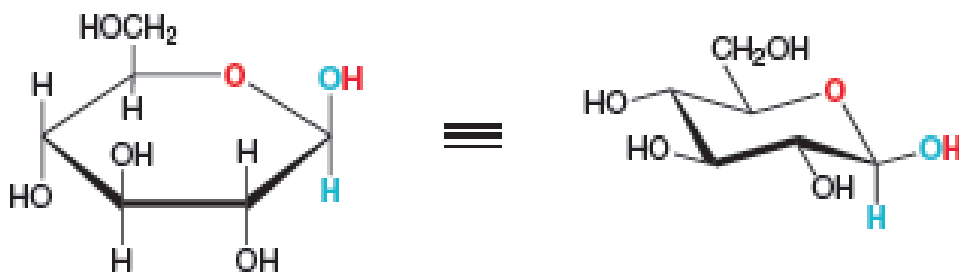


Кафедра Химии и экотоксикологии

Корнилов Кирилл Николаевич

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Лабораторный практикум



Москва - 2023

УДК 547

© Корнилов К.Н. Биоорганическая химия. Лабораторный практикум. – М.,
Российский биотехнологический университет, 2023

Лабораторный практикум содержит работы по основным разделам биоорганической химии. Рассмотрены разнообразные химические реакции, отражающие свойства органических соединений, встречающихся в природе. Большое внимание уделено тем аспектам биоорганической химии, которые технологам пищевых производств необходимо применять в их повседневной работе.

Лабораторный практикум предназначен для студентов технологических специальностей всех форм обучения.

Рецензент:

к.х.н., доцент Янковский С.А, кафедра Химии и экотоксикологии
Российского биотехнологического университета

Автор: Корнилов Кирилл Николаевич, к.х.н., доцент

Kornilov Kirill Nickolaevich, PhD,

Researcher ID: E-7496-2013

Профиль в Web of Science: <http://www.researcherid.com/rid/E-7496-2013>

kirillkorn1982@gmail.com

https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=164663

© Российский биотехнологический университет, 2023
125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11

Содержание

	стр.
Введение	4
1. Гидроксикислоты	5
2. Моносахариды	9
3. Ди- и полисахариды	13
4. Аминокислоты	18
5. Липиды	22
6. Литература	24

Введение

Все представленные в настоящем Лабораторном практикуме работы строго ориентированы на практическую деятельность специалиста технолога пищевых производств.

Результатом выполненной работы являются:

- 1) оформленный лабораторный журнал,
- 2) зафиксированные в журнале результаты, полученные в ходе выполнения работы.

Оформление каждой Лабораторной работы (ЛР) состоит из следующих частей:

1. **Название.**
2. **Теоретическое введение.** Здесь студентам необходимо самим выписать для себя основные термины, формулировки законов и формулы, которые им нужны для расчётов.
3. **Пошаговая инструкция.** В ней по пунктам перечисляется последовательность действий, которые студент осуществляет при выполнении Работы.
4. **Список оборудования и реактивов.** На основании тех действий, которые указаны в Пошаговой инструкции необходимо самостоятельно составить список оборудования, который студенту понадобится при выполнении работы. Оборудованием обеспечивают сотрудники Кафедры. Однако в некоторых случаях необходимо помочь им в подготовке рабочего места.
5. **Обработка и оформление результатов.** Обычно оно осуществляется в виде Таблицы, которая есть в представленном Практикуме.
6. **Выводы.** Здесь студент пишет, чему он научился в ходе выполнения ЛР.

Оформление первых 4 пунктов студентам необходимо проводить перед Лабораторной работой, самостоятельно.

Для начала выполнения Работы студент получает у преподавателя допуск к ней. Без допуска выполнение ЛР категорически запрещено и засчитано не будет.

После выполнения Работы и получения результатов студент показывает их преподавателю, и в случае правильного выполнения получает по данной Лабораторной зачёт.

Биоорганическая химия опирается на знания, полученные ранее в ходе изучения Лабораторного практикума по Неорганической химии [1], Органической химии [2]. А дальнейшем станет основой некоторых разделов Физической химии [3].

Лабораторная работа №1 ГИДРОКСИКИСЛОТЫ

Опыт №1. Обнаружение молочной кислоты

Реактивы:

- Раствор 1%-ный фенола
- Раствор 1%-ный хлорида железа
- Молочная кислота

Ход работы:

К ~3 мл 1%-ного раствора фенола прибавляют несколько капель 1%-ного раствора хлорида железа (III). Жидкость окрашивается в ярко-фиолетовый цвет вследствие образования комплексных фенолятов трехвалентного железа. К полученной жидкости добавляют несколько капель молочной кислоты и наблюдают изменение цвета раствора в зелено-желтый благодаря образованию лактата железа $(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO})_3\text{Fe}$.

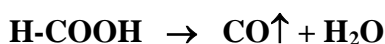
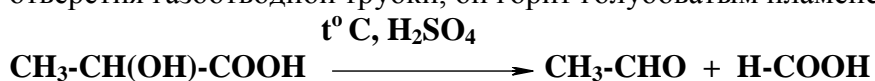
Опыт №2. Разложение молочной кислоты при нагревании с концентрированной серной кислотой

Реактивы:

- Молочная кислота
- Концентрированная серная кислота

Ход работы:

Смесь равных объемов (по ~0.5 мл) молочной и серной кислот осторожно нагревают в пробирке с газоотводной трубкой. Выделяющийся оксид углерода (II) зажигают у отверстия газоотводной трубки, он горит голубоватым пламенем:



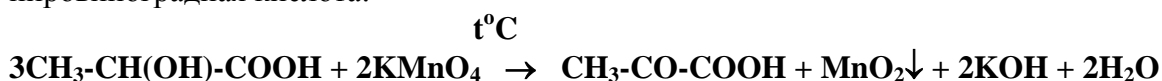
Опыт №3. Окисление молочной кислоты в пировиноградную

Реактивы:

- Молочная кислота
- Гидрокарбонат натрия (питьевая сода)
- Концентрированный раствор перманганата калия

Ход работы:

В пробирку наливают ~1 мл разбавленной молочной кислоты, нейтрализуют ее раствором соды. Реакция среды должна быть слабощелочной $\text{pH} \sim 8$ (проверяют с помощью универсальной индикаторной бумаги). Затем добавляют около 5 мл концентрированного раствора перманганата калия (раствор становится красно-малинового цвета) и смесь нагревают до кипения (образуется осадок в виде грязно-бурых хлопьев). За счет вторичной спиртовой группы молочная кислота окисляется, и образуется пировиноградная кислота:



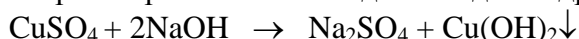
Опыт №4. Получение реактива Фелинга

Реактивы:

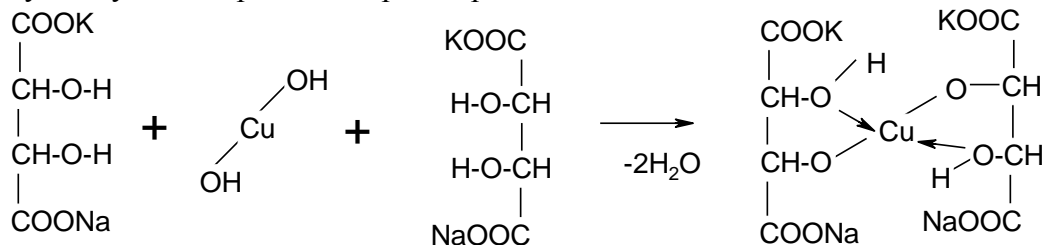
- Раствор гидроксида натрия
- Раствор сульфата меди
- Раствор сегнетовой соли (натриево-калиевая соль винной кислоты)

Ход работы:

В пробирку берут ~2 мл 5%-ного раствора медного купороса и прибавляют несколько капель 10%-ного раствора NaOH - выпадает осадок гидрата окиси меди (II):



К полученному осадку в пробирку приливают ~2 мл раствора сегнетовой соли и встряхивают. При этом гидрат окиси меди (II) вступает во взаимодействие с сегнетовой солью, полностью растворяется, и жидкость приобретает интенсивную темно-синюю окраску. Получается ярко-синяя растворимая в воде алкоголято-соль винной кислоты



Опыт №5. Разложение лимонной кислоты при нагревании

Реактивы:

- Кристаллическая лимонная кислота
- Концентрированная серная кислота
- Известковая вода
- Раствор йода в иодиде калия
- Раствор гидроксида натрия

Ход работы:

Для выполнения этого опыта нужно взять три пробирки: две обыкновенные и одну с газоотводной трубкой.

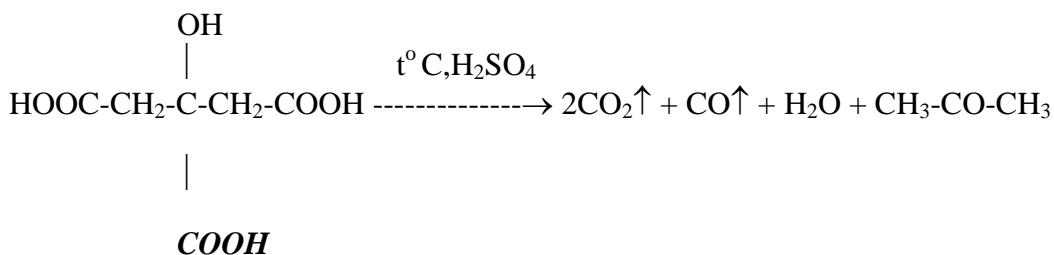
В обыкновенные пробирки наливают: в одну - известковую воду, а в другую - раствор йода в иодиде калия, почти полностью обесцвеченный добавлением нескольких капель раствора щелочи.

В пробирку с изогнутой газоотводной трубкой помещают ~0,5 г кристаллической лимонной кислоты, приливают ~2 мл концентрированной серной кислоты и закрепляют пробирку в держателе. Осторожно нагревают реакцию смесь. Конец газоотводной трубки помещают в пламя другой спиртовки. Сразу начинается разложение лимонной кислоты с образованием оксида углерода (II), оксида углерода (IV) и ацетона.

Оксид углерода (II) обнаруживают по голубоватому пламени у отверстия газоотводной трубки.

Оксид углерода (IV) обнаруживают при пропускании выделяющегося газа через раствор известковой воды (по ее помутнению).

Ацетон обнаруживают, пропуская газ через раствор йода в йодиде калия (образуется осадок йодоформа, имеющий специфический запах)



Опыт №6. Термическое декарбоксилирование салициловой кислоты

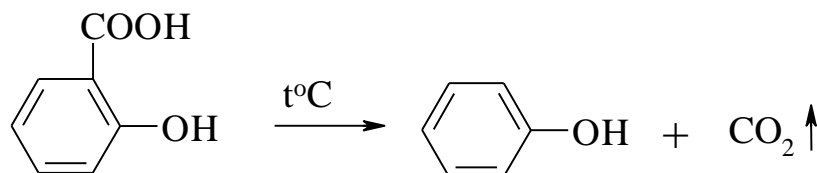
Реактивы:

- Кристаллическая салициловая кислота
- Раствор хлорида железа

Вода

Ход работы:

В сухую пробирку помещают несколько кристаллов салициловой кислоты (~0,5 г) и нагревают в пламени горелки до плавления и кипения. Кислота частично возгоняется (на холодных стенках пробирки появляется белый налет) и частично декарбоксилируется (при 230-250⁰С), т.е. превращается в фенол по следующей схеме:



Для доказательства образования фенола, пробирку охлаждают (на воздухе, под тягой!), затем в нее наливают ~1 мл воды и к полученному раствору добавляют несколько капель раствора хлорида железа (III). Раствор окрашивается в фиолетовый цвет (качественная реакция на фенол).

Опыт №7. Взаимодействие салициловой кислоты с хлоридом железа (III)

Реактивы:

Раствор салициловой кислоты

Раствор хлорида железа (III)

Ход работы:

Налить в пробирку ~1 мл салициловой кислоты, добавить ~1 каплю хлорида железа (III). Образующееся фиолетовое окрашивание указывает на наличие гидроксильной группы связанной с бензольным ядром.

Опыт №8. Взаимодействие салициловой и бензойной кислот с бромом

Реактивы:

Салициловая кислота

Бензойная кислота

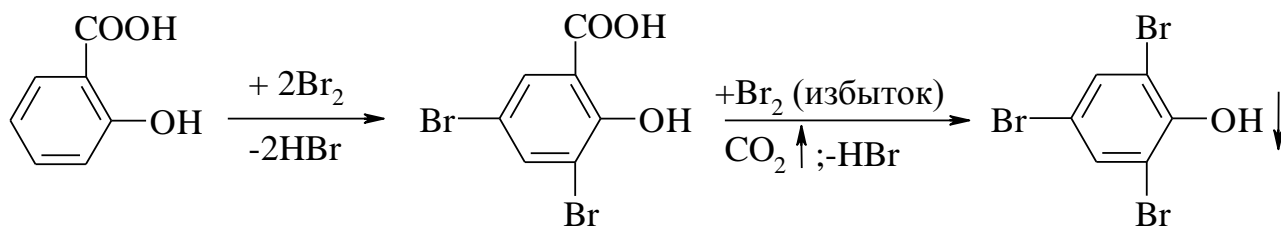
Бромная вода

Ход работы:

Берут две пробирки. В одну наливают ~1 мл насыщенного раствора бензойной кислоты, в другую, соответственно, такой же объем насыщенного раствора салициловой кислоты и добавляют, в каждую из них, по каплям бромную воду.

Бензойная кислота не обесцвечивает бромную воду.

Салициловая кислота легко бромруется, обесцвечивая бромную воду с образованием осадка 3,5-дибромсалициловой кислоты. При добавлении избытка бромной воды салициловая кислота декарбоксилируется, образуя осадок 2,4,6-трибромфенола:



Опыт №9. Взаимодействие галловой кислоты и танина с хлоридом железа (III)

Реактивы:

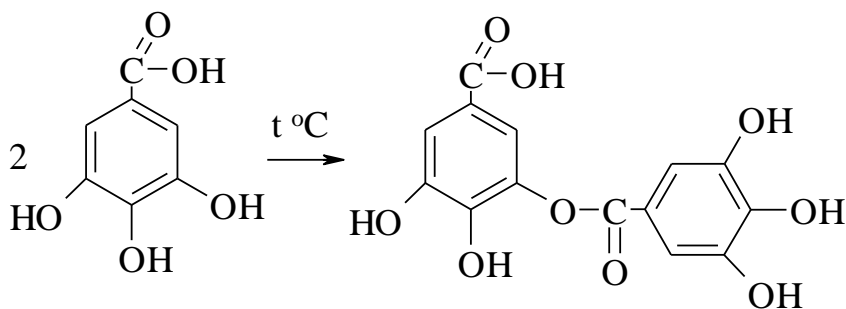
Галловая кислота

Раствор танина

Раствор хлорида железа (III)

Ход работы:

Галловая кислота (3,4,5-триоксибензойная кислота) хорошо растворима в воде. В виде дигалловой кислоты она входит в состав танина. В одну пробирку наливают ~1 мл 1%-го водного раствора галловой кислоты, в другую ~1 мл водного раствора танина. В каждую из них добавляют по несколько капель 2%-ного раствора хлорида железа (III). При этом раствор галловой кислоты окрашивается в зелено-черный цвет, а раствор танина - в сине-зеленый. Появление окраски с хлоридом железа (III) указывает на наличие в галловой кислоте и танине свободных фенольных гидроксильных групп.



Опыт № 10. Кето-енольная таутомерия ацетоуксусного эфира

Ацетоуксусная кислота и ее этиловый эфир (ацетоуксусный эфир) существует в виде двух таутомерных форм - кетонной и енольной.

Таутомерные формы находятся в состоянии динамического равновесия, одна из таутомерных форм способна самопроизвольно переходить в другую.

При комнатной температуре равновесие устанавливается при содержании 92,5% кетонной формы и 7,5% енольной формы.

Реактивы:

Ацетоуксусный эфир

Раствор бромной воды

Раствор хлорида железа (III)

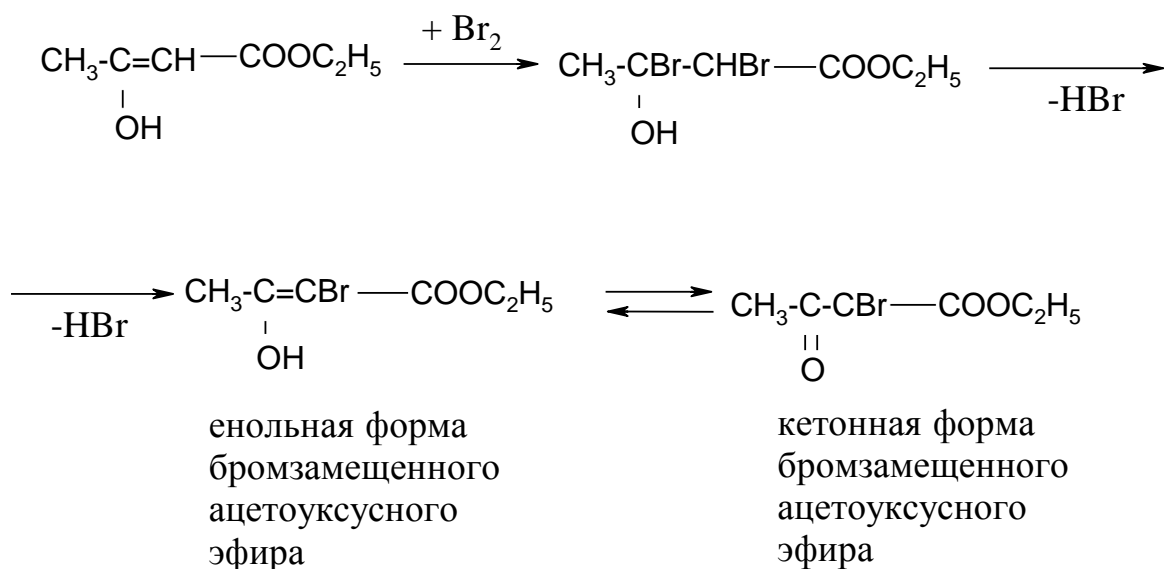
Ход работы:

В пробирку к ~2 мл воды приливают ~10 капель ацетоуксусного эфира и 1-2 капли хлорида железа (III). Раствор окрашивается в сине-фиолетовый цвет, обусловленный образованием комплексной соли с енольной формой ацетоуксусного эфира.

Затем к раствору прибавляют по каплям бромную воду, раствор обесцвечивается, т.к. бром присоединяется по месту разрыва двойной связи и енольная группировка исчезает. Через некоторое время сине-фиолетовая окраска вновь появляется.

Появление окраски с хлоридом железа (III) объясняется наличием в растворе енольной формы бромзамещенного ацетоуксусного эфира.

Процесс можно изобразить следующей схемой:



Лабораторная работа №2 МОНОСАХАРИДЫ [4]

Опыт №1. Реакция на обнаружение углеводов с α-нафтолом (реакция Молиша)

Эта реакция очень чувствительна и позволяет определять даже следовые количества моносахаридов и др. углеводов. Она основана на превращении гексоз при нагревании с серной кислотой в оксиметилфурфурол, пентоз – в фурфурол. Полученные соединения с α-нафтолом дают продукты конденсации окрашенные в красный или синий цвет

Реактивы:

Глюкоза

Спиртовой раствор α-нафтола

Концентрированная серная кислота

Ход работы:

В пробирку наливают ~1 мл раствора глюкозы. Далее прибавляют небольшое количество спиртового раствора α-нафтола и не перемешивая содержимое пробирки приливают (осторожно!) концентрированную серную кислоту до образования красно-фиолетового кольца.

Опыт №2. Доказательство наличия гидроксильных групп в глюкозе

Реактивы:

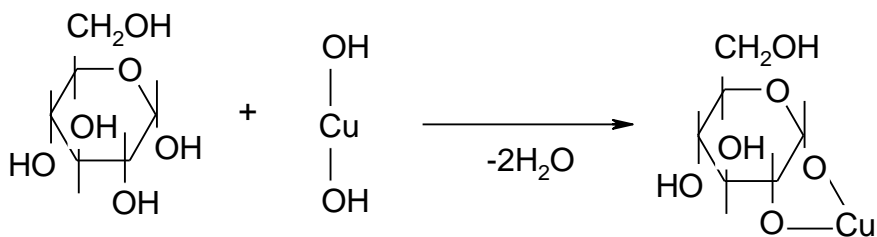
Раствор глюкозы

Раствор гидроксида натрия

Раствор сульфата меди

Ход работы:

В пробирку наливают ~1 мл раствора глюкозы, добавляют несколько капель гидроксида натрия и сульфата меди. Образующийся осадок гидроксида меди (II), при взбалтывании содержимого пробирки, растворяется и получается прозрачный раствор синего цвета.



Растворение гидроксида меди (II) происходит в результате образования комплексного соединения – сахара меди за счет имеющихся в глюкозе гидроксильных групп.

Полученный раствор сохраняют для следующего опыта.

Опыт №3. Восстановление гидроксида меди (II) глюкозой в присутствии щелочи (реакция Троммера)

Реактивы:

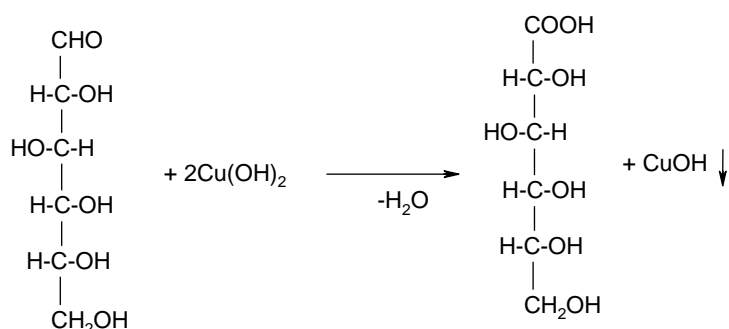
Раствор глюкозы

Раствор гидроксида натрия

Гидроксид меди (II)

Ход работы:

Полученный в предыдущем опыте щелочной раствор сахара меди нагревают над пламенем спиртовки. Появление желтого окрашивания (переходящего в красное при большем содержании щелочи или при более длительном нагревании) указывает на восстановление меди.



глюкоза

глюконовая кислота

Опыт №4. Взаимодействие глюкозы с реактивом Фелинга

Реактивы:

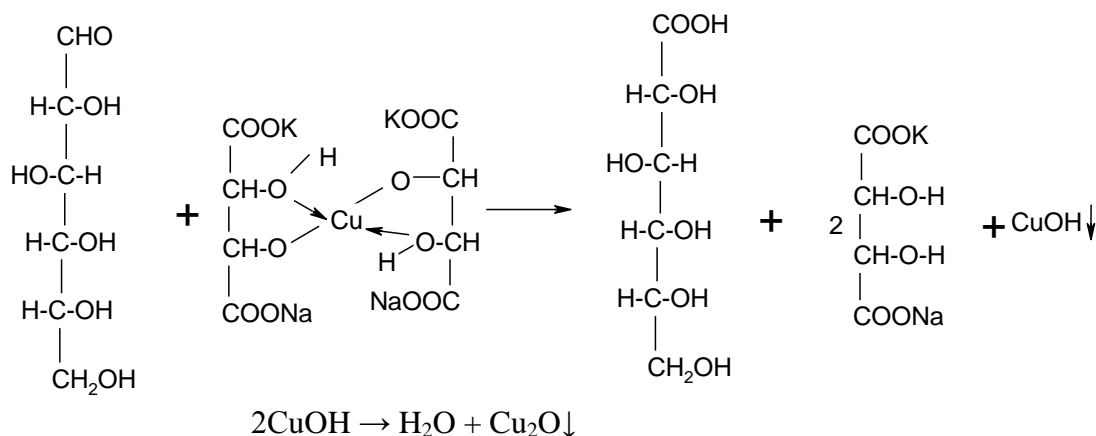
Раствор глюкозы

Раствор Фелинга (I)

Раствор Фелинга (II)

Ход работы:

В пробирку наливают 1 мл 1%-ный раствора глюкозы, ~ 0.5 мл раствора Фелинга I, ~ 0.5 мл раствора Фелинга II, слегка встряхивают и осторожно нагревают до кипения содержимое пробирки на небольшом пламени спиртовки. По мере нагревания интенсивно-синий цвет реактива Фелинга изменяется. Первоначально появляется желтый осадок гидрата закиси меди, который постепенно переходит в закись меди и выпадает на дно пробирки в виде ярко-красного осадка. Находящаяся в растворе глюкоза полностью окисляется до глюконовой кислоты за счет кислорода гидрата окиси меди. Схема реакции:



Эта реакция применяется для количественного определения сахаров в пищевых продуктах.

Опыт №5. Восстановление аммиачного раствора оксида серебра (реакция серебряного зеркала)

Реактивы:

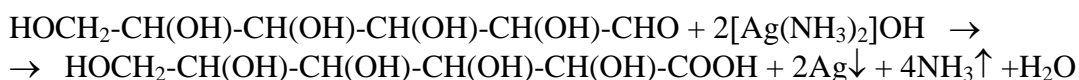
Аммиачный раствор гидроксида серебра (реактив Толленса)

Раствор 1%-ный глюкозы

Ход работы:

В пробирку, тщательно вымытую горячей щелочью и ополоснутую водой наливают ~1 мл раствора глюкозы (1%-ного) и приливают к нему ~1 мл свежеприготовленного аммиачного раствора оксида серебра $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. Слегка встряхивают и осторожно нагревают содержимое пробирки на небольшом пламени спиртовки. По мере нагревания на стенках пробирки выделяется металлическое серебро, образуется серебряное зеркало (или, если растворы концентрированы, черный осадок коллоидного серебра).

Глюкоза при этом окисляется до глюконовой кислоты, а оксид серебра восстанавливается до металла:



Опыт №6. Реакция Селиванова на кетогексозы

Реактивы:

Раствор фруктозы

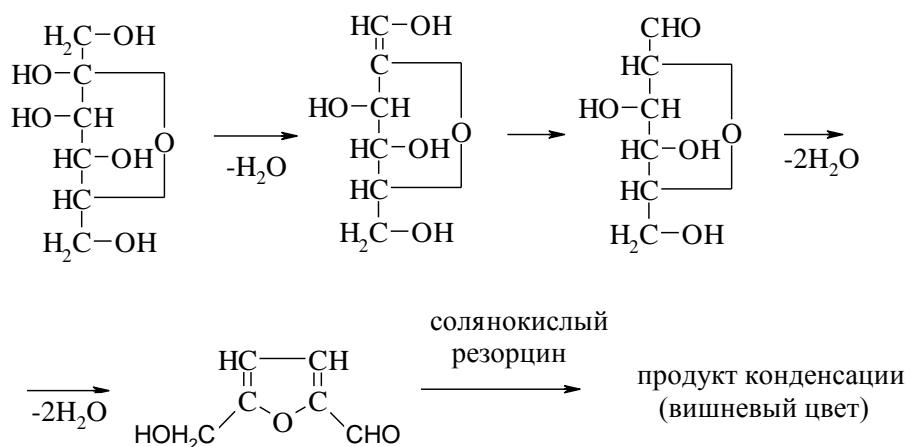
Кристаллический резорцин

Концентрированная соляная кислота

Ход работы:

В пробирку берут ~1 мл раствора (1%-ного) фруктозы, приливают к нему ~1 мл 20%-ной соляной кислоты и вносят несколько кристаллов резорцина. После этого содержимое пробирки осторожно нагревают на спиртовке или помещают на некоторое время в кипящую водяную баню. Смесь приобретает вишнево-красное окрашивание, что указывает на присутствие кетозы (в данном случае – фруктозы).

Процесс проходит через образование из фруктозы оксиметилфурфурола, который под влиянием соляной кислоты конденсируется с резорцином и дает окрашенные продукты.



Альдозы с реактивом Селиванова реагируют медленно и дают слабую бледно-розовую окраску.

Опыт №7. Реакция фруктозы с мочевиной

Реактивы:

Раствор фруктозы

Мочевина

Концентрированная соляная кислота

Ход работы:

В пробирку помещают ~0,5 г мочевины, 5-6 капель концентрированной соляной кислоты и 2-3 капли 1%-ного раствора фруктозы, перемешивают до растворения мочевины и нагревают на водяной бане. Через 5-6 минут появляется сине-зеленая окраска.

Опыт №8. Получение озаона глюкозы

Реактивы:

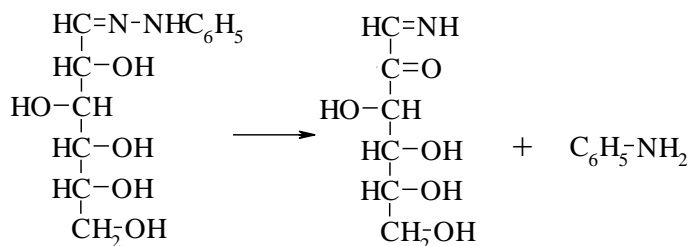
Раствор 10%-ный глюкозы

Раствор солянокислого фенилгидразина

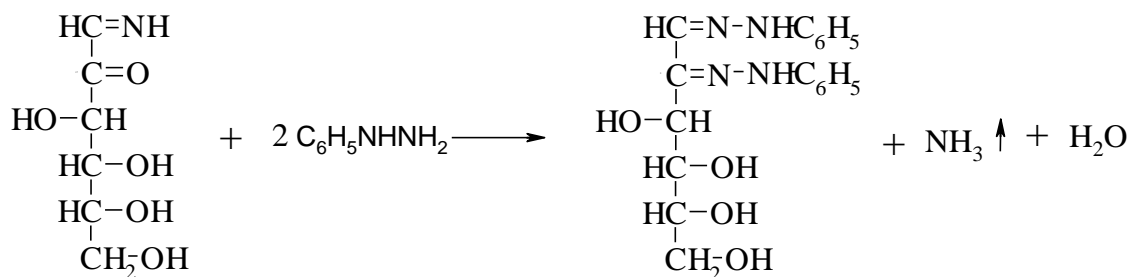
Ацетат натрия

Ход работы:

В пробирку помещают немного (на кончике стеклянной лопатки) солянокислого фенилгидразина и столько же ацетата натрия. К свежеприготовленному уксуснокислому фенилгидразину приливают ~1 мл 1%-ного раствора глюкозы и помещают пробирку в стаканчик с водой, ставят на асбестовую сетку и кипятят 10-15 мин. В пробирке образуются желтые кристаллы озаона глюкозы. Реакция идет в две стадии: образовавшийся фенилгидразон глюкозы теряет анилин, образуется оксимин или кетоимин:



При взаимодействии с двумя молекулами фенилгидразина кетоимин превращается в фенилозавон глюкозы:



Все альдозы и кетозы при нагревании с избытком фенилгидразина образуют ярко-желтые кристаллические озоны, нерастворимые в воде.

Эта реакция применяется для обнаружения и идентификации моносахаридов по характерной форме кристаллов и по температуре их плавления.

Опыт №9. Образование фурфурола и конденсация его с анилином (качественная реакция на пентозаны)

Реактивы:

Древесные опилки

Разбавленная соляная кислота

Уксусная кислота

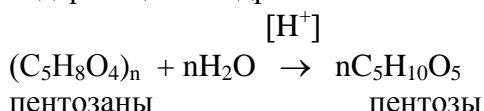
Анилин

Фильтровальная бумага (полоски)

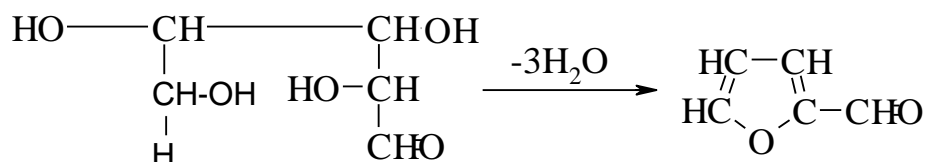
Ход работы:

В пробирку насыпают древесные опилки высотой ~2 см и наливают ~1 мл разбавленной соляной кислоты. Полоску фильтровальной бумаги, смоченную уксусной кислотой и анилином, помещают в пробирку так, чтобы свободный конец бумаги находился снаружи. Содержимое пробирки нагревают до кипения. Через некоторое время фильтровальная бумага окрашивается в красный цвет. При этом происходят следующие реакции:

содержащиеся в древесине пентозаны в кислой среде гидролизуются:



при нагревании, под действием кислоты пентозы теряют три молекулы воды и превращаются в фурфурол:



фурфурол с анилином дает продукты конденсации красного цвета.

Лабораторная работа №3 ДИ- И ПОЛИСАХАРИДЫ [4]

Опыт № 1. Доказательство наличия гидроксильных групп у сахарозы

Реактивы:

Раствор сахарозы

Раствор гидроксида натрия

Раствор сульфата меди

Ход работы:

В пробирку наливают ~1 мл 1%-ного раствора сахарозы, ~1 мл разбавленного раствора гидроксида натрия и несколько капель раствора сульфата меди. Полученную смесь встряхивают и получают прозрачный раствор сахарата меди синего цвета.

Полученный раствор сохраняют для следующего опыта.

Опыт №2. Отсутствие восстанавливающей способности у сахарозы

Реактивы:

Раствор сахарата меди

Ход работы:

Раствор сахарата меди, полученный в предыдущем опыте, осторожно нагревают на пламени спиртовки до кипения. Нужно убедиться, что окраска раствора не изменяется. Объясните, почему?

Опыт №3. Инверсия сахарозы при гидролизе

Реактивы:

Раствор сахарозы

Раствор гидроксида натрия

Раствор сульфата меди

Раствор соляной кислоты

Раствор солянокислого резорцина

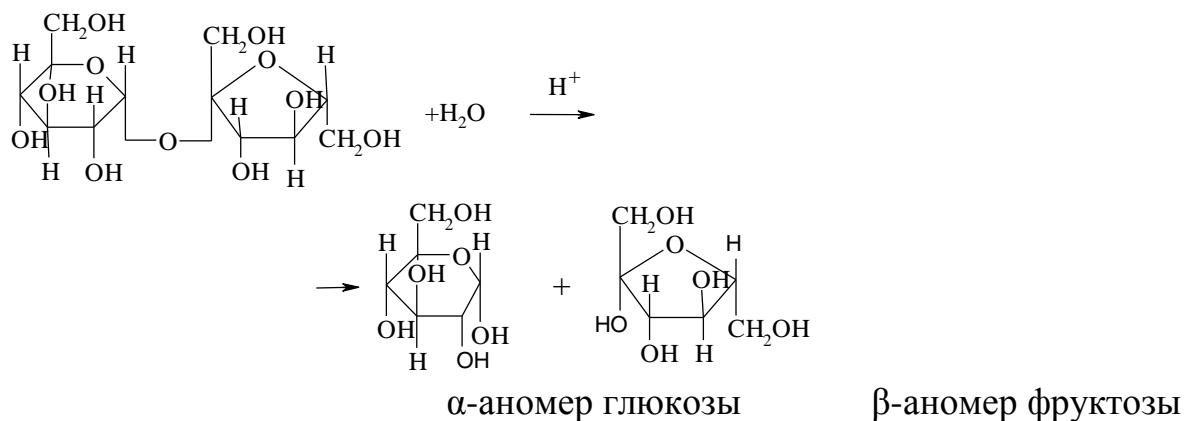
Ход работы:

В пробирку наливают ~1 мл 1%-ного раствора сахарозы и ~0,5 мл 2н раствора соляной кислоты, затем содержимое нагревают до кипения и далее продолжают нагревание в течение ~1 мин с момента закипания раствора. При нагревании необходимо держать пробирку наклонно и слегка встряхивать, чтобы раствор не выбросило. Затем содержимое пробирки охлаждают на воздухе, потом под струей холодной воды. После охлаждения раствор делят на две части.

В первую пробирку добавляют 2н раствор гидроксида натрия, контролируя с помощью универсальной лакмусовой бумаги pH раствора в интервале ~8-9. Затем приливают ~0,5 мл раствора сульфата меди и нагревают содержимое. Через некоторое время окраска меняется от зелено-желтого цвета до красного цвета. Почему это происходит?

Во вторую пробирку к раствору добавляют несколько капель соляно-кислого резорцина и нагревают до кипения, но не кипятят. Появляется красно-вишневое окрашивание. На присутствие какого вещества указывает положительная проба Селиванова?

Проделанный опыт убеждает в том, что гидролиз сахарозы протекает очень легко; продуктами гидролиза являются монозы: глюкоза и фруктоза. Эквимольная смесь глюкозы и фруктозы называется инвертным сахаром. Раствор сахарозы, имевший до гидролиза правое вращение ($[\alpha]_D = +66,5^\circ$), после гидролиза изменяет вращение на левое (для глюкозы $[\alpha]_D = +52,5^\circ$, а у фруктозы $[\alpha]_D = -92,4^\circ$). Поэтому процесс гидролиза сахарозы называют инверсией (от inverse – обратный).



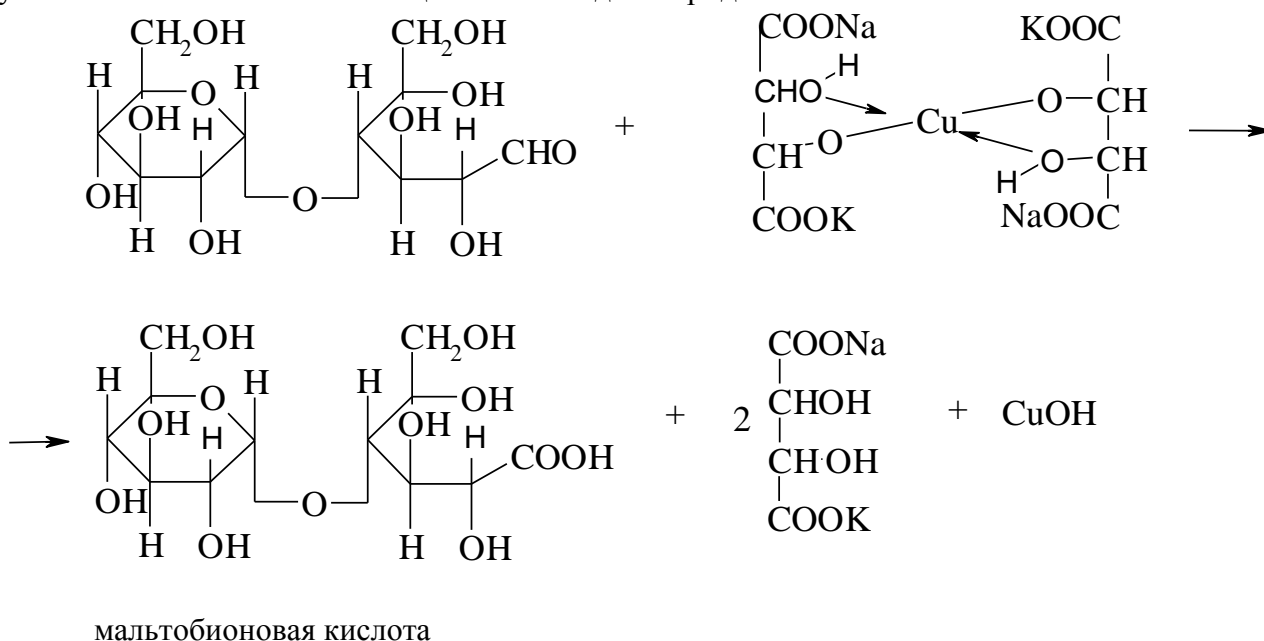
Опыт №3. Восстанавливающая способность мальтозы и лактозы

Реактивы:

- Раствор мальтозы
- Раствор Фелинга (I)
- Раствор Фелинга (II)

Ход работы:

Берут две пробирки. В первую пробирку наливают ~1 мл 1%-ного раствора мальтозы, а во вторую пробирку - ~1 мл 1%-ного раствора лактозы. Затем в каждую из пробирок добавляют по ~0,5 мл растворов Фелинга (I) и Фелинга (II). Далее полученные растворы нагревают до кипения. Изменение окраски и в первой, и во второй пробирке указывает на восстанавливающие свойства дисахаридов.



Аналогично напишите уравнение реакции для лактозы.

Опыт №4. Открытие крахмала

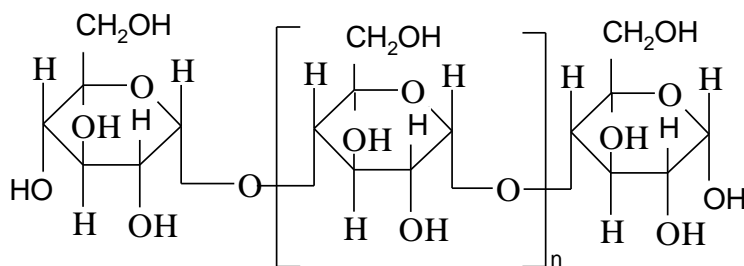
Реактивы:

- Крахмальный клейстер
- Раствор йода

Ход работы:

В пробирку приливают ~1 мл крахмального клейстера. Добавляют 1-2 капли сильно разбавленного раствора йода. Раствор окрашивается в синий цвет, вследствие образования комплексных соединений.

При нагревании окрашенный раствор обесцветится, при охлаждении окраска раствора восстановится.



амилоза

Опыт №5. Отсутствие восстанавливающей способности у крахмала

Реактивы:

Крахмальный клейстер

Раствор Фелинга (I)

Раствор Фелинга (II)

Ход работы:

В пробирку наливают ~1 мл крахмального клейстера и добавляют по ~0,5 мл растворов Фелинга (I) и Фелинга (II). Полученную смесь нагревают до кипения, жидкость не меняет цвет – восстановления не происходит.

Опыт №6. Кислотный гидролиз крахмала

Реактивы:

Крахмальный клейстер

Серная кислота

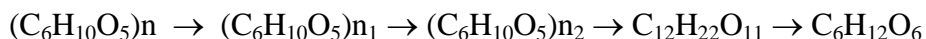
Раствор йода в иодиде калия

Ход работы:

В пробирку наливают ~ 1мл крахмального клейстера и ~0,5 мл 2н серной кислоты. Пробирку с реакционной смесью ставят на водяную баню и нагревают ~20 мин с момента закипания воды в бане. Затем периодически пипеткой отбирают каплю гидролизата из пробирки и наносят ее на предметное стекло, туда же (на стекло) добавляют 1 каплю раствора йода в иодиде калия.

По мере протекания гидролиза, отобранные пробы гидролизата при взаимодействии с йодом будут давать различную окраску. Синяя окраска крахмала сменится сначала на фиолетовую, потом на фиолетово-красную и так далее. На окончание гидролиза указывает проба, дающая с раствором йода светло-желтую окраску.

Схему гидролиза можно представить следующим образом:



Крахмал → декстрины (амило-, эритро-, хро-) → мальтоза → глюкоза

Для доказательства того, что конечным продуктом гидролиза является глюкоза, в пробирку с гидролизатом (предварительно охлажденную) добавляют избыток щелочи для нейтрализации кислоты (полученная среда должна иметь по индикаторной бумажке pH~8), затем добавляют по ~0,5 мл растворов Фелинга (I) и Фелинга (II). Полученную

смесь нагревают на пламени спиртовки до кипения. Образующийся красный осадок подтверждает наличие глюкозы в гидролизате.

Опыт №7. Растворение клетчатки в аммиачном растворе гидроксида меди (II) (реактив Швейцера)

Реактивы:

- Реактив Швейцера
- Вата или фильтровальная бумага
- Концентрированная соляная кислота

Ход работы:

В пробирку помещают кусочек гигроскопической ваты или фильтровальной бумаги. Добавляют ~2-3 мл реактива Швейцера. Содержимое пробирки перемешивают стеклянной палочкой до полного растворения клетчатки. Образуется вязкая жидкость. В пробирку добавляют ~5-6 мл воды и полученную смесь выливают в стакан с сильно разбавленным раствором соляной кислоты. Смесь обесцвечивается, выделяется свободная клетчатка в виде аморфного студенистого осадка. Медно-аммиачный раствор клетчатки в производстве получают для приготовления искусственного волокна.

Опыт №8. Превращение клетчатки в амилоид

Реактивы:

- Фильтровальная бумага
- Раствор серной кислоты
- Раствор гидроксида аммония
- Раствор йода

Ход работы:

Полоску фильтровальной бумаги опускают одним концом в ~70%-ный раствор серной кислоты на ~8-10 сек. Вынимают бумагу и тщательно отмывают в проточной воде от кислоты, а затем в воде, к которой добавлено несколько капель раствора аммиака. Бумагу подсушивают и отмечают различие в обработанной и необработанной части полоски. На границу двух участков бумаги помещают по капле раствора йода и наблюдают различие в окраске.

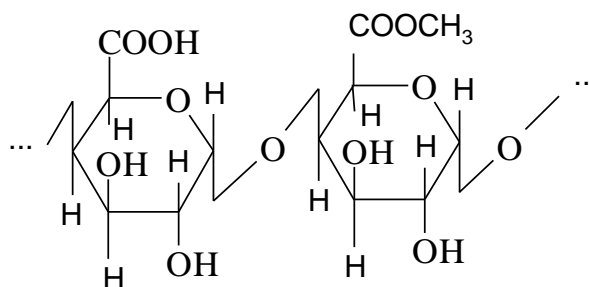
Опыт №9. Осаждение камеди и пектиновых веществ из раствора

Реактивы:

- Раствор камеди
- Раствор пектина
- Вода
- Раствор хлорида кальция
- Этиловый спирт

Ход работы:

Берут две пробирки. В первую пробирку наливают ~1 мл раствора пектина, во вторую пробирку – такой же объем раствора камеди. Затем в каждую из этих пробирок приливают по двойному объему спирта и добавляют (по каплям) хлористый кальций. В пробирке с раствором пектина образуется хлопьевидный осадок пектата кальция. В пробирке с раствором камеди образование осадка не наблюдается.



сегмент макромолекулы пектина (галактуронида)

Опыт №10. Проба на галактуроновую кислоту (по Эрлиху)

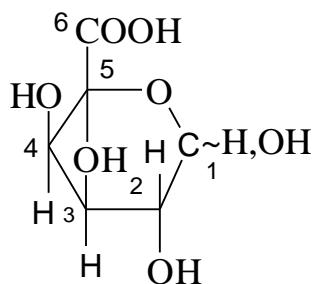
Реактивы:

Раствор пектина

Раствор ацетата свинца

Ход работы:

В пробирку наливают ~0,5 мл раствора пектина, добавляют несколько капель 10%-ного ацетата свинца и нагревают до кипения в пламени спиртовки. Если образовавшийся вначале белый осадок постепенно окрашивается в оранжевый цвет, значит в пектине содержится галактуроновая кислота (α - или β - аномерная конфигурация её в данном случае значения не имеет, поэтому у первого атома углерода обозначение ~ H, OH).



D-галактуроновая кислота

Опыт №11. Испытание желирующей способности пектина

Оптимальные условия образования желе системы пектин-сахар-кислота следующие: 60%-ное содержание сахара, 1%-ная концентрация пектина, pH=2,6-3,1.

Реактивы:

Сахароза

Раствор пектина

Раствор лимонной кислоты

Ход работы:

В фарфоровую чашку наливают ~25 мл 1%-ного раствора пектина, добавляют ~15 г сахарозы. Полученную смесь перемешивают стеклянной палочкой и нагревают до кипения на песчаной бане. После ~10-минутного кипячения в слегка упаренную смесь добавляют ~1 мл 40%-ного раствора лимонной кислоты, хорошо перемешивают и разливают в плоские формочки. Через ~2-3 часа желе застывает.

Сырьем для получения пектина на производстве служат яблоки, корки цитрусовых, свекловичный жом, шляпки подсолнечника и др.

Опыт №4. Реакция глицина с формальдегидом

Реактивы:

Раствор гликокола

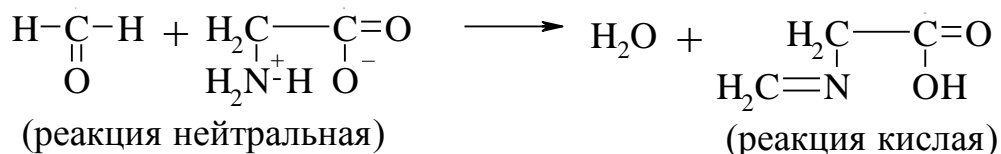
Формалин

Индикатор метиловый красный

Ход работы:

В пробирку помещают ~1 мл 1%-ного раствора гликокола и добавляют ~1-2 капли индикатора метилового красного. Раствор окрашивается в желтый цвет (нейтральная среда). К полученной смеси добавляют равный объем формалина. Появляется красная окраска (кислая среда).

Это происходит потому, что формальдегид вступает в соединение с аминогруппой гликокола, образуя соответствующую метиленаминокислоту. Блокируя аминогруппу, формальдегид таким образом освобождает карбоксильную группу.



Эта реакция – «формольное титрование» - используется для количественного определения карбоксильных групп в α-аминокислотах.

Опыт №5. Реакция гликокола с азотистой кислотой (дезаминирование)

Реактивы:

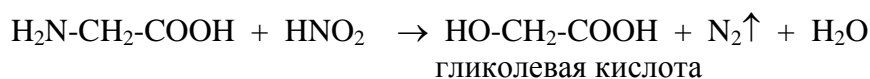
Раствор гликокола

Раствор нитрита натрия

Уксусная кислота

Ход работы:

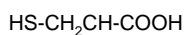
В пробирку помещают ~1 мл 1%-ного раствора гликокола и равный объем 5%-ного нитрита натрия. Добавляют ~1 мл концентрированной уксусной кислоты и осторожно встряхивают смесь. Наблюдается выделение газа. Первичная аминогруппа (жирного ряда) при взаимодействии с азотистой кислотой выделяет азот и замещается на оксигруппу.



Эта реакция используется для количественного определения аминогрупп в аминокислотах.

Опыт №6. Цветная реакция на цистеин

Реактивы:



Раствор цистеина: , являющегося производным α-аланина

Раствор гидроксида натрия

Раствор ацетата свинца

Ход работы:

В пробирку помещают ~2 мл 1%-ного раствора цистеина. Добавляют ~1 мл раствора гидроксида натрия. Нагревают смесь до кипения. Добавляют ~1 мл 10%-ного

раствора ацетата свинца. Наблюдают выпадение осадка меркаптида свинца (II) серо-черного цвета.

Опыт №6. Образование биурета (реакция на пептидную связь)

Реактивы:

Раствор яичного белка

Раствор сульфата меди

Раствор гидроксида натрия

Ход работы:

В пробирку наливают ~1 мл раствора яичного белка, добавляют с помощью пипетки ~2 капли раствора гидроксида натрия и ~1 каплю раствора сульфата меди. Наблюдается появление розовато-фиолетовой окраски.

Опыт №7. Ксантопротеиновая реакция (на наличие ароматических аминокислот)

Реактивы:

Раствор яичного белка

Концентрированная азотная кислота

Ход работы:

В пробирку наливают ~1 мл раствора яичного белка, добавляют ~0,5 мл концентрированной азотной кислоты и нагревают до кипения. Образуется сгусток желто-оранжевого цвета.

Опыт №8. Реакция на аминокислоты, содержащие слабосвязанную серу

Реактивы:

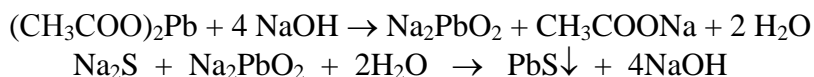
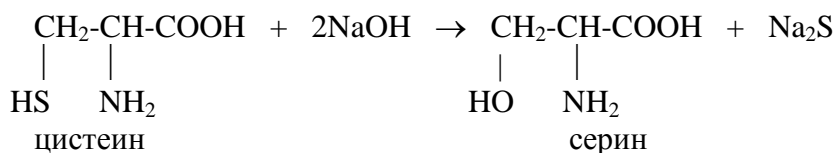
Раствор яичного белка

Раствор 30%-ного гидроксида натрия

Раствор ацетата свинца (II)

Ход работы:

В пробирку наливают ~1 мл раствора яичного белка, добавляют такой же объем 30%-ного раствора гидроксида натрия и нагревают до кипения. Затем к горячему раствору добавляют ~1 мл ацетата свинца и кипятят. В результате гидролиза происходит отщепление серы в виде сульфида натрия, который с плюмбитом дает черный или бурый нерастворимый осадок сульфида свинца. Реакция протекает в соответствии с уравнениями:



Опыт №9. Высаливание белков

Реактивы:

Концентрированный яичный белок

Насыщенный раствор сульфата аммония

Ход работы:

К ~3 мл неразведенного яичного белка добавляют равный объем насыщенного раствора сульфата аммония и перемешивают. Получается полунасыщенный раствор сульфата аммония, в котором выпадает осадок яичного глобулина. Через ~5 мин осадок отфильтровывают. В фильтрате остается другой белок – яичный альбумин.

Для высаливания альбуминов к фильтрату добавляют измельченный порошок сульфата аммония до полного насыщения, т.е. до тех пор пока новая порция порошка остается нерастворенной. Выпавший осадок альбумина отфильтровывают. С фильтратом проводят биуретовую реакцию. Отрицательная реакция указывает на отсутствие белка (т.е. белки разделены и выделены).

Выделенные альбумин и глобулин поочередно растворяют, с растворами проводят биуретовую реакцию, ксантопротеиновую, реакцию Миллона, реакцию на наличие серы.

Опыт №10. Осаждение белков спиртом

Реактивы:

Раствор яичного белка

Этиловый спирт

Ход работы:

К ~1-2 мл раствора белка добавляют равный объем этанола, образуется осадок (спирт дегидратирует молекулы белка, понижая его агрегативную устойчивость, аналогично на белки действует ацетон).

При добавлении к полученному осадку воды наблюдается растворение хлопьев белка (обратимое осаждение).

Опыт №11. Осаждение белков солями тяжелых металлов

Реактивы:

Раствор яичного белка

Раствор ацетата свинца (II)

Ход работы:

В две пробирки помещают по ~2 мл раствора белка. В каждую из них по каплям добавляют раствор ацетата свинца (до образования осадка). Затем в одну из пробирок добавляют избыток раствора ацетата свинца. Наблюдают пептизацию – образование коллоидного раствора. Осаждение белков тяжелыми металлами – необратимый процесс.

Лабораторная работа №5. Липиды [5].

Опыт №1. Получение мыла

Реактивы:

Касторовое масло

Этиловый спирт

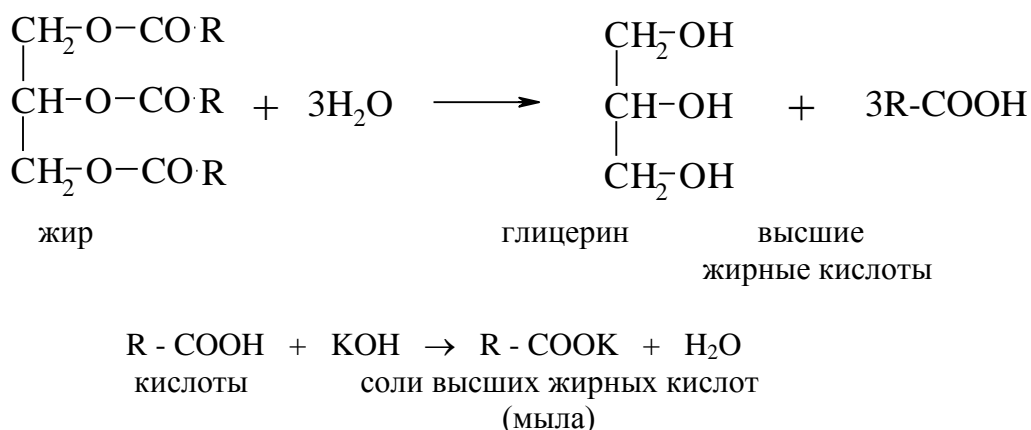
Концентрированный раствор гидроксида калия

Насыщенный раствор хлорида натрия

Ход работы:

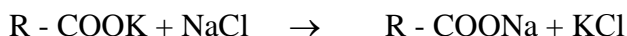
Берут большую пробирку, снабженную пробкой и длинной стеклянной трубкой, которая является обратным воздушным холодильником. В большую пробирку помещают ~2 г касторового масла, приливают ~5 мл водного 50%-ного раствора гидроксида калия и ~3 мл этилового спирта. Спирт ускоряет процесс омыления масла. Смесь непрерывно перемешивают до получения твердой массы (мыла) в течение 2-3 минут.

Реакция омыления и образование мыл происходит в две фазы:



Для определения конца реакции несколько капель гидролизата выливают в ~2-3 мл горячей воды. Если гидролизат растворяется полностью без выделения капель жира, то реакцию можно считать законченной.

По окончании омыления полученные прозрачные мыла из пробирки переливают в фарфоровую чашку, прибавляют ~15 мл насыщенного раствора хлорида натрия и тщательно перемешивают стеклянной палочкой. Жидкие мыла становятся твердыми, происходит реакция замещения калия натрием:



Опыт №2. Выделение свободных жирных кислот из мыла

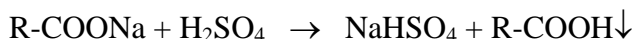
Реактивы:

Концентрированный раствор мыла

Разбавленная серная кислота

Ход работы:

К ~2 мл концентрированного водного раствора мыла приливают по каплям разбавленную (10%-ную) серную кислоту. Выпадает белый хлопьевидный маслянистый осадок свободных жирных кислот (главным образом пальмитиновой $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ и стеариновой $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$)



Опыт №3. Образование нерастворимых солей высших жирных кислот

Реактивы:

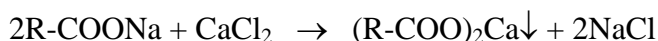
Концентрированный водный раствор мыла

Раствор хлорида кальция

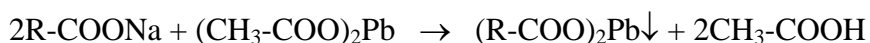
Раствор ацетата свинца

Ход работы:

В две пробирки наливают по ~2 мл концентрированного водного раствора мыла. В первую пробирку приливают раствор хлорида кальция и взбалтывают. Выпадает белый осадок нерастворимых в воде кальциевых солей жирных кислот:



Во вторую пробирку приливают раствор ацетата свинца. Образуются нерастворимые в воде свинцовые соли жирных кислот:



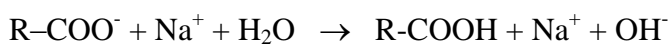
Опыт №4. Гидролиз солей высших карбоновых кислот

Реактивы:

Спиртовой раствор мыла
Спиртовой раствор фенолфталеина
Вода

Ход работы:

В пробирку наливают 2 мл спиртового раствора мыла, прибавляют ~2-3 капли индикатора (спиртового раствора фенолфталеина). Изменение окраски не наблюдается, так как в спирте мыло не гидролизуется. После этого в пробирку приливают избыток воды и встряхивают, появляется интенсивное малиновое окрашивание. Вследствие гидролиза мыла реакция среды становится щелочной.



Образующаяся при этом щелочь изменяет окраску фенолфталеина.

Опыт №5. Высаливание мыла

Реактивы:

Водный раствор мыла
Хлорид натрия

Ход работы:

В пробирку наливают ~2-3 мл водного раствора мыла, подогревают его и затем вносят при перемешивании стеклянной палочкой сухой хлорид натрия до получения насыщенного раствора. По мере насыщения раствора хлоридом натрия растворимость мыла уменьшается, раствор начинает мутнеть, затем натриевое мыло всплывает над жидкостью в виде творожистых хлопьев. Этот процесс называют «высаливанием», а выделившийся белый осадок – ядровым мылом. После расслаивания смесь охлаждают холодной водой и отделяют затвердевшее мыло.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов К.Н. Общая и неорганическая химия. Лабораторный практикум. Москва, МГУПП, 2018, 31 с.
2. Корнилов К.Н. Органическая химия. Лабораторный практикум. 2020. МГУПП. 37 с.
3. Корнилов К.Н. Физическая химия. Лабораторный практикум. МГУПП. 2019. 36 с.
4. Корнилов К.Н. Углеводы для пищевых специальностей. Учебное пособие. М. МГУПП. 2018. 53 с.
5. Корнилов К.Н. Липиды для пищевых специальностей. Учебное пособие. М. МГУПП. 2019. 38 с.