, осторожно, по стенке приливают 1 мл концентрированной серной кислоты так, чтобы обе жидкости не смешались. При стоянии на границе двух жидкостей получается красно-фиолетовое кольцо [9].

Опыт 7. Реакция Вуазене

Реакция Вуазене протекает только с теми белками, которые содержат в своем составе триптофан [8]. Химизм реакции аналогичен реакции Гопкинса-Коле (см. лабораторную работу 6).

Ход работы. К 2 мл разбавленного раствора белка в пробирке добавляют одну каплю 2,5 %-ного раствора формальдегида. Смешивают и прибавляют 6 мл чистой концентрированной соляной кислоты, после чего снова перемешивают. Через 10 мин прибавляют при взбалтывании 10 капель 0,5%-ного раствора нитрита натрия. Развивается интенсивное сине-фиолетовое окрашивание.

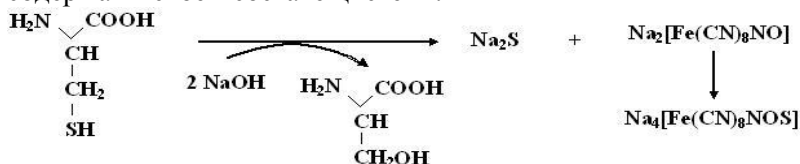
Опыт 8. Реакция Паули

Реакция Паули протекает с теми белками, которые содержат в своем составе гистидин и тирозин [9]. Химизм реакции (см. лабораторную работу 6).

Ход работы. К 1 мл 1%-ного раствора сульфаниловой кислоты в 5%-ном растворе соляной кислоты приливают 2 мл 0,5%-ного раствора нитрита натрия, сильно встряхивают и немедленно добавляют сначала 2 мл разбавленного раствора белка, а затем, после перемешивания содержимого пробирки, 6 мл 10%-ного раствора карбоната натрия. После смешивания растворов развивается вишнево-красное окрашивание.

Опыт 9. Нитропруссидная реакция

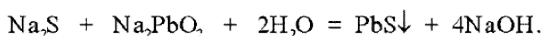
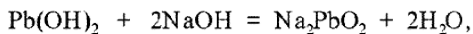
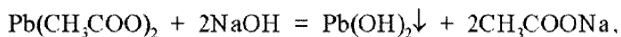
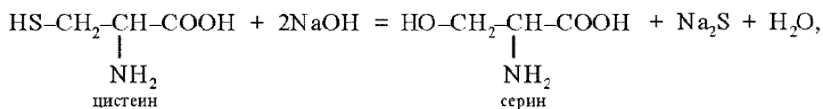
Нитропруссидная реакция протекает с белками, которые содержат в своем составе цистеин.



Ход работы. В пробирку наливают 3 мл разбавленного раствора белка, приливают равный объем насыщенного раствора сульфата аммония и 2-3 капли 5 %-ного раствора нитропруссиды натрия. Затем раствор подщелачивают несколькими каплями крепкого раствора аммиака. Если в белке присутствует цистеин, то происходит реакция, в результате которой развивается пурпурное окрашивание.

Опыт 10. Реакция Фолья на «слабосвязанную серу»

При наличии в молекуле белка аминокислот, содержащих серу, при щелочном гидролизе «слабосвязанная сера» в цистеине и цистине достаточно легко отщепляется, в результате чего образуется сероводород, который, реагируя со щелочью, дает сульфиды натрия или калия [9]. При добавлении ацетата свинца (II) образуется осадок сульфида свинца (II) серо-черного цвета.



Ион серы, образующийся из сероводорода в сильнощелочной среде, может быть открыт нитропруссидом натрия.

Ход работы. В пробирку наливают 0,5-1,0 мл неразбавленного белка, добавляют двойной объем концентрированного раствора щелочи, кладут несколько «кипятильников» и кипятят смесь. При этом выделяется аммиак, который может быть обнаружен по запаху и посинении влажной лакмусовой бумажки, поднесенной к отверстию пробирки (не касаться стенки!). Образующийся незначительный осадок растворяется при кипячении. Горячую щелочную жидкость делят на 2 части: к первой приливают раствор плюмбита натрия, образуется желто-бурое или черное окрашивание. Ко второй – 2-3 капли свежеприготовленного разбавленного раствора нитропруссиды натрия, получается красно-фиолетовое окрашивание.

Контрольные вопросы:

1. Составьте формулы используемых в опытах аминокислот и отметьте, как они отличаются по строению радикалов. Отметьте, какие изменения, наблюдали в каком опыте.
2. Какие еще аминокислоты входят в состав белков? Составьте их формулы.
3. Какое практическое значение имеют качественные реакции на аминокислоты?
4. Обратите внимание на строение соединений, которые образуются при взаимодействии конкретной аминокислоты с соответствующими реактивами. Объясните, что обуславливает

цветность образующихся при реакции соединений? К каким классам органических соединений относится то или иное окрашенное соединение?

5. Можно ли использовать качественные реакции для количественного определения аминокислот?

6. Какие соединения дают биуретовую реакцию (сине-фиолетовое окрашивание при добавлении смеси $\text{NaOH} + \text{CuSO}_4$). Распишите механизм образования и структуру комплексного соединения.

7. Реакцию с нингидрином дают также и аминокислоты. Сравните аналогичные опыты с аминокислотами и раствором белков. Какую аминокислоту можно с помощью нингидрина отличить от других аминокислот?

8. Какие аминокислоты дают окрашенные соединения с азотной кислотой? Распишите механизм образования окрашенного нитросоединения с тирозином.

9. Реакция Сакагучи является качественной реакцией на аргинин. Распишите механизм образования окрашенного соединения аргинина α -нафтолом в присутствии гипобромита натрия.

10. Опишите химические процессы, идущие при действии азотнокислых солей ртути на тирозин (образование кирпично-красного цвета соединения). Опыт повторите с раствором желатина и объясните, почему отсутствует окрашивание раствора.

11. Рассмотрите механизм реакции Адамкевича (реакцию образования глиоксильевой кислоты, реакцию глиоксильевой кислоты с триптофаном.)

12. Рассмотрите механизм реакции Паули (действие диазосоединения на гистидин и тирозин). Как образуется диазосоединение из сульфаниловой кислоты и нитрита натрия в кислой среде?

13. Как определяют «слабосвязанную серу»? Какие аминокислоты содержат серу? Составьте их формулы. Какие соединения образуются при действии на белок соединений свинца, нитропруссид?

14. Какое теоретическое и практическое значение имеют качественные реакции на белки?

4.3. Свойства белков

Альбумины – белки относительно небольшой молекулярной массы (15-70 тыс. Да); имеют отрицательный заряд и кислые свойства, ИЭТ - 4,7, содержат много глутаминовой аминокислоты. Это сильно гидратированные белки, поэтому они осаждаются только при большой концентрации водоотнимающих веществ. Альбумины играют важную роль в поддержании осмотического давления крови. Если концентрация альбуминов ниже 30 г/л, изменяется осмотическое давление крови, что приводит к возникновению отеков. Около 75-80 % осмотического давления крови приходится на долю альбуминов.

Глобулины – белки с большей молекулярной массой, слабокислые или нейтральные белки (ИЭТ = 6–7,3). Некоторые из глобулинов обладают способностью к специфическому связыванию веществ (специфические переносчики).

Классификация белков, основанная на их растворимости:

Альбумины	Растворимы в воде и солевых растворах. Не имеют особенностей в смысле содержания отдельных аминокислот
Глобулины	Слаборастворимы в воде, но хорошо растворимы в солевых растворах. Не имеют особенностей в смысле содержания отдельных аминокислот
Проламины	Растворимы в 70-80%-ном этаноле, но нерастворимы в воде и в абсолютном этаноле. Богаты аргинином
Гистоны	Растворимы в солевых растворах
Склеропотеины	Нерастворимы в воде и солевых растворах. Повышено содержание глицина, аланина и пролина

Возможно фракционирование белков сыворотки крови на альбумины и глобулины методом высаливания с помощью $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. В насыщенном растворе осаждаются альбумины как более легкая фракция, в полунасыщенном – глобулины. Альбумины растворимы в воде и в крепких растворах солей (осаждаются лишь при более чем 50 %-ном насыщении раствора солью), а глобулины растворимы только в растворах солей средней концентрации (8-15 %-ных). В растворах с более

высокой и более низкой концентрацией соли растворимость глобулинов уменьшается.

Опыт 1. Высаливание белков сульфатом аммония

В водном растворе белков их частицы заряжены и гидратированы, что обуславливает устойчивость белковых растворов. Но при высокой концентрации солей, происходит разрушение водных оболочек белковых молекул и снимается заряд с белковой молекулы адсорбирующимися на ней ионами соли. В результате этих двух процессов белковые растворы теряют устойчивость, частицы белка слипаются друг с другом, укрупняются и, наконец, выпадают в осадок [8].

Ход работы. Наливают в пробирку 1-1,5 мл раствора белка, добавляют равный объем насыщенного раствора сульфата аммония и слегка встряхивают смесь. Появляется муть от выпадающего осадка глобулинов.

Мутную жидкость фильтруют через сухой складчатый фильтр. Часть прозрачного фильтрата нагревают до кипения и наблюдают свертывание альбуминов, находящихся в растворе. К другой части фильтрата добавляют при помешивании избыток сульфата аммония в порошке до прекращения его растворения. Появляется муть или хлопья выпадающего в осадок альбумина (сравнить с исходным фильтратом). Осаждение белков солями является обратимым процессом, и при добавлении воды белки снова растворяются.

Опыт 2. Свертывание белков при нагревании

Свертывание белков — процесс необратимого осаждения, так как белковые молекулы при этом меняют свою структуру. Выпадение белков в осадок при нагревании — характерно почти для всех белков (исключение желатин).

Способность свертываться весьма типична для белков. Одни из них свертываются от нагревания, другие от действия кислот и почти все — от прибавления спирта. Кроме того, некоторые белки свертываются под влиянием определенных ферментов. Так, при выходе крови из кровеносных сосудов в ней образуется особый фермент. Этот последний свертывает один из белков крови, называемый фибриногеном.

Хорошо известно, что свертывание белков при нагревании находится в зависимости от реакции среды. Очень часто свертывание идет особенно хорошо при слабокислой реакции, сильнокислая или щелочная реакции понижают способность к свертыванию. Так, например, альбумины (например, хлебных зерен), выделенные в достаточно чистом виде, в водном растворе при нагревании свертываются слабо, но если прибавить немного соляной или уксусной кислоты, т.е. ввести водородные ионы и тем самым понизить рН, свертывание наступает быстро.

Белки, как амфотерные электролиты, могут диссоциировать как кислоты, и как основания. В водной среде, особенно вблизи изоэлектрической точки, молекулы белка представлены в виде нейтрального биполярного иона. В кислой среде подавляется диссоциация белка по карбоксильным группам, и молекула белка заряжается положительно. В щелочной среде понижается диссоциация белка по радикалам диаминокислот, и молекулы его приобретают отрицательный заряд, вследствие чего остаются в растворе даже при нагревании до кипения. Добавление к раствору белка нейтральных солей (хлорида натрия, сульфата аммония) облегчает и ускоряет свертывание белков при кипении из-за дегидратирования белковых частиц [8, 9].

Ход работы. В пять пробирок наливают по 2 мл раствора белка. Затем:

а) нагревают содержимое первой пробирки. Осадок белка появляется еще до того, как жидкость закипит.

б) добавляют во вторую пробирку одну каплю 1%-ного раствора уксусной кислоты и нагревают. Хлопьевидный осадок белка выпадает скорее и полнее вследствие того, что в результате подкисления рН раствора приблизился к изоэлектрической точке белка.

в) добавляют в третью пробирку около 0,5 мл 10%-ного раствора уксусной кислоты и нагревают. Осадок белка не образуется даже при кипячении.

г) добавляют в четвертую пробирку около 0,5 мл 10%-ного раствора уксусной кислоты, несколько капель насыщенного раствора хлорида натрия и нагревают. Образуется осадок белка.

д) добавляют в пятую пробирку около 0,5 мл раствора гидроксида натрия и нагревают. Осадок белка не образуется даже при кипячении.

Опыт 3. Осаждение белков концентрированными минеральными кислотами

Концентрированные минеральные кислоты вызывают необратимое осаждение белков. Это связано как с дегидратацией белковых молекул, так и с денатурацией белка [9].

Ход работы. В три сухие пробирки наливают по 1-2 мл концентрированной азотной, серной и соляной кислот. Затем, наклонив каждую пробирку, осторожно по стенке приливают в нее из пипетки по 0,5 мл исследуемого раствора белка так, чтобы он не смешивался с кислотой. В месте соприкосновения двух жидкостей появляется белый аморфный осадок белка. При встряхивании осадок, выпавший при действии азотной кислоты, увеличивается, а осадки, выпавшие при действии соляной и серной кислот, растворяются в их избытке. Желатин не осаждается минеральными кислотами.

Опыт 4. Осаждение белков органическими кислотами

Сульфосалициловая и трихлоруксусная кислоты являются чувствительными и специфическими реактивами на белок [8]. Трихлоруксусная кислота осаждает только белки и не осаждает продукты распада белка – аминокислоты, поэтому его используют для полного удаления белков из биологических жидкостей.

Ход работы. В две пробирки наливают по 2-3 мл раствора белка и добавляют в одну из них несколько капель 5%-ного раствора трихлоруксусной кислоты, в другую – несколько капель 20%-ного раствора сульфосалициловой кислоты. В обоих случаях наблюдается выпадение осадка белка.

Опыт 5. Осаждение белков солями тяжелых металлов

Соли тяжелых металлов (Hg, Ag, Cu, Pb и др.) вызывают необратимое осаждение белков, образуя нерастворимые осадки. Растворение осадков денатурированных белков в избытке солей тяжелых металлов называется адсорбционной пептизацией [8].

Ход работы. В две пробирки наливают 1-1,5 мл исследуемого раствора белка и медленно, по каплям при встряхивании прибавляют в одну из них раствор сульфата меди, а в другую – раствор ацетата свинца. Выпадает хлопьевидный осадок вследствие образования малорастворимого солеобразного соединения (с солью меди – голубого цвета, с солью свинца – белого цвета). При избытке реактива осадок снова растворяется.

Опыт 6. Осаждение белков фенолом и формалином

Ход работы. В две пробирки, содержащие по 1-2 мл раствора белка, добавляют: в первую – равный объем насыщенного водного раствора фенола, а во вторую – равный объем формалина. В обеих пробирках выпадает осадок белка. От действия фенола осадок выпадает быстрее.

Опыт 7. Осаждение белков спиртом

Ход работы. В пробирку наливают 1-1,5 мл раствора белка и добавляют немного кристаллического хлорида натрия. Приливают постепенно туда же 5-6 мл этилового спирта. Выпадает хлопьевидный осадок белка вследствие дегидратации белковых молекул при добавлении спирта [8].

Опыт 8. Осаждение белков вольфрамом натрия

Вольфрамат натрия один из лучших осадителей белков, часто применяют для депротеинизации биологических жидкостей и экстрактов [8].

Ход работы. К 3 мл раствора белка прибавляют 0,5 мл 0,66 н раствора серной кислоты и после перемешивания – 0,5 мл 10%-ного раствора вольфрамата натрия. Выпадает осадок. Вольфрамат натрия – один из лучших осадителей белков.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключаются трудности выделения белков из биологического материала?
2. Приведите примеры белков, впервые выделенных из биологических препаратов.

3. Какие существуют методы измельчения биологических препаратов?
4. Перечислите методы фракционирования белковых препаратов и дайте характеристику каждому методу.
5. Исходя из химической природы радикалов аминокислот, предскажите химические реакции, в которые вступают белковые молекулы. Приведите примеры.
6. На чем основано осаждение белков солевыми растворами? Как осаждаются альбумины и глобулины куриного яйца раствором сернокислого аммония?
7. Приведите примеры свертывания белков пищевых продуктов при варке?
8. Что такое денатурация белков? Какие изменения происходят в структуре белка при денатурации?
9. Объясните, почему осаждение белков зависит от значения pH среды? Что такое изоэлектрическая точка белка?
10. Чем отличается осаждение белков солями от денатурации?
11. Почему белки осаждаются при действии концентрированных минеральных кислот?
12. Какое практическое применение находит осаждение белков органическими кислотами (трихлоруксусной, сульфосалициловой)?
13. Какое практическое значение имеет осаждение белков солями тяжелых металлов (Hg^{2+} , Ag^+ , Cu^{2+} , Pb^{2+})?
14. Какова химическая природа осаждения белков фенолом и формалином? С какими функциональными группами аминокислотных радикалов реагируют формалин и фенол?

Задания для самостоятельной работы:

1. Постоянно встречающихся в составе белков аминокислот 20 (в том числе 2 амида). Составьте их формулы и классифицируйте?
2. Покажите способы получения α -аминопропионовой кислоты (аланина) тремя разными способами (циангидриновым, из α -галогенокислоты и фталимидным методом по Габриэлю).
3. Что называют изоэлектрической точкой аминокислоты? Куда будет перемещаться аланин: к аноду, катоду или останется на линии старта при значениях pH 4,5; 6,5; 9,0?

4. Какие способы получения пептидов можете предложить из α -аминокислот и их производных?
5. Какие способы защиты аминогруппы существуют? Карбобензоксихлорид служит защитой аминогруппы. Как он образуется?
6. Получите дипептид валил-лейцин, используя в качестве защиты аминогруппы карбобензоксихлорид.
7. Получите тетрапептид аланил-валил-фенилаланил-триптофан с помощью карбобензоксихлорида.
8. Какие существуют способы определения N-концевой аминокислоты? Укажите основные принципы этих методов.
9. Составьте схему определения N-концевой аминокислоты в тетрапептиде $(\text{H}_2\text{N})\text{фен-арг-гли-асп}(\text{OH})$ с помощью динитрофторбензола.
10. Как определяют C-концевую аминокислоту в пептидах?
11. Составьте схему гидролиза трипептида $(\text{H}_2\text{N})\text{фен-арг-гли}(\text{OH})$.
12. Покажите схему определения последовательности аминокислотных остатков с помощью фенилизотиоцианата в тетрапептиде $(\text{H}_2\text{N})\text{ала-фен-гис-асп}(\text{OH})$.
13. Изобразите общую схему расшифровки первичной структуры белковой молекулы. Какую роль играют в определении первичной структуры белковой молекулы ферменты трипсин, химотрипсин, а также бромциан?

5. УГЛЕВОДЫ

5.1. Качественные реакции на углеводы

Углеводы являются основным энергетическим материалом. При окислении 1 грамма углеводов выделяются 4,1 ккал энергии и 0,4 г воды. В крови содержится 100—110 мг% глюкозы. От концентрации глюкозы зависит осмотическое давление крови [4].

В суточном рационе человека и животных преобладают углеводы. Травоядные получают крахмал, клетчатку, сахарозу. Хищники получают гликоген с мясом.

В организме животных и растений они выполняют следующие функции:

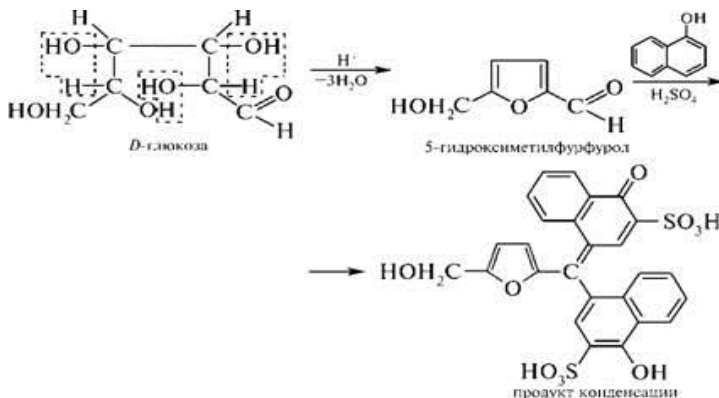
Функция	Примеры и пояснения
Энергетическая	Основной источник энергии для всех видов работ, происходящих в клетках. При расщеплении 1 г углеводов выделяется 17,6 кДж
Структурная	Из целлюлозы состоит клеточная стенка растений, из муреина — клеточная стенка бактерий, из хитина — клеточная стенка грибов и покровы членистоногих
Запасающая	Резервным углеводом у животных и грибов является гликоген, у растений — крахмал, инулин
Защитная	Слизи предохраняют кишечник, бронхи от механических повреждений. Гепарин предотвращает свертывание крови у животных и человека

Опыт 1. Реакция Подобедова-Молиша с α -нафтолом

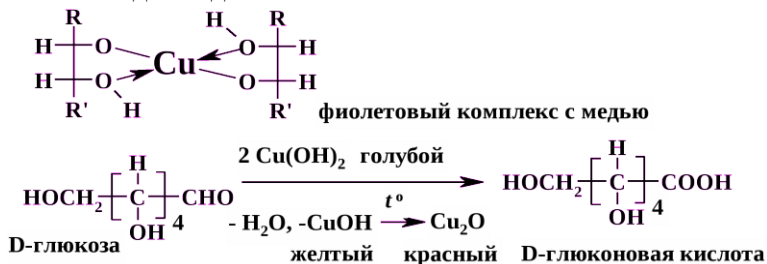
Чувствительной реакцией на углеводы является реакция с α -нафтолом в кислой среде.

Ход работы. В пробирку берут 1 мл испытуемого раствора, добавляют 2-3 капли 10%-ного спиртового раствора α -нафтола и по стенке пробирки осторожно приливают, без встряхивания, 2 мл концентрированной серной кислоты. Серная кислота опускается на дно пробирки, и на границе двух жидкостей образуется кольцо красно-фиолетового цвета. Фурфурол и 5-оксиметил фурфурол, образующиеся из углеводов под действием серной кислоты, конденсируясь с 2 моль α -

нафтола дают триарилметановый хромоген, окрашенный в фиолетово-розовый цвет:



Опыт 2. Реакция Троммера. Моносахариды в щелочной среде восстанавливают оксид меди (II) в оксид меди (I), а сами окисляются до альдегидных кислот.

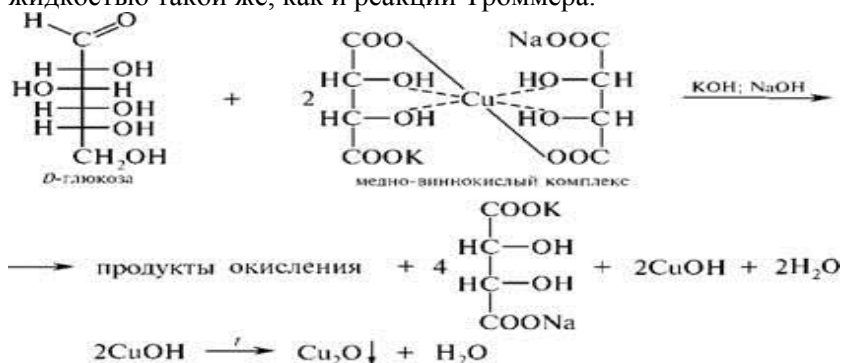


Ход работы. В пробирку наливают 1-2 мл раствора глюкозы и равный объем 10%-ного раствора гидроксида натрия. К смеси прибавляют при встряхивании по каплям 5%-ный раствор сульфата меди до появления не исчезающей мути гидроксида меди (II). Осторожно нагревают верхнюю часть содержимого пробирки. Появляется желтое окрашивание, переходящее в красное (гидроксид меди (I) переходит в оксид меди (II)), что указывает на положительную реакцию Троммера.

Опыт 3. Реакция с фелинговой жидкостью

Нередко пользуются так называемой фелинговой жидкостью, в которой ион меди в степени окисления +2

находится в виде комплексного соединения с тартратами [4].
Механизм реакции редуцирующих углеводов с фелинговой жидкостью такой же, как и реакции Троммера.

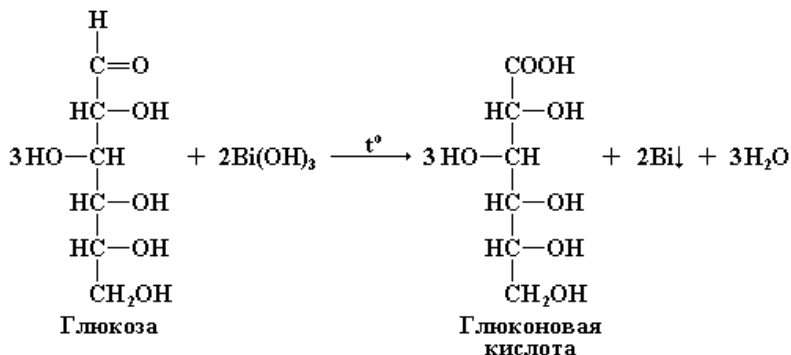


Преимуществом фелинговой жидкости является то, что медь при избытке реактива не выпадает в виде оксида меди (II).

Ход работы. К 1-2 мл раствора глюкозы приливают равный объем фелинговой жидкости и смесь нагревают до начинающегося кипения. Образуется красный осадок оксида меди (I). Прodelьвают реакцию с фелинговой жидкостью с растворами мальтозы, сахарозы и крахмала.

Опыт 4. Реакция Ниландера

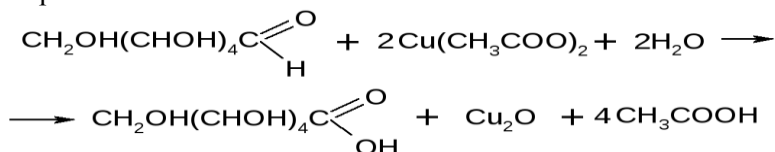
Для обнаружения редуцирующих сахаров часто применяют также соли висмута (реакция Ниландера) [4]. Соли висмута особенно удобны для обнаружения сахара в моче, так как в отличие от солей меди, они не восстанавливаются мочевой кислотой.



Ход работы. К 1—2 мл раствора глюкозы прибавляют 0,5—1 мл реактива Ниландера и осторожно кипятят около 2 мин. Появляется сначала коричневое, а затем черное окрашивание от мелкого осадка металлического висмута. Проводят реакцию с растворами мальтозы, сахарозы, крахмала.

Опыт 5. Реакция Барфед (отличие восстанавливающих дисахаридов от моносахаридов)

Проба Барфед отличается от всех предыдущих реакций восстановления того или иного реагента тем, что окисление сахара протекает не в щелочной среде, а в среде, близкой к нейтральной.



В этих условиях редуцирующие дисахариды в противоположность моносахаридам практически не окисляются, что позволяет отличить их от моносахаридов.

Ход работы. К 5 мл реактива Барфед прибавляют 1 мл раствора исследуемого сахара. Смесь нагревают на водяной бане в течение 10 мин. Моносахариды восстанавливают реактив до оксида меди (I), дисахариды реакции не дают. Следует избегать длительного кипячения, так как дисахариды в кислой среде могут гидролизироваться до моносахаридов, и в результате реакция Барфед станет положительной.

Опыт 6. Реакция Селиванова на кетозы

При нагревании фруктозы (и других кетогексоз) с соляной кислотой образуется оксиметилфурфурол, который с резорцином образует соединение, окрашенное в вишнево-красный цвет [4].

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

Ход работы. В две пробирки наливают по 3 мл реактива Селиванова, в одну из них прибавляют 3 капли раствора фруктозы, в другую — 3 капли раствора глюкозы. Обе пробирки

OC[C@H](O)[C@H](O)[C@@H](O)CO
 $\xrightarrow[-3\text{H}_2\text{O}]{\text{HCl}}$
OC[C@H]1C=CC(=O)O1

 фруктоза
 5-гидроксиметилфурфурол

OC[C@H]1C=CC(=O)O1
+
Oc1ccc(O)cc1
 $\rightarrow$
OC[C@H]1C=CC(=O)O1
O=C1C=CC(=O)C=C1

 продукт конденсации красного цвета

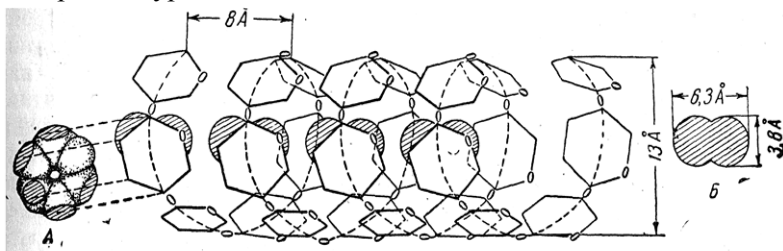
OC[C@H]1O[C@H](O[C@H]2[C@@H](O)[C@H](O)[C@@H](O)O2)[C@H](O)[C@H](O)[C@H]1O
 $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}, \text{H}^+}$

 сахароза

OC[C@H]1O[C@H](O[C@H]2[C@@H](O)[C@H](O)[C@@H](O)O2)[C@H](O)[C@H](O)[C@H]1O
 $\rightarrow$
OC[C@H]1O[C@H](O[C@H]2[C@@H](O)[C@H](O)[C@@H](O)O2)[C@H](O)[C@H](O)[C@H]1O

 α-D-глюкопираноза
 β-D-фруктофураноза

При взаимодействии крахмала и гликогена с йодом образуются комплексные адсорбционные соединения, окрашенные в реакции с крахмалом в синий цвет, а с гликогеном – в красно-бурый цвет.



Различие в цвете комплексов обусловлено химической структурой крахмала и гликогена [4]. При нагревании окраска

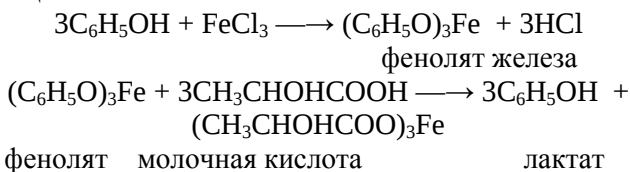
исчезает, но появляется опять при охлаждении, что свидетельствует об образовании нестойких комплексов крахмала и гликогена с йодом. Обесцвечивание происходит также при добавлении гидроксида натрия или калия. Исчезновение окраски при нагревании и добавлении щелочи обусловлено тем, что в образовании комплексов принимает участие молекулярный йод, а не иодит-ионы.

Ход работы. К 2-3 мл раствора крахмала прибавляют 1-2 капли раствора Люголя. Раствор окрашивается в синий цвет. Содержимое пробирки делят на три части: к первой части прибавляют 1-2 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия, ко второй – 2-3 мл этилового спирта, третью часть нагревают. Во всех случаях окраска исчезает, причем в третьей пробе окраска вновь появляется при охлаждении. Реакция основана на образовании нестойкого адсорбционного соединения иода с амилозой.

В пробирку наливают 2-3 мл раствора гликогена, добавляют 1-2 капли раствора Люголя, перемешивают, появляется красно-бурое окрашивание. Окраска усиливается при добавлении нескольких кристалликов хлорида натрия, но исчезает при добавлении раствора гидроксида натрия или нагревании. Различие в цвете комплексов иод-крахмала и иод-гликогена свидетельствует о различии структур крахмала и гликогена.

Опыт 8. Обнаружение молочной кислоты в мышечной ткани

Метод основан на том, что молочная кислота в присутствии фенолята железа (реактив Уффельмана), окрашенного в фиолетовый цвет, образует лактат железа желто-зеленого цвета:



Ход работы. Мышечную ткань пропускают через мясорубку, затем 2-3 г ее растирают с 5-7 мл воды в фарфоровой

ступке. Полученную мышечную кашицу фильтруют через двойной слой марли. Фильтрат кипятят в течение 1 мин, охлаждают, фильтруют через влажный складчатый фильтр. В три пробирки наливают по 5 мл 1 %-ного раствора фенола и в каждую из них прибавляют по каплям 1 %-ный раствор хлорида железа (III) до появления интенсивного фиолетового окрашивания (реактив Уффельмана). Затем в одну пробирку приливают 1 мл 0,5 %-ного раствора молочной кислоты, во вторую – вытяжку из мышечной ткани, а в третью – 1 мл воды. Содержимое пробирок перемешивают. В первой и второй пробирке фиолетовый цвет переходит в зеленовато-желтый, указывающий на наличие молочной кислоты; в третьей пробирке цвет раствора не меняется [8].

Контрольные вопросы:

1. Составьте формулы глюкозы, фруктозы, маннозы, галактозы, арабинозы, рибозы. Отметьте, почему их относят к редуцирующим сахарам?
2. Напишите уравнения реакций Троммера, Ниландера, Фелинга с глюкозой, фруктозой, рибозой. Сделайте соответствующие выводы.
3. Напишите уравнения вышеназванных реакций с мальтозой и лактозой.
4. Почему дисахариды делят на восстанавливающие и невосстанавливающие?
5. С помощью какой реакции можно отличить восстанавливающие дисахариды от моносахаридов?
6. С помощью какой реакции можно отличить кетозы (фруктозу) от альдоз (глюкозы)?
7. Опишите, что наблюдали при действии иода на крахмал и гликоген? Почему при нагревании окраска исчезает?
8. Сделайте вывод о том, какое практическое применение находят качественные реакции на углеводы?

Задания для самостоятельной работы:

1. Изобразите синтез фрагмента амилозы исходя из мальтозы.
2. Как происходит биосинтез крахмала и целлюлозы?

3. Как происходит биосинтез сахарозы в растениях, лактозы в животных организмах?
4. Напишите формулу фрагмента молекулы крахмала с точкой ветвления. Укажите биологическую роль пищевого крахмала для человека.
5. Приведите примеры гетерополисахаридов. Укажите их функции в организме.
6. Приведите примеры дисахаридов, укажите названия мономеров, которые входят в их состав.
7. Составьте формулы фосфорных эфиров: глюкозо-6-фосфата, глюкозо-1-фосфата, фруктозо-1,6-дифосфата, рибозо-5-фосфата, 5-фосфорибозил-1-пирофосфата, рибулозо-5-фосфата. Отметьте особенности фосфорных эфиров моносахаридов.
8. Напишите уравнение реакции изомеризации глюкозо-6-фосфата в глюкозо-1-фосфат. Укажите фермент.
9. Укажите дальнейшее превращение глюкозо-1-фосфата.
10. Биологический смысл пентофосфатного пути превращения глюкозы (схема распада по таблице).
11. Напишите уравнение реакции изомеризации глюкозо-6-фосфата в фруктозо-6-фосфат. Укажите фермент.
12. Напишите уравнение реакции образования фруктозо-1,6-дифосфата и схему его дихотомического распада.
13. Составьте схему окислительно-восстановительного превращения 3-фосфоглицеринового альдегида до пирувата.
14. Составьте формулу рибулозо-1,5-дифосфата и изобразите его енольную и оксиформы.
15. Напишите уравнение реакции превращения 3-фосфоглицериновой кислоты в 3-фосфоглицериновый альдегид.
16. Изобразите общую схему биосинтеза фосфорных эфиров моносахаридов, исходя из 3-фосфоглицеринового альдегида.
17. Образование глюкозо-6-фосфата и ее взаимоотношения с фосфорными эфирами других гексоз. Напишите уравнение реакции образования глюкозо-6-фосфата. Укажите фермент.
18. Представьте в виде схемы включение фруктозы в гликолиз. Укажите ферменты. Назовите заболевание, вызванное нарушением утилизации фруктозы.

19. Представьте в виде схемы включение галактозы в гликолиз. Укажите ферменты. Назовите заболевание, вызванное нарушением утилизации галактозы.
20. Представьте в виде схемы I стадию анаэробного распада глюкозы. Обозначьте реакции, идущие с потреблением АТФ.
21. Представьте в виде схемы II стадию анаэробного распада глюкозы. Обозначьте реакции: окислительно-восстановительные, субстратного фосфорилирования.
22. Рассчитайте сколько молекул АТФ образуется и сколько накапливается в клетке при распаде 1 молекулы глюкозы до лактата. Укажите биологическую роль анаэробного окисления глюкозы.
23. Напишите реакции субстратного фосфорилирования гликолиза. Назовите ферменты. Назовите ткани, в которых анаэробный распад глюкозы протекает наиболее интенсивно.
24. Напишите окислительно-восстановительные реакции гликолиза. Назовите ферменты. Почему в анаэробных условиях конечным продуктом распада глюкозы является лактат?
25. Напишите необратимые реакции гликолиза. Назовите ферменты. Перечислите физиологические и патологические состояния организма, при которых анаэробный распад глюкозы становится важным поставщиком АТФ в клетке.
26. Напишите реакции образования фруктозо-1,6-дифосфата из глюкозы. Назовите ферменты. Укажите реакции, идущие с потреблением АТФ.
27. Напишите реакции образования 1,3-дифосфоглицерата из фруктозо-1,6-дифосфата. Назовите ферменты.
28. Напишите реакции образования 3-фосфоглицериновой кислоты из фосфодиоксиацетона. Назовите ферменты.
29. Напишите реакции образования пирувата из 3-фосфоглицерата. Назовите ферменты.
30. Напишите реакции гликолиза, протекающие с потреблением АТФ. Назовите ферменты. Укажите значение процесса фосфорилирования глюкозы в клетке.

6. ЛИПИДЫ

6.1. Определение констант жиров

К липидам относят группу нерастворимых в воде органических соединений, которые можно извлечь из клетки органическими растворителями (эфиром, хлороформом, бензолом) [4]. Липиды выполняют в организме различные биологические функции:

Функция	Примеры и пояснения
Энергетическая	При расщеплении 1 г липидов выделяется 38,9 кДж.
Структурная	Фосфолипиды, гликолипиды и липопротейны принимают участие в образовании клеточных мембран.
Запасающая	Жиры и масла являются резервным пищевым веществом у животных и растений. Важно для животных, впадающих в холодное время года в спячку или совершающих длительные переходы через местность, где нет источников питания. Масла семян растений необходимы для обеспечения энергией проростка.
Защитная	Прослойки жира и жировые капсулы обеспечивают амортизацию внутренних органов. Слои воска используются в качестве водоотталкивающего покрытия у растений и животных.
Теплоизоляционная	Подкожная жировая клетчатка препятствует оттоку тепла в окружающее пространство. Важно для водных млекопитающих или млекопитающих, обитающих в холодном климате.
Регуляторная	Гиббереллины регулируют рост растений. Половой гормон тестостерон отвечает за развитие мужских вторичных половых признаков. Половой гормон эстроген отвечает за развитие женских вторичных половых признаков, регулирует менструальный цикл. Минералокортикоиды контролируют водно-солевой обмен. Глюкокортикоиды принимают участие в регуляции углеводного и белкового обменов.
Источник воды	При окислении 1 кг жира выделяется 1,1 кг воды. Важно для обитателей пустынь.
Каталитическая	Жирорастворимые витамины А, D, Е, К являются кофакторами ферментов, т.е. сами по себе они не обладают каталитической активностью, но без них ферменты не могут выполнять свои функции.

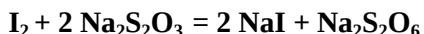
Основные физико-химические показатели различных жиров:

Жиры и масла	Температура, °С		Йодное число	Кислотное число
	плавления	застывания		
Молочный жир	27–34	18–23	28–45	220–234
Животные жиры:				
говяжий	42–52	30–38	32–47	190–200
свиной	36–42	26–32	46–66	193–203
бараний	44–55	32–45	31–46	192–198
Растительные масла:				
подсолнечное	--	16–19	119–145	186–194
хлопковое	--	0–6	110–116	189–199
кукурузное	--	10–20	111–133	187–190

Опыт 1. Йодное число

Йодное число определяет степень ненасыщенности жиров. Ненасыщенность липидов зависит от наличия в их составе непредельных жирных кислот. Они способны присоединять по месту каждой двойной связи по два атома галогена. Йодное число измеряется количеством граммов йода, которое присоединяется к 100 г образца [8].

Ход работы. Навеску масла 0,2-0,4 г помещают в коническую колбу на 250 мл. В колбу добавляют 10 мл 95%-ного этилового спирта для растворения навески. Параллельно проводят холостой опыт (без навески образца). Затем в каждую колбу добавляют 6,0 мл 0,2 н. спиртового раствора йода (из пипетки), содержимое хорошо перемешивают и добавляют еще 50 мл дистиллированной воды. Хорошо перемешивают содержимое колбы и закрывают пробкой. Через 5 минут проводят титрование 0,1 н раствором тиосульфата натрия в присутствии 1 мл раствора крахмала. Титруют до исчезновения синего окрашивания.



Расчет йодного числа проводят по формуле:

$$K_J = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 0,0127 \cdot 100}{g}$$

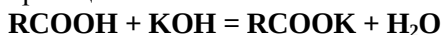
где K_J – йодное число, г/100 г;

V_1 – количество 0,1 н раствора тиосульфата натрия, пошедшего на титрование холостого опыта, мл;

V_2 - количество 0,1 н раствора тиосульфата натрия, пошедшего на титрование рабочего опыта, мл;
0,0127 – титр 0,1 н тиосульфата натрия по йоду, г/мл;
г- навеска масла.

Опыт 2. Кислотное число

Кислотное число или кислотность – количество миллиграммов едкого кали, необходимое для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 0,5 г липидов [8]. Принцип метода заключается в нейтрализации масла титрованным раствором КОН, в результате чего между едким кали и находящимися в масле свободными жирными кислотами идет следующая реакция:



где RCOOH – жирная кислота.

По количеству раствора КОН, затраченного на нейтрализацию кислот, судят о величине кислотного числа.

Ход работы. В чистую коническую колбу емкостью 50–100 мл на аналитических весах взвешивают 0,5 г масла, прибавляют 10 мл предварительно нейтрализованной по фенолфталеину смеси эфира с 96%-ным спиртом и растворяют масло. Если масло растворяется плохо, смесь в колбе тщательно перемешивают и слабо нагревают в горячей воде при встряхивании. После растворения жира в колбу добавляют несколько капель 1 % спиртового раствора фенолфталеина и титруют 0,1 н водным раствором КОН до появления ярко-розовой окраски. Окраска раствора должна сохраняться в течение 30-60 с. Если для исследования был взят темно-окрашенный жир, в котором трудно наблюдать появление розовой окраски, вместо фенолфталеина берут 1 %-ный раствор тимолфталеина и титруют до появления синей окраски.

Величину кислотного числа вычисляют по формуле:

$$K_{\text{ч}} = \frac{5,16 \cdot V \cdot k \cdot T}{g}$$

где $K_{\text{ч}}$ – кислотное число, мг/г;

V - количество 0,1 н раствора КОН, затраченное на титрование, мл;

k – поправка к титру КОН

T – титр KOH, мг/мл

g – навеска масла, г

5,16 - количество KOH

Контрольные вопросы:

1. Что такое жиры? Приведите примеры жиров.
2. Какие кислоты входят в состав жиров? Составьте формулы предельных и непредельных кислот.
3. Что такое иодное число жиров? Рассчитайте иодное число триолеина.
4. Расположите следующие жиры в ряд по убывающей степени насыщенности: свиное сало, коровье масло, маргарин, подсолнечное масло.
5. Определите иодное число жира, если 400 г его присоединяют 25,4 г иода.
6. Что называют кислотным числом жира? Как определяют кислотное число? Рассчитайте кислотное число жира, если на титрование 100 г его потрачено 10 мл 0,1N раствора гидроксида калия.
7. Что называют числом омыления жиров, как его находят?
8. Сделайте общий вывод, какие качества жиров характеризуют константы жиров?
9. Какое практическое значение имеет определение констант жиров для характеристики обмена жиров в организме?

Задания для самостоятельной работы:

1. Перечислите функции мембранных белков. Назовите основные типы взаимодействия белков с липидами и особенности локализации в мембране.
2. Приведите эмпирические формулы и названия жирных кислот, наиболее часто встречающихся в составе мембранных фосфолипидов.
3. Перечислите мембранные глицерофосфолипиды, напишите формулу одного из них. Назовите компоненты, входящие в его состав.
4. Напишите формулу фосфатидилхолина, назовите компоненты, входящие в его состав, обозначьте гидрофильную и гидрофобную части молекулы.

5. Напишите формулу фосфатидилэтаноламина, назовите компоненты, входящие в его состав, обозначьте гидрофильную и гидрофобную части молекулы.
6. Напишите формулу фосфатидилсерина, назовите компоненты, входящие в его состав, обозначьте гидрофильную и гидрофобную части молекулы.
7. Напишите формулу фосфатидилинозитола, назовите компоненты, входящие в его состав, обозначьте гидрофильную и гидрофобную части молекулы.
8. Напишите формулу сфингомиелина, назовите компоненты, входящие в его состав, обозначьте гидрофильную и гидрофобную части молекулы.
9. Назовите гликолипиды, входящие в состав мембран. Напишите формулу одного из них.
10. Напишите формулу галактоцерамида, назовите компоненты, входящие в его состав, обозначьте гидрофильную и гидрофобную части молекулы.
11. Напишите формулу холестерина, обозначьте гидрофильную и гидрофобную части молекулы. Укажите роль холестерина в биологических мембранах.
12. Охарактеризуйте гидролитический фермент липазу (место образования, факторы необходимые для активации фермента, специфичность, продукты реакции).
13. Охарактеризуйте переваривание фосфолипидов (ферменты, место образования ферментов, продукты гидролиза глицерофосфолипидов).
14. В какой ткани и из какого предшественника образуются желчные кислоты? Что такое парные желчные кислоты? Приведите названия четырех парных желчных кислот.
15. Какова роль парных желчных кислот в переваривании и всасывании липидов. Как происходит всасывание продуктов переваривания липидов? Опишите процесс энтерогапатической циркуляции желчных кислот.
16. Напишите формулу парной желчной кислоты, дайте ее название. Какие особенности строения парных желчных кислот обуславливают их эмульгирующую способность и способность к образованию мицелл?

7. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ВСЕМ РАЗДЕЛАМ

Тестовые задания по всем разделам дисциплины представлены в виде трех типов. Они могут быть использованы при текущем, промежуточном и итоговом контроле знаний студентов. Это позволяет студентам самостоятельно подготовиться к итоговому тестированию и проверить уровень своих знаний.

1. ВЫБЕРИТЕ ОДИН ОТВЕТ:

1. Присутствие любого белка в растворе можно определить с помощью реакции:

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| А. биуретовой | Г. с фенилизотиоцианатом |
| Б. ксантопротеиновой | Д. Фоля |
| В. нингидриновой | |

2. Пептид, на С-конце которого находится иминокислота:

- | | |
|--------------------|--------------------|
| А. вал-иле-сер-тре | Г. мет-глу-лиз-фен |
| Б. цис-ала-про-тир | Д. иле-три-сер-про |
| В. про-гис-гли-три | |

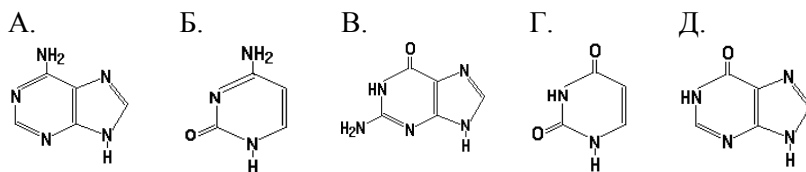
3. Пептид, на N-конце которого находится диаминомонокарбоновая кислота:

- | | |
|--------------------|--------------------|
| А. тре-ала-лиз-про | Г. глу-лей-тре-лиз |
| Б. лиз-сер-гис-гли | Д. три-мет-гли-гли |
| В. асн-вал-иле-арг | |

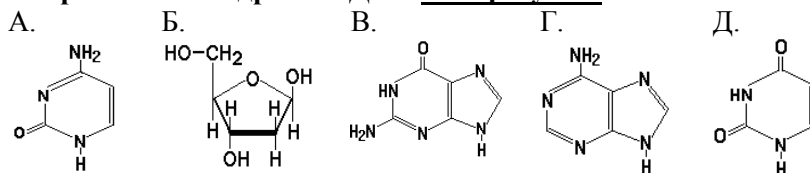
4. Водородные связи образовываться между радикалами аминокислот:

- | | |
|-------------|-------------|
| А. сер, асн | Г. цис, три |
| Б. ала, вал | Д. асп, арг |
| В. глу, асп | |

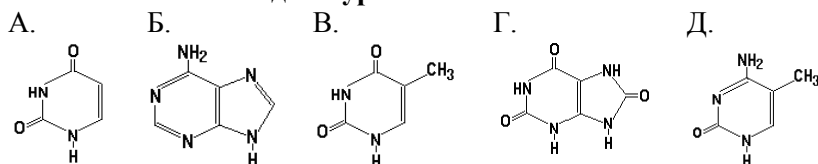
5. Азотистым основанием РНК, комплементарным аденину, является:



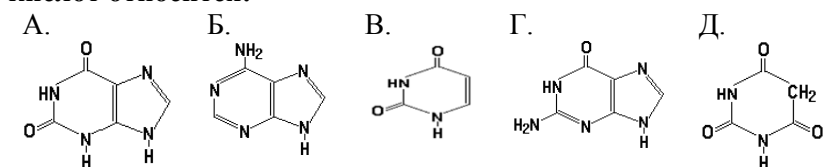
6. При полном гидролизе ДНК не образуется:



7. В состав РНК входит пуриновое основание

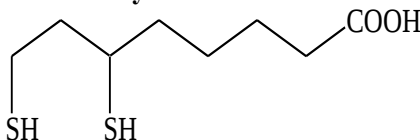


8. К пиримидиновым азотистым основаниям нуклеиновых кислот относится:



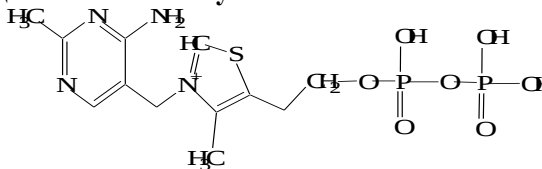
9. На рисунке представлена молекула:

- А. НАД⁺
Б. липоевой кислоты
В. ФАД
Г. ТДФ
Д. НАД·Н₂



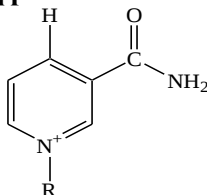
10. На рисунке представлена молекула:

- А. НАД^+
- Б. $\text{ФАД} \cdot \text{H}_2$
- В. ФАД
- Г. ТДФ
- Д. $\text{НАД} \cdot \text{H}_2$



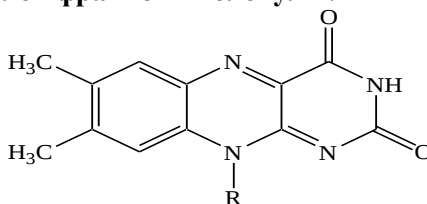
11. На рисунке представлен фрагмент молекулы:

- А. НАД^+
- Б. липоевой кислоты
- В. ФАД
- Г. ТДФ
- Д. $\text{НАД} \cdot \text{H}_2$



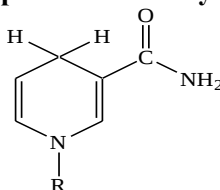
12. На рисунке представлен фрагмент молекулы:

- А. НАД^+
- Б. липоевой кислоты
- В. ФАД
- Г. ТДФ
- Д. НАДН_2



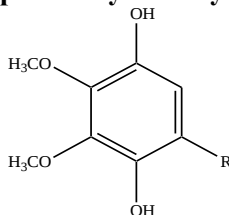
13. На рисунке представлен фрагмент молекулы:

- А. НАД^+
- Б. липоевой кислоты
- В. ФАД
- Г. ТДФ
- Д. НАДН_2



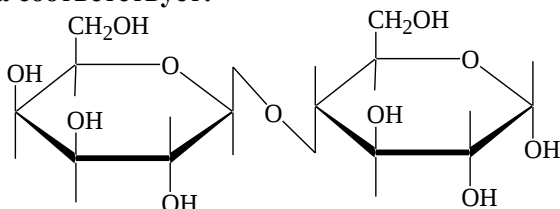
14. Формула соответствует фрагменту молекулы:

- А. НАД^+
- Б. ФАД
- В. $\text{ФАД} \cdot \text{H}_2$
- Г. $\text{НАДН} + \text{H}^+$
- Д. $\text{КоQ} \cdot \text{H}_2$



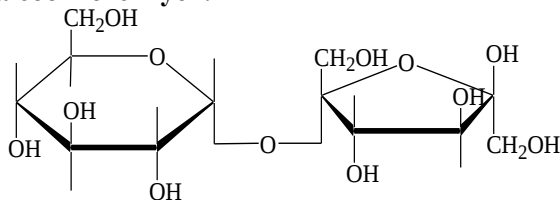
15. Данная формула соответствует:

- А. галактозе
- Б. лактозе
- В. глюкозе
- Г. мальтозе
- Д. фруктозе



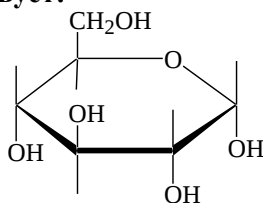
16. Данная формула соответствует:

- А. галактозе
- Б. лактозе
- В. глюкозе
- Г. мальтозе
- Д. сахарозе



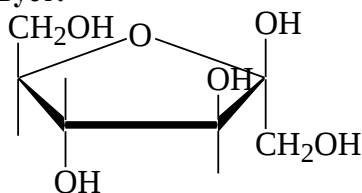
17. Данная формула соответствует:

- А. галактозе
- Б. лактозе
- В. глюкозе
- Г. мальтозе
- Д. фруктозе



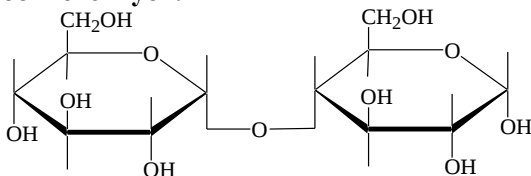
18. Данная формула соответствует:

- А. галактозе
- Б. лактозе
- В. глюкозе
- Г. мальтозе
- Д. фруктозе



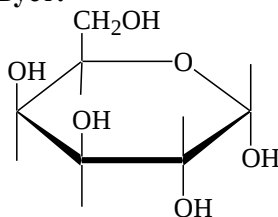
19. Данная формула соответствует:

- А. галактозе
- Б. лактозе
- В. глюкозе
- Г. мальтозе
- Д. фруктозе



20. Данная формула соответствует:

- А. галактозе
- Б. лактозе
- В. глюкозе
- Г. мальтозе
- Д. фруктозе



21. Липиды – природные органические соединения:

- А. Хорошо растворимые в воде
- Б. Нерастворимые в бензоле
- В. Растворимые в кислотах
- Г. Растворимые в неполярных растворителях
- Д. Растворимые в полярных растворителях

22. Сложные эфиры высших жирных кислот с глицерином относятся к:

- А. Сложным липидам
- Б. Простым липидам
- В. Фосфатидам
- Г. Гликолипидам
- Д. Фосфолипидам

23. Тристеарин относится к:

- А. Стеридам
- Б. Воскам
- В. Жирам
- Г. Высшим жирным кислотам
- Д. Высшим карбоновым кислотам

24. Гексокиназа катализирует реакцию превращения:

- А. глюкоза → глюкозо-6-фосфат
- Б. фруктозо-6-фосфат → фруктозо-1,6-дифосфат
- В. фосфоглицериновый альдегид → фосфодиоксиацетон
- Г. фосфоенолпируват → пируват
- Д. 1,3-дифосфоглицерат → 3-фосфоглицерат

25. Глюкокиназа катализирует реакцию превращения:

- А. фруктоза → фруктозо-1-фосфат
- Б. фруктоза → фруктозо-6-фосфат
- В. фруктозо-6-фосфат → фруктозо-1,6-дифосфат

- Г. глюкоза → глюкозо-6-фосфат
Д. галактоза → галактозо-6-фосфат

26. Реакцией субстратного фосфорилирования в гликолизе является превращение:

- А. пируват → лактат
Б. глицеральдегид-3-фосфат → диоксиацетонфосфат
В. 3-фосфоглицерат → 2-фосфоглицерат
Г. 1,3-дифосфоглицерат → 3-фосфоглицерат
Д. 3-фосфоглицерат → фосфоенолпируват

27. Потребление неорганического фосфата происходит в гликолизе, катализируемой:

- А. гексокиназой
Б. пируваткиназой
В. глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназой
Г. фосфофруктокиназой
Д. енолазой

28. Образование НАДН в гликолизе происходит в реакции превращения:

- А. глюкозо-6-фосфат → фруктозо-6-фосфат
Б. диоксиацетонфосфат → глицеральдегид-3-фосфат
В. глицеральдегид-3-фосфат → 1,3-дифосфоглицерат
Г. 2-фосфоглицерат → фосфоенолпируват
Д. пируват → лактат

29. В состав сложных липидов входят спирты:

- А. церамид
Б. глицерол
В. сфингозин
Г. инозитол
Д. этаноламин

30. α-сложноэфирные связи в молекулах триглицеридов подвергаются ферментативному гидролизу при участии:

- А. фосфолипазы
Б. липазы
В. ацетилхолинэстеразы
Г. ацилтрансферазы
Д. аминотрансферазы

2. ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ:

31. К фосфопротеинам относятся

- А. ферритин
- Б. казеиноген
- В. цитохром с
- Г. овальбумин
- Д. миоглобин

32. К хромопротеинам относятся:

- А. ферритин
- Б. каталаза
- В. интерферон
- Г. цитохром с
- Д. миоглобин

33. Свойства генетического кода:

- А. смысл кодонов одинаков для всех видов организмов
- Б. триплет кодирует несколько аминокислот
- В. триплет кодирует одну аминокислоту
- Г. аминокислоте соответствует лишь один кодон
- Д. аминокислота кодируется одним или несколькими триплетами

34. В инициации трансляции участвуют:

- А. метионил-тРНК
- Б. белковые факторы EF
- В. кодон АУГ матричной РНК
- Г. АТФ
- Д. белковые факторы IF

35. В состав иницирующего комплекса входят:

- А. ассоциированные субъединицы рибосомы
- Б. матричная РНК
- В. формилметионил-тРНК
- Г. белковые факторы инициации
- Д. ГТФ

36. В терминации трансляции участвуют

- А. аминоацил-тРНК
- Б. кодон АУГ матричной РНК
- В. белковые факторы EF
- Г. кодон УГА матричной РНК
- Д. белковые факторы RF

37. Денатурация белка может быть вызвана:

- А. изменением температуры
- Б. взаимодействием с лигандами
- В. частичным протеолизом под действием ферментов
- Г. изменением рН
- Д. действием солей тяжелых металлов

38. При высаливании белков плазмы крови при меньшей концентрации сульфата аммония осаждаются глобулины, потому что они по сравнению с альбуминами

- А. более гидрофильны
- Б. более гидрофобны
- В. обладают меньшим электрическим зарядом
- Г. обладают более высокой молекулярной массой
- Д. имеют меньший размер молекулы

39. Разрушение гидратной оболочки белковой молекулы лежит в основе осаждения белка

- А. нагреванием
- Б. этиловым спиртом
- В. ацетоном
- Г. концентрированной H_2SO_4
- Д. концентрированной HNO_3

40. Третичная структура белка стабилизируется связями:

- А. ионными
- Б. дисульфидными
- В. водородными
- Г. сложноэфирными
- Д. гликозидными

41. Факторами устойчивости растворов белка являются

- А. молекулярная масса белка
- Б. способность связывать природные лиганды
- В. наличие простетических групп в молекуле
- Г. гидратная оболочка
- Д. одноимённый электрический заряд

42. Альбумины и глобулины плазмы крови можно разделить методами:

- А. диализа
- Б. электрофореза на бумаге

- В. осаднения трихлоруксусной кислотой
- Г. осаднения хлоридом натрия
- Д. осаднения сульфатом аммония

43. В изoeлектрической точке белковая частица:

- А. наиболее стабильна
- Б. имеет положительный заряд
- В. имеет отрицательный заряд
- Г. электронейтральна
- Д. легко осадняется

44. Для денатурированных белков характерно:

- А. увеличение растворимости в воде
- Б. изменение конформации молекулы
- В. меньшая устойчивость к действию протеолитических ферментов
- Г. потеря биологической активности
- Д. увеличение гидрофобности молекулы

45. Защитную функцию выполняют белки

- А. иммуноглобулины
- Б. гистоны
- В. коллаген и эластин
- Г. альбумины
- Д. интерфероны

46. Процессинг матричной РНК включает:

- А. образование первичного транскрипта
- Б. присоединение 7-метилгуанилата к 5'-концевому участку
- В. присоединение полиаденилового фрагмента к 3'-концевому участку
- Г. вырезание неинформативных участков
- Д. сращивание (сплайсинг) информативных участков

3. УСТАНОВИТЕ СООТВЕТСТВИЕ:

47.

БЕЛКИ:

СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ:

1. Альбумины А. осадняются при 50%-ном насыщении раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
2. Гистоны Б. осадняются при 100%-ном насыщении раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

- В. белки с изоэлектрической точкой 9,5-12,0
- Г. хорошо растворяются в 60-70%-ном этаноле
- Д. обладают молекулярной массой свыше 100 000 Да

48.

БЕЛКИ:

СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ:

- 1. Альбумины А. белки с изоэлектрической точкой 9,5-12,0
- 2. Глобулины Б. являются белковым компонентом нуклеопротеинов
- В. хорошо растворимы в дистиллированной воде
- Г. относятся к фибриллярным белкам
- Д. слабокислые или нейтральные белки

49.

БЕЛКИ:

СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ:

- 1. Гемоглобин А. выполняет функцию депо железа в организме
- 2. Миоглобин Б. содержит одну полипептидную цепь
- В. обладает аллостерическими свойствами
- Г. железопротеин плазмы крови
- Д. выполняет сократительную функцию

50.

БЕЛКИ:

СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ:

- 1. Каталаза А. белок, участвующий в регуляции углеводного обмена
- 2. Инсулин Б. содержит гем в качестве простетической группы
- В. фибриллярный белок, компонент соединительной ткани
- Г. железопротеин плазмы крови
- Д. содержит фосфат, соединенный с остатком серина

51.

БЕЛКИ:

СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ:

- 1. Коллаген А. содержит фосфат, соединенный сложноэфирной связью с остатком серина
- 2. Казеиноген Б. железопротеин плазмы крови

- В. фибриллярный белок, компонент соединительной ткани
- Г. выполняет сократительную функцию
- Д. содержит гем в качестве простетической группы

52.

БЕЛКИ: СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ:

1. Коллаген А. содержит фосфат, соединенный с остатком серина
2. Кератин Б. белок, участвующий в регуляции углеводного обмена
 - В. содержит большое количество остатков цистеина
 - Г. связывая воду, набухает, но не растворяется
 - Д. содержит гем в качестве простетической группы

53.

МАТРИЧНЫЙ БИОСИНТЕЗ:

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА:

1. Репликация ДНК А. Продукт идентичен матрице
2. Транскрипция Б. Направление роста цепи – от 3' к 5'-концу
 - В. Синтез происходит на рибосомах
 - Г. Матрицей является фрагмент ДНК
 - Д. Основной фермент – РНК-зависимая ДНК-полимераза

54.

МАТРИЧНЫЙ БИОСИНТЕЗ:

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА:

1. Репликация ДНК А. матрица – фрагмент одной цепи ДНК
2. Транскрипция Б. происходит на рибосомах
 - В. праймаза осуществляет синтез затравки
 - Г. фермент – аминоксил-тРНК-синтетаза
 - Д. субстратами являются нуклеозидмонофосфаты

55.

МАТРИЧНЫЙ БИОСИНТЕЗ:

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА:

1. Репликация ДНК А. осуществляется по полуконсервативному механизму
2. Трансляция Б. матрицей является фрагмент молекулы ДНК

- В. источник энергии – ГТФ
- Г. продуктом является мРНК
- Д. включает удаление интронов и соединение экзонов

56.

**МАТРИЧНЫЙ
БИОСИНТЕЗ:**

- 1. Транскрипция
- 2. Трансляция

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА:

- А. продукт идентичен матрице
- Б. субстратами являются аминоксил-тРНК
- В. направление роста цепи – от С-конца к N-концу
- Г. происходит в клеточном ядре
- Д. промежуточный продукт синтеза – фрагменты Оказаки

57.

**СТАДИИ
ТРАНСЛЯЦИИ:**

- 1. Инициация
- 2. Элонгация

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА:

- А. Белковые факторы термминации
- Б. Источник энергии – АТФ
- В. Кодоны мРНК – УАА, УГА, УАГ
- Г. Присоединение мет-тРНК к пептид. центру рибосомы
- Д. Белковые факторы EF-1и EF-2

58.

**СТАДИИ
ТРАНСЛЯЦИИ:**

- 1. Инициация
- 2. Терминация

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА:

- А. Фермент – пептидилтрансфераза
- Б. Источник энергии – АТФ
- В. Кодоны мРНК – УАА, УГА, УАГ
- Г. Белковые факторы EF-1 и EF-2
- Д. Кодоны мРНК – АУГ или ГУГ

59.

**СВОЙСТВА
ГЕНЕТИЧЕСКОГО
КОДА:**

- 1. Вырожденный
- 2. Универсальный

ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ:

- А. отсутствие вставок между кодонами
- Б. каждой аминокислоте соответствует триплет нуклеотидов
- В. смысл кодонов одинаков для всех живых организмов

Г. одну аминокислоту может кодировать несколько триплетов
 Д. каждому кодону соответствует только одна аминокислота

60.

**СВОЙСТВА
ГЕНЕТИЧЕСКОГО
КОДА:**

1. Непрерывный
2. Неперекрывающийся

ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ:

А. отсутствие вставок между кодонами
 Б. один и тот же нуклеотид не может принадлежать двум соседним кодонам
 В. одну аминокислоту могут кодировать несколько триплетов
 Г. смысл кодонов одинаков для всех живых организмов
 Д. каждой аминокислоте соответствует только один кодон

61.

**СВОЙСТВА
ГЕНЕТИЧЕСКОГО
КОДА:**

1. Триплетный
2. Универсальный

ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ:

А. одну аминокислоту могут кодировать несколько кодонов
 Б. смысл кодонов одинаков для всех живых организмов
 В. один и тот же нуклеотид не может принадлежать двум соседним кодонам
 Г. аминокислоте соответствует триплет нуклеотидов
 Д. отсутствие вставок между кодонами

62. КИСЛОТА:

1. линолевая
2. α -линоленовая
3. арахидоновая

СТРОЕНИЕ:

А. 20:4 (Δ 5,8,11,14)
 Б. 18:2 (Δ 9,12)
 В. 18:1 (Δ 9)
 Г. 18:3 (Δ 9,12, 15)
 Д. 18:0

63. КИСЛОТА

1. ω -3 кислота
2. ω -6 кислота
3. ω -9 кислота

НАЗВАНИЕ:

- А. Пальмитиновая кислота
- Б. Олеиновая кислота
- В. Линолевая кислота
- Г. Эйкозапентаеновая кислота
- Д. Стеариновая кислота

64. ХАРАКТЕРИСТИКА:

1. имеет самую высокую температуру плавления
2. предшественник в синтезе простагландинов
3. в жире содержится в наибольшем количестве

НАЗВАНИЕ:

- А. Пальмитиновая кислота
- Б. Олеиновая кислота
- В. Арахидоновая кислота
- Г. Стеариновая кислота
- Д. Линолевая кислота

65. ХАРАКТЕРИСТИКА:

1. содержит в своем составе жирные кислоты
2. является одним из основных компонентов мембран
3. расщепляется в жировой ткани при голодании
4. не содержит в своем составе глицерина

НАЗВАНИЕ:

- А. Триацилглицерол
- Б. Фосфатидилхолин
- В. Моноацилглицерол
- Г. Оба
- Д. Ни один

4. ВЫБЕРИТЕ НЕСКОЛЬКО ОТВЕТОВ:**66. Ферменты обладают следующими свойствами:**

- А. расходуются в процессе реакции
- Б. способны смещать химическое равновесие обратимой реакции
- В. ускоряют наступление химического равновесия обратимой реакции

- Г. катализируют только энергетически возможные реакции
- Д. снижают энергию активации реакции

67. Ферменты обладают следующими свойствами:

- А. не расходуются в процессе реакции
- Б. способны смещать химическое равновесие обратимой реакции
- В. ускоряют наступление химического равновесия обратимой реакции
- Г. катализируют только энергетически возможные реакции
- Д. снижают энергию активации реакции

68. Сходство ферментов с небиологическими катализаторами:

- А. ферменты катализируют энергетически возможные реакции
- Б. энергия химической системы остается постоянной
- В. в ходе катализа направление реакции не изменяется
- Г. ферменты не расходуются в процессе реакции
- Д. скорость ферментативной реакции может регулироваться

69. Отличия ферментов от небиологических катализаторов заключаются в том, что:

- А. скорость ферментативных реакций выше
- Б. ферменты обладают высокой специфичностью
- В. в ходе катализа направление реакции не изменяется
- Г. ферменты не расходуются в процессе реакции
- Д. скорость реакции может регулироваться

70. Доказательством белковой природы ферментов являются:

- А. положительная реакция гидролизата с нингидрином
- Б. положительная биуретовая реакция
- В. подвижность в электрическом поле
- Г. неспособность к диализу
- Д. способность ускорять химическую реакцию

71. Ферменты обладают свойствами:

- А. олигодинамичности

- Б. субстратной специфичности
- В. обратимости
- Г. зависимости активности фермента от pH среды
- Д. способности смещать химическое равновесие

72. Скорость ферментативной реакции зависит от:

- А. температуры
- Б. pH среды
- В. концентрации неконкурентных ингибиторов
- Г. концентрации субстрата
- Д. концентрации ферментативного белка

73. Ферментативная активность измеряется в единицах:

- А. общей активности
- Б. удельной активности
- В. абсолютной активности
- Г. относительной активности
- Д. молекулярной активности

74. Для того, чтобы определить общую активность фермента, нужно знать:

- А. разность концентраций субстрата до и после инкубации
- Б. степень разведения биоматериала
- В. количество белка в пробе
- Г. количество биоматериала, взятого на анализ
- Д. время инкубации пробы

75. Для того, чтобы определить удельную активность фермента, нужно знать:

- А. разность концентраций субстрата до и после инкубации
- Б. степень разведения биоматериала
- В. количество белка в пробе
- Г. количество биоматериала, взятого на анализ
- Д. время инкубации пробы

76. К классу оксидоредуктаз относятся:

- | | |
|-------------------|------------------|
| А. гидроксилазы | Г. дегидрогеназы |
| Б. монооксигеназы | Д. оксидазы |
| В. гликозидазы | |

77. К классу гидролаз относятся:

- | | |
|----------------|------------------|
| А. дегидратазы | Г. фосфатазы |
| Б. эстеразы | Д. дегидрогеназы |
| В. гликозидазы | |

78. К классу изомераз относятся:

- | | |
|--------------|--------------|
| А. рацемазы | Г. редуктазы |
| Б. эпимеразы | Д. киназы |
| В. эстеразы | |

79. Кофермент глутатион содержит аминокислоты:

- | | |
|-------------|-------------|
| А. глицин | Г. метионин |
| Б. глутамат | Д. глутамин |
| В. цистеин | |

80. В окислительно-восстановительных реакциях участвуют коферменты:

- | | |
|---------------------------------|--------------|
| А. никотинамидадениндинуклеотид | Г. глутатион |
| Б. флавиномононуклеотид | Д. биотин |
| В. флавинадениндинуклеотид | |

81. В состав коферментов дегидрогеназ входят витамины:

- | | |
|---------------|-------------------------|
| А. тиамин | Г. пантотеновая кислота |
| Б. рибофлавин | Д. никотиновая кислота |
| В. биотин | |

82. АТФ (аденозинтрифосфат) может быть использован в качестве кофермента

- | | |
|----------------------|-------------|
| А. трансферазами | Г. лиазами |
| Б. оксидоредуктазами | Д. лигазами |
| В. гидролазами | |

83. В реакциях, катализируемых пируватдегидрогеназным комплексом, участвуют:

- | | |
|---------------------|-----------|
| А. тиаминдифосфат | Г. HS-КоА |
| Б. биотин | Д. ФАД |
| В. липоевая кислота | |

84. Для конкурентного ингибирования характерно:

- А. связывание ингибитора с активным центром фермента
- Б. структурное сходство ингибитора и субстрата
- В. зависимость степени ингибирования от концентрации ингибитора
- Г. снижение числа оборотов фермента
- Д. связывание ингибитора с участком, отличным от активного центра фермента

85. Для неконкурентного ингибирования характерно:

- А. структурное несходство ингибитора и субстрата
- Б. связывание ингибитора с активным центром фермента
- В. снижение активности фермента вследствие изменения конформации активного центра
- Г. структурное сходство ингибитора и субстрата
- Д. снижение числа оборотов фермента

86. Для аллостерических ферментов характерно:

- А. высокая молекулярная масса
- Б. олигомерность структуры
- В. кооперативные конформационные изменения при наличии эффекторов
- Г. наличие регуляторных центров
- Д. отсутствие активного центра

87. Секретию соляной кислоты стимулирует:

- | | |
|-----------------|----------------|
| А. гастрин | Г. химотрипсин |
| Б. секретин | Д. гистамин |
| В. соматостатин | |

88. Пепсиноген превращается в пепсин под действием:

- | | |
|--------------------|-------------|
| А. аминопептидазы | Г. пепсина |
| Б. энтеропептидазы | Д. трипсина |
| В. HCl | |

89. Компонентами сока поджелудочной железы являются:

- | | |
|------------|-----------------------------------|
| А. пепсин | Г. энтеропептидаза (энтерокиназа) |
| Б. амилаза | Д. бикарбонат |
| В. лактаза | |

90. В желудочно-кишечном тракте человека происходит гидролиз:

- | | |
|-------------|--------------|
| А. глюкозы | Г. целлюлозы |
| Б. сахарозы | Д. крахмала |
| В. лактозы | |

91. К экзопептидазам относятся:

- | | |
|----------------------|----------------|
| А. аминопептидаза | Г. коллагеназа |
| Б. химотрипсин | Д. пепсин |
| В. карбоксипептидаза | |

92. В тонком кишечнике человека происходит гидролиз:

- | | |
|-------------|--------------|
| А. лактозы | Г. целлюлозы |
| Б. крахмала | Д. мальтозы |
| В. сахарозы | |

93. В мембране энтероцита локализованы ферменты:

- | | |
|----------------------|-------------|
| А. аминопептидаза | Г. сахараза |
| Б. дипептидаза | Д. мальтаза |
| В. карбоксипептидаза | |

94. Химотрипсиноген превращается в химотрипсин под действием:

- | | |
|--------------------|-----------------|
| А. аминопептидазы | Г. химотрипсина |
| Б. энтеропептидазы | Д. трипсина |
| В. HCl | |

95. Трипсиноген превращается в трипсин под действием:

- | | |
|--------------------|----------------------|
| А. аминопептидазы | Г. карбоксипептидазы |
| Б. энтеропептидазы | Д. трипсина |
| В. HCl | |

96. Ферменты, участвующие в гидролизе крахмала, вырабатываются в клетках:

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| А. слюнных желёз | Г. эпителия толстого кишечника |
| Б. эпителия тонкого кишечника | Д. эпителия желудка |
| В. поджелудочной железы | |

97. Жирные кислоты организма человека:

- А. Имеют в основном нечетное число атомов углерода
- Б. Содержат в основном 6-10 атомов углерода
- В. Содержат в основном 16-20 атомов углерода
- Г. Являются в основном полиеновыми кислотами
- Д. Влияют на текучесть липидного бислоя мембраны

98. Конъюгированными (парными) желчными кислотами является:

- А. литохолевая кислота Г. тауродезоксихолевая кислота
- Б. хенодезоксихолевая кислота Д. гликохолевая кислота
- В. холановая кислота

99. Желчные кислоты принимают участие в процессе всасывания в кишечнике:

- А. глицерола
- Б. жирных кислот с короткой углеродной цепью
- В. жирных кислот с длинной углеродной цепью
- Г. холестерина
- Д. моноацилглицеролов

100. Желчные кислоты в кишечнике способствуют:

- А. всасыванию жирных кислот и холестерина
- Б. расщеплению холестерина
- В. эмульгированию жиров
- Г. всасыванию сахарозы
- Д. активации панкреатической липазы

101. Секретию сока поджелудочной железы стимулируют:

- А. гастрин Г. химотрипсин
- Б. секретин Д. ацетилхолин
- В. холецистокинин

102. Секретию соляной кислоты угнетают:

- А. гастрин Г. химотрипсин
- Б. секретин Д. гистамин
- В. соматостатин

103. Продуктами первого этапа катаболизма питательных веществ являются:

- | | |
|-----------------|-----------------|
| А. пируват | Г. ацетил-КоА |
| Б. глицерол | Д. моносахариды |
| В. аминокислоты | |

104. Продуктами первого этапа катаболизма питательных веществ являются:

- | | |
|-------------------|---------------|
| А. глюкоза | Г. ацетил-КоА |
| Б. глицерол | Д. пируват |
| В. углекислый газ | |

105. Пируват образуется при катаболизме:

- | | |
|------------------|----------------|
| А. жирных кислот | Г. аминокислот |
| Б. глюкозы | Д. глицерола |
| В. фруктозы | |

106. Ацетил-КоА образуется при катаболизме:

- | | |
|--------------|------------------|
| А. глицерола | Г. аминокислот |
| Б. глюкозы | Д. жирных кислот |
| В. фруктозы | |

107. Ацетил-КоА образуется при катаболизме:

- | | |
|-------------|------------------|
| А. пирувата | Г. глицерола |
| Б. глюкозы | Д. жирных кислот |
| В. фруктозы | |

108. Углекислый газ является продуктом реакций, катализируемых ферментами:

- А. изоцитратдегидрогеназой
- Б. сукцинатдегидрогеназой
- В. пируватдегидрогеназой
- Г. α -кетоглутаратдегидрогеназой
- Д. малатдегидрогеназой

109. В реакциях окислительного декарбоксилирования α -кетокислот участвуют:

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| А. НАД ⁺ . | Г. ФАД |
| Б. ТДФ | Д. липовая кислота |
| В. HS-КоА | |

110. ФАД является коферментом для:

- А. сукцинатдегидрогеназы
- Б. пируватдегидрогеназы
- В. α -кетоглутаратдегидрогеназы
- Г. фумаразы
- Д. изоцитратдегидрогеназы

111. НАД⁺-зависимыми ферментами цикла Кребса являются:

- А. сукцинатдегидрогеназа
- Б. цитратсинтаза
- В. малатдегидрогеназа
- Г. α -кетоглутаратдегидрогеназа
- Д. аконитаза

112. НАД $\cdot$ H₂ является одним из продуктов реакций, катализируемых ферментами:

- А. изоцитратдегидрогеназой
- Б. сукцинатдегидрогеназой
- В. пируватдегидрогеназой
- Г. α -кетоглутаратдегидрогеназой
- Д. малатдегидрогеназой

113. Реакции окисления в цикле Кребса происходят при превращении:

- А. α -кетоглутарата в сукцинил-КоА
- Б. малата в оксалоацетат
- В. сукцината в фумарат
- Г. фумарата в малат
- Д. изоцитрата в α -кетоглутарат

114. НАД Н+Н⁺ образуется при окислении:

- | | |
|---------------|----------------------------|
| А. пирувата | Г. малата |
| Б. изоцитрата | Д. α -кетоглутарата |
| В. сукцината | |

115. Восстановленные формы коферментов образуются в окислительных реакциях:

- А. превращения малата в оксалоацетат
- Б. декарбоксилирования пирувата
- В. превращения цитрата в изоцитрат
- Г. превращения фумарата в малат
- Д. декарбоксилирования α -кетоглутарата

116. В состав дыхательной цепи входят цитохромы:

- А. а
- Б. с
- В. P₄₅₀
- Г. a₃
- Д. b

117. Цитохромы входят в состав комплексов митохондриальной дыхательной цепи:

- А. цитохром с –оксидазы
- Б. сукцинат — КоQ-оксидоредуктазы
- В. НАДН₂ — КоQ-оксидоредуктазы
- Г. КоQ-цитохром с -оксидоредуктазы
- Д. H⁺-зависимой АТФ-азы

Список рекомендуемой литературы:

1. Бышевский А.Ш., Терсенов О.А. Биохимия для врача. – Екатеринбург: Уральский рабочий, 1994. – 384 с.
2. Богданов А.А., Леднева Р.К. Нуклеиново-белковое узнавание // Итоги науки и техники, сер. Молекулярная биология. – Т. 5. – М., 1975. – С. 235-239.
3. Кнорре Д. Г., Мызина С. Д. Биологическая химия. – М.: Высш. шк. 1998. – 479 с.
4. Обрезкова М.В., Мезенцева Н.И. Пищевая химия. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ. – Бийск: Изд-во АГТУ, 2012. – 92 с.
5. Практикум по физиологии растений/Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухова, Л.А. Паничкин и др. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1990. — 271 с:
6. Сайтов З.В., Телешов С.В., Харитонцев Б. Цветные и именные качественные реакции на белки // Химия. - № 39. – М.: Изд. дом «Первое сентября», 2001. – 54-58 с.
7. Шапиро Д.К. Практикум по биологической химии. – 2-е изд. – Минск: Вышэйш. школа, 1976. – 288 с.
8. Филиппович Ю.Б., Егорова Т.А., Севастьянова Г.А. Практикум по общей биохимии. Учебное пособие / Под ред. Ю.Б. Филипповича. – М.: Просвещение, 1975. – 318 с
9. Андрусенко С.Ф. Биохимия и молекулярная биология [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / С.Ф. Андрусенко, Е.В. Денисова. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. — 94 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63077.html>
10. Глухарева Т.В. Биохимия. Часть 1. Основные питательные вещества человека [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.В. Глухарева, И.С. Селезнева. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2016. — 140 с. — 978-5-7996-1842-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68226.html>
11. Шлейкин А.Г. Биохимия. Лабораторный практикум. Часть 1. Методические основы и правила работы в лаборатории биохимии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г.

Шлейкин, Н.Н. Скворцова, А.Н. Бландов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2015. — 68 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65802.html>

12. Шлейкин А.Г. Биохимия. Лабораторный практикум. Часть 2. Белки. Ферменты. Витамины [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Шлейкин, Н.Н. Скворцова, А.Н. Бландов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2015. — 106 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65803.html>

Учебное издание

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Часть 2

Учебно-методическое пособие

Составители:

**Ооржак Урана Спартаковна
Кашкак Елена Сергеевна
Монгуш Орланмаа Модагановна**

Редактор *А.Р. Норбу*
Дизайн обложки *К.К. Сарыглар*

Сдано в набор: 22.02.2018

Подписано в печать: 23.03.2018

Формат бумаги 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Физ. печ.л. 5,9. Усл. печ.л. 5,5.

Заказ № 1378. Тираж 50 экз.

667000, г. Кызыл, Ленина, 36
Тувинский государственный университет
Издательство ТувГУ