

**Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

Кафедра химии

ХИМИЯ

Лабораторный практикум

**Лабораторная работа
Качественные реакции на витамины**

Лабораторная работа

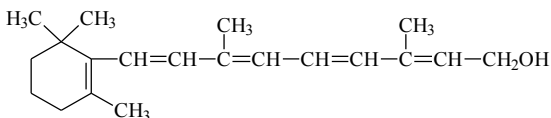
Качественные реакции на витамины

Материалы и оборудование. Концентрированная серная кислота; концентрированная соляная кислота; ледяная уксусная кислота, насыщенная сульфатом железа (II); концентрированная азотная кислота; хлорид железа (III), 1%-ный раствор; диэтилдитиокарбомат натрия, 2%-ный спиртовой раствор; NaOH, 4%-ный спиртовой раствор; смесь анилина с концентрированной соляной кислотой (15:1 по объему); цистеин, 0,25%-ный спиртовой раствор; гидроксид натрия, 10%-ный раствор; сульфаниловая кислота, 1%-ный раствор; нитрит натрия, 5%-ный раствор; Na₂CO₃, 10%-ный раствор; металлический цинк; сульфат меди (II), 1%-ный раствор; роданид аммония, 5%-ный раствор; хлорид железа (III), 1%-ный раствор; раствор брома в хлороформе в соотношении 1:60; раствор рыбьего жира в хлороформе в соотношении 1:5; препарат витамина А; концентрат витамина D; сахароза; насыщенный раствор хлорида сурьмы (III); витамин Е, 0,1%-ный спиртовой раствор; витамин К, 0,05%-ный спиртовой раствор; викасол, 0,05%-ный спиртовой раствор; тиамин, 5%-ный раствор; K₃[Fe(CN)₆], 5%-ный раствор; КОН 30%-ный раствор; изобутиловый спирт; витамин В₂, 0,025%-ный раствор; раствор витамина В₁₂ в ампулах; тиомочевина, 10%-ный раствор; никотинамид, 1%-ный раствор; витамин В₆, 1%-ный раствор; метиленовая синь, 6,0%-ный раствор; водный раствор рутина. Желток яйца, рыбий жир, тертая морковь, сухой шиповник. Часовое стекло, штатив и пробирки, капельные пипетки, пипетки на 1 и 5 мл, стеклянная палочка.

1.1. Качественные реакции на жирорастворимые витамины

Витамин А

Витамин А (ретинол) – ненасыщенный гидроароматический спирт, состоящий из β-иононового кольца и боковой цепи, представленной двумя остатками изопрена и первичной – спиртовой группой:



Ретинол

Нерастворим в воде, хорошо растворяется в жирах и органических растворителях.

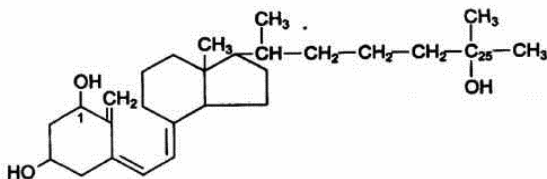
При недостатке витамина А синтез зрительного пурпура задерживается, сетчатка плохо воспринимает световые раздражения – наступает гемералопия («куриная слепота»). Витамин А необходим для поддержания нормального состояния эпителия. При авитаминозе А поражаются все виды эпителиальных клеток: эпителий роговой оболочки глаз (ксерофтальмия и кератомалация), кожи (сухость, кератозы), дыхательных путей, желудочно-кишечного тракта и др. Богаты витамином А сливочное масло, яичный желток, печень, жир из печени некоторых морских рыб, например, трески (тресковый или рыбий жир). В растениях находятся окрашенные в желтый или оранжевый цвет пигменты – каротины, которые могут в животном организме превращаться в витамин А. Провитамины витамина А – каротины – являются продуктами растительного происхождения.

1. Реакция с сульфатом железа (II). К 2–3 каплям рыбьего жира или раствора витамина А в масле добавляют 10–15 капель ледяной уксусной кислоты, насыщенной сульфатом железа (II) и 2–4 капли концентрированной серной кислоты. Реакцию проводят в сухой пробирке. После перемешивания содержимого появляется голубое окрашивание, постепенно переходящее в розово-красное.

2. Реакция с раствором хлорида железа (III). В раствор рыбьего жира или витамина А в масле добавляют 5 капель 1%-ного раствора хлорного железа. Появляется ярко-зеленый цвет.

3. Открытие витамина А в рыбьем жире с концентрированной серной кислотой. В сухой пробирке 1–2 капли рыбьего жира или раствора витамина А в масле растворяют в 10 каплях хлороформа и прибавляют 1–2 капли концентрированной серной кислоты. Появляется голубое или фиолетовое окрашивание, быстро переходящее в бурокрасное. Реакция неспецифична. Химизм реакции окончательно не выяснен.

4. Открытие каротина в шиповнике и обнаружение в нем ненасыщенных связей. Каротин открывается по появлению окраски при взаимодействии с треххлористой сурьмой или концентрированной серной кислотой. Наличие в его молекуле ненасыщенных связей можно обнаружить по обесцвечиванию бромной воды, т. е. по способности каротина как соединения, имеющего двойные связи, присоединять бром по месту их разрыва:



Естественным витамином, находящимся в тканях животного и человека, а также в рыбьем жире, является витамин D₃ (холекальциферол), который образуется из 7-дегидрохолестерина в коже под влиянием ультрафиолетовых солнечных лучей. Витамин D₂ (эргокальциферол) представляет собой искусственный продукт, полученный при ультрафиолетовом облучении эргостерина, содержащегося в растениях, и применяется для лечебных целей и витаминизации кормов. Он путем стимуляции синтеза белка, связывающего кальций, увеличивает активное всасывание кальция и фосфатов в кишечнике. Кроме того, 1,25-(ОН)₂D₃ влияет на обмен кальция и фосфатов в костях и их реабсорбцию в почечных канальцах. Основные проявления недостаточности этого витамина касаются костной системы. Недостаток витамина D приводит к возникновению рахита. Это приводит к деминерализации костей, их размягчению и искривлению. Богаты витамином D печеночный жир морских рыб, сливочное масло, желтки яиц.

1. Реакция с анилином. В сухой пробирке смешивают 4 капли рыбьего жира или раствора витамина D в масле с 10 каплями хлороформа, добавляют при помешивании 10 капель смеси анилина с концентрированной соляной кислотой. Пробирку ставят на кипящую водяную баню на 30–60 секунд. При нагревании содержимое пробирки приобретает красную окраску.

2. Бромхлороформная проба. На часовое стекло наносят 3 капли рыбьего жира (раствора витамина D в масле) и прибавляют 3–5 капель раствора брома в хлороформе. Смесь в пробирке постепенно окрашивается в зелено-голубой цвет. Под часовое стекло следует предварительно подложить лист белой бумаги.

3. Реакция с хлоридом сурьмы (V). В пробирку вносят 2 см³ раствора витамина D в хлороформе, доливают 0,2 см³ насыщенного раствора пятихлористой сурьмы (SbCl₅) и при наличии витамина наблюдают появление желтого окрашивания.

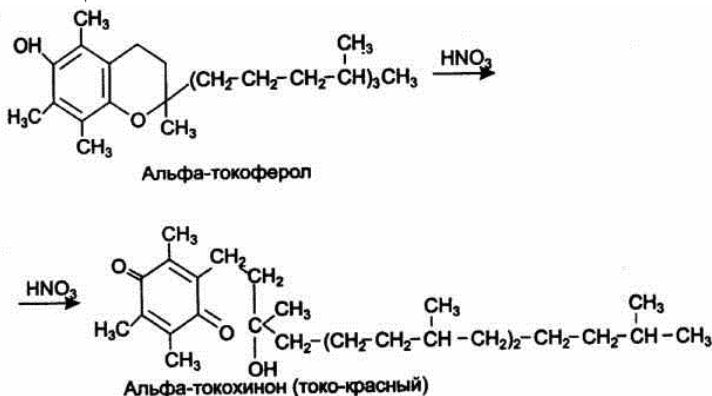
Витамин Е (токоферолы)

Под общим названием витамина Е известен ряд веществ, обладающих витаминными свойствами и являющихся производными хромана.

Самым активным из них является α -токоферол, выделяемый из масла пшеничных зародышей. Токоферолы в чистом виде представляют собой светло-желтое вязкое жидкое масло, нерастворимы в воде, но растворимы в жирах и жирорастворителях. Они устойчивы к воздействию кислот к нагреванию (до 170 °С). Витамин Е необходим для процессов размножения. При отсутствии этого витамина в пище крыс у животных развивается бесплодие. Наиболее богаты витамином Е масла из зародышей пшеницы, семян яблок, шиповника, облепихи, кукурузы, сои. Он содержится в семенах злаков, мясе, жире, печени, яичном желтке, масле, молоке. Для усвоения организмом витамина Е необходимо наличие желчи в кишечном содержимом.

Витамин Е обладает противоокислительным действием: он тормозит окисление ненасыщенных жирных кислот и тем самым предохраняет от разрушения ненасыщенные липиды, входящие в состав таких важных клеточных структур, как митохондрии. Задерживая окисление ненасыщенных жирных кислот, витамин Е уменьшает прогоркание жиров, а также окисление каротина и витамина А, находящихся вместе с ним в продуктах питания.

Витамин Е окисляется при действии сильных окислителей (марганцовокислый калий, азотная кислота). Данная реакция обусловлена окислением токоферолов под влиянием концентрированной азотной кислоты в соединения, имеющие хиноидную структуру и окрашенные в красный цвет.



1. Реакция с концентрированной азотной кислотой. В сухую пробирку вносят 5 капель 0,1%-ного спиртово-сахарного раствора витамина Е и добавляют 10 капель концентрированной азотной кислоты.

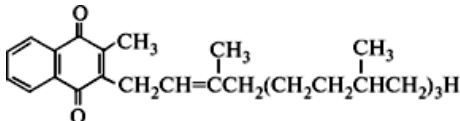
Содержимое пробирки встряхивают. Образуется эмульсия, которая постепенно окрашивается в красный цвет. Эмульсию оставляют стоять до расслоения. Окраска остается в верхнем масляном слое.

В присутствии азотной кислоты токоферол окисляется через промежуточное образование токоферолхинона до орто-, или парохинона, имеющего красное окрашивание.

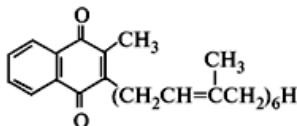
2. Реакция с хлоридом железа (III). В пробирку вносят 0,5 см³ 0,1%-ного спиртового раствора витамина Е и добавляют 0,5 см³ 1%-ного раствора хлорида железа (III). Встряхнув содержимое пробирки, наблюдают появление красного окрашивания вследствие образования α-токо-ферилхинона.

Витамин К (филлохинон)

Витамин К₁ (филлохинон, получен из люцерны) – желтое масло, нерастворимое в воде, легко разрушаемое светом и щелочами. Устойчив к нагреванию в нейтральной среде. Витамин К₂ (менахинон, получен из гниющей рыбной муки) – желтый кристаллический порошок, в воде нерастворим, неустойчив к нагреванию и к ультрафиолетовым лучам. Его биологическая активность ниже витамина К₁. Оба витамина синтезированы. Витамин К является производным 2-метил-1,4-нафтохинона.



Филлохинон



Менахинон

Витамин К необходим для синтеза клетками печени ряда факторов свертывания крови. В остатки глутаминовых кислот белковых молекул этих факторов вводится еще одна карбоксильная группа. Образуются остатки γ-карбоксиглутаминовой кислоты, через которые происходит присоединение ионов кальция. Поэтому после введения в организм антагонистов витамина К время свертывания крови увеличивается. При авитаминозе К появляются подкожные и внутримышечные кровоизлияния, содержание протромбина в крови понижается. Наиболее богаты витамином К капуста, шпинат, плоды рябины, печень.

Источником витамина К для животных служат растительные корма и кишечная микрофлора, а также искусственно синтезированный аналог витамина К – викасол.

1. Реакция с диэтилдитиокарбоматом натрия. В пробирку вносят 4 капли спиртового раствора витамина К, добавляют 8 капель 2%-ного

спиртового раствора диэтилдитиокарбомата натрия и 4 капли 4%-ного спиртового раствора NaOH. Содержимое пробирки встряхивают. Постепенно появляется красное окрашивание жидкости.

2. Реакция с анилином. В пробирку вносят 2 см³ 0,05%-ного спиртового раствора викасола, добавляют 2 капли анилина. Осторожно встряхивают содержимое пробирки и наблюдают красное окрашивание, что обусловлено образованием 1-метил-2-фениламинафтохинона.

3. Реакция с цистеином. На часовое стекло наносят 5 капель 0,05%-ного спиртового раствора викасола, 5 капель 0,025%-ного спиртового раствора цистеина и 1 каплю 10%-ного раствора гидроксида натрия. Наблюдают лимонно-желтое окрашивание.

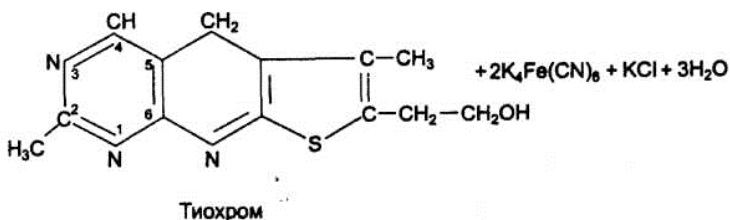
1.2. Качественные реакции на водорастворимые витамины

Витамин В₁ (тиамин, анейрин)

Химически чистый тиамин – бесцветный кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде. Тиамин устойчив в кислой среде (например, в желудке), но разрушается в щелочном растворе, поэтому варка пищи в щелочной среде приводит к потере витамина.

Витамин В₁ представляет собой замещенный пиримидин, связанный метиленовой группой с замещенным тиазолом. В виде своего пирофосфорного эфира он в организме животных и человека, в комплексе с другими коферментами – липоевой кислотой, коэнзимом А (HS-CoA), НАД⁺, ФАД – входит в состав ферментной системы, осуществляющей окислительное декарбоксилирование α -кетокислот (пировиноградной, α -кетоглутаровой). При отсутствии или недостаточном поступлении в организм тиамина окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты и последующее ее окисление нарушаются, что приводит к накоплению этой кислоты в тканях. Особенно резкие нарушения в превращениях пировиноградной кислоты наблюдаются в мозгу. Это выражается в различных расстройствах функции центральной и периферической нервной системы (невриты, параличи и др.).

1. Реакция окисления витамина В₁ в тиохром (2,7-диметилтиохромин-8-этанол). Реакция основана на способности тиамина окисляться в щелочной среде под действием красной кровяной соли в тиохром, который извлекается из раствора изобутиловым спиртом и дает в ультрафиолетовых лучах сине-голубую флюоресценцию.



Щепотку (на кончике стеклянной лопаточки) порошка тиамин растворяют в пробирке в 5–10 каплях воды. К раствору тиамин прибавляют 5 капель 5%-ного раствора $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, 10 капель 30%-ного раствора гидроксида натрия и тщательно перемешивают. Через 5–10 минут прибавляют 15 капель изобутилового спирта, интенсивно взбалтывают в течение 0,5–1 мин. и дают отстояться.

Верхний спиртовой слой при помощи капилляра или микропипетки переносят в сухую стеклянную пробирку из нефлюоресцирующего стекла и наблюдают голубую флюоресценцию этого раствора в ультрафиолетовых лучах.

2. Реакция с диазореактивом. В пробирку наливают 1 см³ 1%-ного раствора сульфаниловой кислоты, 1 см³ 5%-ного раствора нитрита натрия (в пробирке образуется диазореактив). Затем к диазореактиву приливают 0,5 см³ 5%-ного раствора тиамин и 1 см³ 10%-ного раствора карбоната натрия. Наблюдают характерное окрашивание. Витамин В₁ в щелочной среде с диазореактивом образует сложное комплексное соединение оранжевого или красного цвета.

Витамин В₂ (рибофлавин)

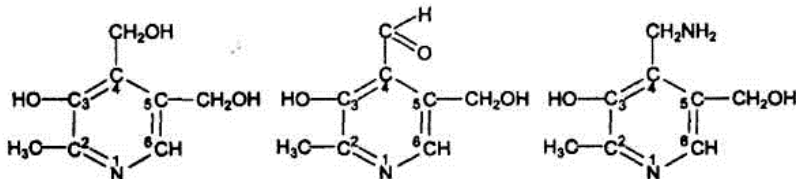
Витамин В₂ – оранжево-желтое кристаллическое вещество, трудно растворимое в воде. Наиболее богатыми источниками этого витамина

ление пузырьков водорода. Выделяющийся водород реагирует с окисленной формой V_2 желтого цвета, восстанавливая его до промежуточного родофлавина розово-красного цвета (насыщенность цвета зависит от концентрации V_2) и далее до бесцветного лейкофлавина. При взбалтывании обесцвеченного раствора лейкосоединение вновь окисляется кислородом воздуха в рибофлавин.

Поскольку витамин V_2 участвует в построении флавиновых ферментов, описанная реакция демонстрирует механизм действия ферментов в процессе тканевого дыхания.

Витамин V_6 (пиридоксин, адермин)

Витамин V_6 – бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде и спирте. Устойчив к нагреванию, щелочам и кислотам, разрушается на свету, особенно при действии ультрафиолетовых лучей. Хорошо сохраняется при консервировании кормов. Пиридоксин – общее название группы веществ, обладающих активностью витамина V_6 , к которой принадлежат пиридоксол, пиридоксаль и пиридоксамин.



Пиридоксол (пиридоксин)

Пиридоксаль

Пиридоксамин

Эти соединения в организме человека легко переходят друг в друга. Пиридоксаль и пиридоксамин являются коферментами ферментов, участвующих в основном в белковом обмене, в частности, в превращениях аминокислот (в трансаминировании, декарбоксилировании и др.). Поскольку с обменом аминокислот связан синтез многих биологически важных веществ (гистамина, витамина РР и др.), недостаток в пиридоксине приводит к глубоким нарушениям биохимических процессов в организме. Наиболее богатыми источниками витамина V_6 являются зародыши пшеницы, дрожжи и печень.

1. Реакция с хлоридом железа (III). При взаимодействии витамина V_6 с хлорным железом образуется комплексное соединение типа фенолята железа, окрашенное в красный цвет. Реакция обусловлена наличием в молекуле витамина V_6 фенольного гидроксила в третьем положении пиримидинового кольца. Аналогичная реакция с такой же окраской получается при взаимодействии хлорного железа с раствором

пирогаллола.

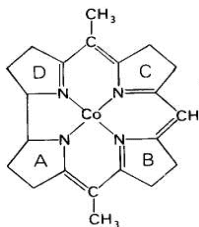
В пробирку вносят 1 см³ 1%-ного хлорида железа (III) и 1 см³ 1%-ного раствора витамина В₆. Смесь встряхивают. После встряхивания в присутствии витамина в смеси возникает красная окраска жидкости.

Витамин В₁₂ (цианкобаламин)

Витамин В₁₂ представляет собой игольчатые кристаллы рубиново-красного цвета благодаря присутствию кобальта. Хорошо растворим в воде и спирте. Недостаток витамина В₁₂ является причиной возникновения злокачественной анемии, для которой характерны нарушение кроветворной функции костного мозга (уменьшение числа эритроцитов, появление овалоцитов, макроцитов и мегалобластов), расстройство нервной системы. Производные витамина В₁₂ выполняют роль коферментов во многих обменных процессах. Они носят название кобамидные коферменты. Ферменты, имеющие в своем составе кобамидные коферменты, участвуют в обмене метильной группы. Они, например, катализируют метилирование пиримидинового кольца при синтезе тимина.

Витамин В₁₂ находится главным образом в продуктах животного происхождения. Наиболее богата им печень рогатого скота и цыплят.

1. Открытие кобальта, содержащегося в витамине В₁₂, реакцией с тиомочевинной. Витамин В₁₂ – это единственный витамин, в молекуле которого содержится кобальт (4,5 %). Его можно обнаружить после минерализации раствора витамина и последующей обработки тиомочевинной.



Корриновое ядро кобаламина

Вскрывают ампулу с раствором витамина В₁₂ и переносят содержимое в пробирку. Добавляют 3–5 капель концентрированной серной кислоты, закрепляют пробирку в штативе в несколько наклонном положении и производят сжигание до обесцвечивания в вытяжном шкафу.

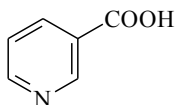
После обесцвечивания жидкости к минерализату добавляют осторожно, понемногу, перемешивая, приблизительно 1 см³ воды. Наносят

2–3 капли 10%-ного раствора тиомочевины на беззольный фильтр и высушивают над сеткой горелки.

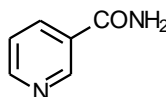
После высушивания наносят на фильтр 12 капель полученного минерализата и вновь нагревают фильтр над сеткой. На фильтре, чаще по краю пятна, получается зеленое окрашивание, доказывающее присутствие кобальта в молекуле витамина В₁₂.

Витамин В₅ (витамин РР, никотинамид)

Витамином РР являются никотиновая кислота и ее амид. Они обладают витаминной активностью в одинаковой мере. Никотиновая кислота представляет собой игольчатые кристаллы белого цвета, растворимые в воде и спирте. В организме из никотиновой кислоты, или никотинамида, образуются никотинамидадениндинуклеотид (НАД) и никотинамид-адениндинуклеотидфосфат (НАДФ), участвующие в качестве коферментов в окислительно-восстановительных реакциях, катализируемых дегидрогеназами. Установлено, что некоторое количество никотиновой кислоты синтезируется в организме человека и животных из триптофана при участии витамина В₆ (пиридоксина).



никотиновая кислота



никотинамид

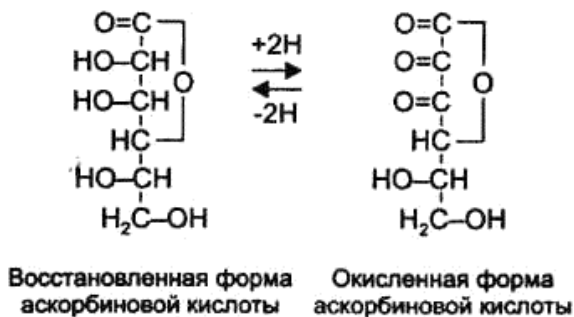
При отсутствии витамина РР в пище возникает пеллагра – заболевание, характеризующееся поражением кожи, расстройствами деятельности желудочно-кишечного тракта и нервной системы. Наиболее богаты витамином РР дрожжи, печень, почки.

Никотиновая кислота при нагревании с раствором ацетата меди образует синий осадок плохо растворимой медной соли.

1. Качественная реакция на никотиновую кислоту с уксуснокислой медью. Реакция основана на том, что никотиновая кислота, имея в своей молекуле карбоксильную группу, образует соли. Медная соль никотиновой кислоты является труднорастворимым веществом голубого или синего цвета. Свинцовая соль имеет белый цвет.

5–10 мг никотиновой кислоты растворяют при нагревании в 10–20 каплях 10%-ного раствора уксусной кислоты. К нагретому до кипения раствору добавляют равный объем раствора уксуснокислой меди. Жидкость становится мутной, окрашивается в голубой цвет, а при стоянии выпадает осадок синего цвета медной соли никотиновой кислоты.

кислота устойчива, но легко разрушается в водных растворах. В основе качественных реакций и количественных методов определения аскорбиновой кислоты лежит окислительно-восстановительный процесс: аскорбиновая кислота окисляется в дегидроаскорбиновую, а другое вещество (например, 2,6-дихлорфенолиндофенол) восстанавливается. Аскорбиновая кислота в организме способствует некоторым окислительным процессам, например, образованию стероидных оксигормонов в коре надпочечников, необходима для превращения фолиевой кислоты в фолиновую и параоксифенилпировиноградной кислоты в гомогентизиновую (при обмене тирозина), играет роль в образовании дезоксирибонуклеиновой кислоты и коллагена. Она предохраняет от окисления адреналин, тормозит действие фермента гиалуронидазы. При недостатке витамина С в пище у человека развивается цинга. При цинге повышается хрупкость сосудов, возникают кровоизлияния, повреждаются кости, особенно зубы, что связано с дегенеративным превращением специализированных клеток (одонтобластов и остеобластов) в соединительнотканые.



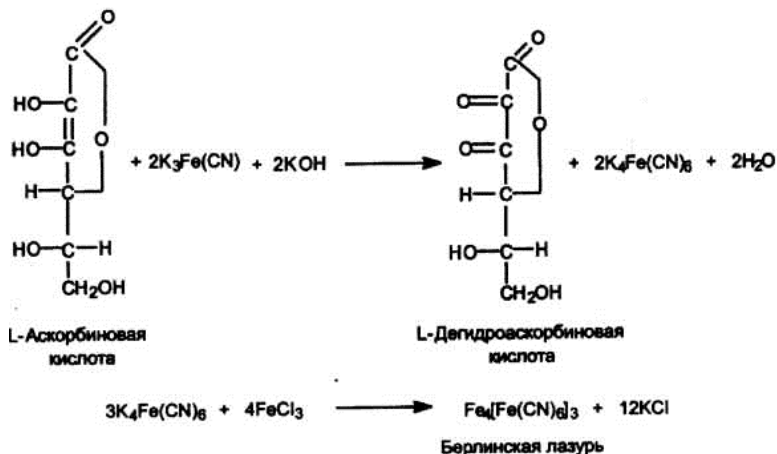
Богаты витамином С лимоны, черная смородина, шиповник, хвоя, из животных продуктов – печень.

Человек, приматы и морские свинки не способны синтезировать аскорбиновую кислоту и должны получать ее с пищей. Большинство других видов животных и, вероятно, все растения могут синтезировать это соединение из глюкозы. Микроорганизмы не содержат аскорбиновой кислоты и не нуждаются в ней.

Определение витамина С основано на его способности легко вступать в окислительно-восстановительные реакции, восстанавливать, например, метиленовую синь, 2,6-дихлорфенолиндофенол натрия (краску Тильманса), гексациано-(III)-феррат калия, нитрат серебра, йод и др.

1. Реакция на витамин С с гексациано-(III)-ферратом калия.

Реакция основана на том, что аскорбиновая кислота, окисляясь в дегидроаскорбиновую в щелочной среде, может восстанавливать железосинеродистый калий до железистосинеродистого, последний, взаимодействуя с хлоридом железа (III), образует берлинскую лазурь.



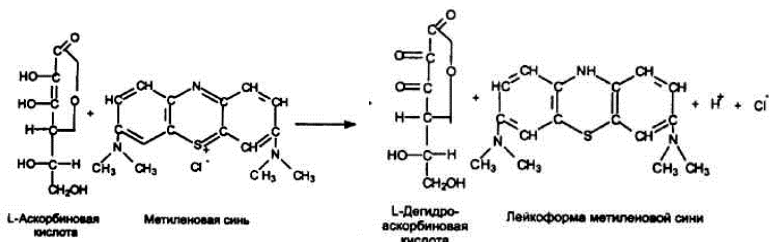
В пробирку отмеривают 10 капель вытяжки из шиповника, добавляют 2 капли 10%-ного раствора гидроксида натрия, 2 капли 5%-ного раствора гексациано-(III)-феррата калия и перемешивают.

К содержимому пробирки добавляют 6 капель 10%-ного раствора соляной кислоты и 2 капли 1%-ного раствора хлорида железа (III). Выпадает синий осадок берлинской лазури, свидетельствующий о присутствии аскорбиновой кислоты в вытяжке из шиповника.

Для контроля проделывают ту же реакцию, беря вместо вытяжки из шиповника дистиллированную воду. Появляется бурое окрашивание жидкости, обусловленное образованием железосинеродистой соли окиси железа.

2. Качественная реакция на витамин С с метиленовой синью.

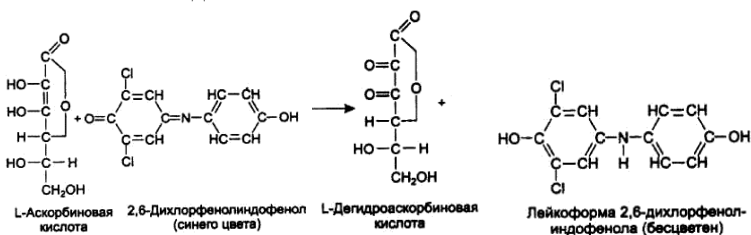
Реакция обусловлена окислением аскорбиновой кислоты и восстановлением метиленовой сини в бесцветную лейкоформу:



В пробирку наливают 2 капли 10%-ного раствора метиленовой сини, 2 капли 10%-ного раствора соды, 10 капель вытяжки из шиповника и нагревают. Жидкость обесцвечивается.

Для контроля проделывают ту же реакцию, беря вместо вытяжки из шиповника дистиллированную воду. Обесцвечивания жидкости не происходит.

3. Качественная реакция на витамин С с 2,6-дихлорфенолиндофенолом. За счет окисления аскорбиновой кислоты в дегидроаскорбиновую происходит восстановление индикатора 2,6-дихлорфенолиндофенола в лейкосоединение:



В две пробирки наливают по 10 капель 0,02%-ного раствора 2,6-дихлорфенолиндофенола.

В одну из пробирок добавляют 10 капель вытяжки из шиповника, в другую 10 капель воды. Жидкость в пробирке с вытяжкой шиповника обесцвечивается.

Оформить полученные данные по предложенной схеме и сделать вывод. Занести результаты всех реакций на витамины в таблицу.

№ п/п	Материал, содержащий витамин	Название витамина	Реактив	Признаки обнаружения витамина	На чем основана реакция

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743. .
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: Учеб.пособие/ Е. В. Барковский. – Мн.: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Барковский, Е. В. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: Учеб.пос./ Е. В. Барковский, С. В. Ткачев и др. – М.: Высш. шк., 1997. –126 с.
4. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.–М.:ООО«Издательство Астрель»,2004.–383с
5. Ким, А.М. Органическая химия: Учеб.пособие/ А. М. Ким. – 3-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002. – 971 с.
6. Князев Д. А. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Д. А. Князев, С. Н. Смари-гин. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
7. Руководство к изучению курса “Общая и неорганическая химия”: Пособие для сту-дентов нехимических специальностей / И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И.Е. Шимано-вича. – 3-е изд. – Минск: РИВШ, 2008. – 112 с.
8. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
9. ХИМИЯ. Неорганическая химия:Учебно-методический комплекс: О. В. Поддубная, И.В. Ковалева. –Горки: БГСХА, 2010. – 169 с.
10. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
11. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб.пособие / А. Р. Цыга-нов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.

Дополнительная:

1. Алешин, В.А. Практикум по неорганической химии/ В.А. Алешин[и др.] –М.: Издат. Центр”академия”, 2004. – 384 с.
2. Волков А.И.Метод молекулярных орбиталей: Учеб.пособие / А.И. Волков. – Минск : Новое знание, 2006. – 133 с.
3. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб.пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн : Выш. шк., 2003. – 96 с.
4. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учебник для почвенно-агрохимических специальностей / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М.: Высш. шк., 1991. – 354 с.
5. Жарский, И. М.Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб.пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
6. Зайцев, О. С. Исследовательский практикум по общей химия: Учеб.пособие. / О. С. Зайцев. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 480 с.
7. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учебник для вузов/ Ю.А. Ершов, В.А. Попков и др. 6-е изд.,стер. М.: Высш. шк., 2007. – 560с.
- 8.Практикум по общей и биоорганической химии: Учеб.пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
- 9.Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: Учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
10. Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А. Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.

Составители
Поддубная Ольга Владимировна
Ковалева Ирина Владимировна
Мохова Елена Владимировна