

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ХІМІЇ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
“ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ ЗІ ЗМІШАНИМИ  
ФУНКЦІЯМИ”**

до лабораторних робіт з органічної хімії  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
спеціальності «Хімія»  
освітньо-професійної програми «Хімія»

**ЗАПОРІЖЖЯ  
2023**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ХІМІЇ**

О.А. Бражко, М.П. Завгородній, Д.С. Коваленко

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
“ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ ЗІ ЗМІШАНИМИ  
ФУНКЦІЯМИ”**

до лабораторних робіт з органічної хімії  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
спеціальності «Хімія»  
освітньо-професійної програми «Хімія»

Затверджено  
вченою радою ЗНУ  
Протокол №  
від 2023 року

Запоріжжя  
2023

УДК: 547.1(076.5)

ББК: 24.2я73

О.А. Бражко, М.П. Завгородній, Д.С.Коваленко. Органічна хімія: Методичні вказівки до лабораторних робіт з органічної хімії для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Хімія» освітньо-професійної програми «Хімія» – Запоріжжя : ЗНУ, 2023. – 47 с.

Методичні вказівки містять рекомендації та учбові завдання для підготовки з лабораторно – практичних занять з курсу органічної хімії.

Призначений для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Хімія» освітньо-професійної програми «Хімія»

### Загальні методичні вказівки.

Ефективність лабораторно – практичних занять з органічної хімії залежить від рівня попередньо зробленої самостійної роботи студентів. Тому ці методичні матеріали містять рекомендації та учбові завдання з підготовки з лабораторно – практичних занять з курсу органічної хімії.

Самостійну роботу з підготовки до занять необхідно починати з ретельного вивчення теоретичного матеріалу за підручником і конспектом лекцій, а потім ознайомитись з відповідним посібником до практикуму.

Якість опанування вивченого матеріалу слід обов'язково перевірити, відповідаючи на питання та виконуючи вправи й завдання, які приведені у цьому посібнику до кожного з занять.

Кожне лабораторно – практичне заняття складається з двох частин. Одна з них відводиться на теоретичне заняття, включаючи групові семінари та різні вияви ступеня опанування теоретичного матеріалу. Друга, більша частина часу відводиться на виконання практичної роботи та оформлення звіту про роботу.

Мета теоретичної частини занять - поглиблення, поширення та закріплення знань, отриманих на лекціях. Цей вид практикуму сприяє розвитку у студентів хімічного мислення, привчає самостійно працювати з літературою та використовувати отримані знання при виконанні лабораторної роботи.

З метою якісного опанування учбової програми з органічної хімії студентами передбачаються різні методи контролю знань. Вибір методу контролю зумовлено ступенем складності теоретичного матеріалу, що вивчається, його практичної значимості. В якості основних форм поточного контролю використовується тестування, індивідуальне опитування, самостійна контрольна робота.

Мета лабораторних робіт – закріплення студентами на практиці знань з загальних властивостей, характерних реакціям різних класів органічних сполук.

Лабораторний практикум побудований таким чином, що при його виконанні студенти опановують основні методи виділення, очищення, ідентифікації та отримання органічних сполук, ознайомляться з їх хімічними та фізичними властивостями, виконають ряд синтезів.

Перед початком лабораторного практикуму студентам слід обов'язково ознайомитись з правилами роботи у лабораторії та технікою безпеки.

Кожний студент в окремому робочому зошиті веде протокол знань. При оформленні протоколу вказується дата, назва теми, надається короткий опис дослідів, записуються основні реакції та їх механізми, результати спостережень та висновки.

## **Лабораторна робота №1**

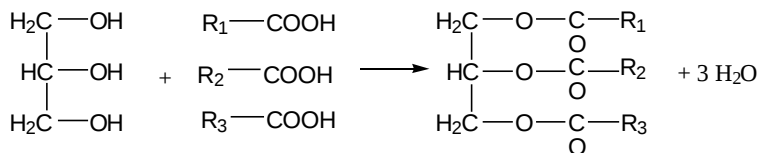
### **Жири**

#### **Контрольні запитання і завдання**

1. Що таке жири? Яке вони мають значення для тваринного організму?
2. Напишіть формули будови тригексадеканоату (трипальмітину) і олеопальмітостеарину.
3. Дайте характеристику основних способів добування жирів.
4. Які фізико-хімічні константи жирів вам відомі? Назвіть їх та визначте їхню суть.
5. Напишіть рівняння реакції гідрогенізації триоктадеценоату (триолеїну).
6. Напишіть рівняння реакцій омилення олеопальмітостеарину в кислому і лужному середовищах.
7. Що таке «згіркнення жирів»? Яка його причина? Як запобігти цьому явищу?
8. Що таке «висихання олій»? Який його хімізм? Що таке оліфа? Які сикативи вам відомі?
9. Що таке мило? Які мила вам відомі? Як їх добувають? У

чому суть мийної дії мил?

*Жири*, або *тригліцериди*, — це естери, молекули яких утворені залишками трьохатомного спирту гліцерину і вищими жирними кислотами (ВЖК):



ВЖК можуть бути представлені насиченими (стеариною, пальмітиною) і ненасиченими (олеїною, ліолевою, ліноленою) кислотами, рідше — циклічними та гідроксикислотами. Розрізняють прості й складні тригліцериди. В складі простого жиру, або тригліцериду, містяться залишки однієї ВЖК (наприклад, тристеарин — три залишки стеаринової кислоти), складного — двох або трьох ВЖК (наприклад, стеаропальмітоолеїн — по одному залишку стеаринової, пальмітинової, олеїнової кислот).

Відомо понад 600 індивідуальних жирів: 420 — рослинних, 80 — 90 — тваринних (тварин, що живуть на Землі) і 100 — мешканців водойм. У складі жирів тваринного походження переважають залишки насичених ВЖК, що й визначає їх тверду консистенцію. Жири рослинного походження містять переважно залишки ненасичених ВЖК і є рідинами, крім пальмітинового, їх, як правило, називають *оліями*. Жири тваринного походження називають *силами* (крім вершкового масла).

Жири найчастіше добувають з природної сировини, рідше синтетично. Для цього використовують витоплювання (переважно для жирів тваринного походження), екстрагування і віджимання (рослинні жири). Якість і чистота кожного жиру визначаються фізичними та хімічними константами (густина (щільність), температура топлення, температура тверднення, коефіцієнт заломлення, число омилення, число Рейхарда - Мейсля, йодне число, кислотне число та деякі інші).

Фізичні й хімічні властивості жирів залежать від природи та кількісного співвідношення залишків насичених і ненасичених ВЖК, що входять до складу їхніх молекул. Жири не розчиняються у воді, розчиняються в органічних розчинниках. При сильному збовтуванні з водою утворюють емульсії. Молекули жирів можуть розщеплюватися водою на гліцерин і ВЖК під впливом ферментів – ліпаз, деяких фізичних і хімічних факторів (перегрітої пари, концентрованої сульфатної кислоти, лугів).

Жири – цінні продукти харчування людини й тварин. Вони є високоенергетичним джерелом хімічної енергії. Наприклад, при тканинному окисненні в організмі тварини з 1 г жиру утворюється 39 кДж енергії (вуглеводів — 18, білків -17 кДж). Жири — важливе джерело утворення ендогенної води в організмі тварини (при окисненні 100 г жиру утворюється 107,1 г води). Вони беруть також участь у терморегуляції, захищають органи й тканини від механічних пошкоджень (входять до складу сполучнотканинних капсул серця, нирок, печінки, очей), зумовлюють еластичність шкіри (основа підшкірної жирової клітковини).

Технічні жири використовують для виготовлення мил, інших мийних засобів, мастил, свічок, косметичних кремів. Рослинні жири — сировина для добування оліф, алкідних смол (зокрема, з рибних відходів). Гідрогенізацією рослинних жирів отримують маргарини.

### ***Робота 1. Розчинність жирів у різних розчинниках***

Жири не розчиняються у воді, добре розчиняються в органічних розчинниках. Самі жири – відмінні органічні розчинники, що має велике значення для депонування в організмі тварин жиророзчинних вітамінів.

Хід роботи. Беруть три пробірки. В першу пробірку наливають 2 —3 мл води, в другу — стільки ж бензину, в третю — етилового спирту. В кожен пробірку додають по кілька крапель олії. Всі три пробірки збовтують, спостерігають за результатом досліду. Потім усі три пробірки вміщують на 2 — 5 хв на киплячий водяний огрівник.

Завдання. Після завершення роботи запишіть результати досліду.

### **Робота 2. Емульгування жирів**

*Емульсія* – грубодисперсна система, що складається з дрібних крапель рідини (дисперсної фази), розміщених в іншій рідині (дисперсійному середовищі). Розрізняють емульсії прямого типу «олія у воді» (неполярна рідина а полярному водному середовищі) і зворотні емульсії типу «вода в олій» (краплі полярної рідини в неполярному середовищі).

Емульгування здійснюється і стабілізується за допомогою спеціальних речовин — емульгаторів, дія яких зумовлена їх здатністю накопичуватися на межі двох фаз. Емульгатори, як правило, краще розчиняються у дисперсійному середовищі, ніж у дисперсній фазі. Вони зменшують поверхневий натяг і створюють навколо крапель емульгованої речовини захисний шар, який запобігає коагуляції. Емульгуванню належить важлива роль у процесах травлення. Прикладом стійкої природної емульсії може бути молоко, де роль емульгаторів виконують білки та деякі солі.

Хід роботи. В 5 пробірок наливають по кілька крапель рослинної олії і добавляють по 2 — 3 мл дистильованої води. В першу пробірку добавляють 2 — 3 краплі розчину білка, в другу — 1 %-го розчину їдкого калі, в третю — розчину мила, в четверту — гідрокарбонату натрію (1 %-го розчину), в п'яту – води (контроль). Вміст усіх пробірок ретельно збовтують, вмішують пробірки в штатив і спостерігають за стійкістю емульсій.

Хімізм. Емульгування — фізичний процес. Тому утворення емульсій не можна записати за допомогою хімічних реакцій.

Завдання. Запишіть результати проведення дослідів.

### **Робота 3. Окиснення ненасичених жирів**

Ненасичені жири під впливом ультрафіолетового випромінювання і кисню повітря, а також вологи набувають

неприємного смаку і запаху. Нерідко цим процесам сприяють і мікроорганізми. Відбувається псування жирів, в основі таких процесів лежать окиснення й гідроліз їхніх молекул. Процеси, що призводять до таких наслідків, називають *згіркненням жирів*.

Розрізняють два види згіркнення жирів — окисне і гідролітичне. При окисному згіркненні жирів за місцем розривання подвійних зв'язків залишків ВЖК в молекулі жиру відбувається приєднання гідроксильних груп, а іноді з них утворюються альдегіди і кетони з коротким карбоновим радикалом та неприємним запахом і смаком.

Гідролітичне згіркнення жирів призводить до утворення гліцерину і низькомолекулярних жирних кислот, гірких на смак і з неприємним запахом. Воно виникає під впливом мікроорганізмів, зокрема їхніх ферментів. Типовим прикладом може бути згіркнення вершкового масла, основу якого становить тригліцерид трибутирин. Під час гідролізу утворюються гліцерин і бутанова (масляна) кислота, гірка на смак і з неприємним запахом. Після промивання такого масла в розчині питної соди утворюється бутират натрію, що видаляється з промивною водою, і масло відновлює свої органолептичні якості. Для запобігання згіркненню олій і вершкового масла слід ретельно дотримуватися правил їх зберігання і застосовувати добавки — антиоксиданти, що послаблюють процес згіркнення (вони за своєю хімічною природою є фенолами, хінонами, катехінами, вітамінами — наприклад, вітамін Е).

Хід роботи. В пробірку наливають 2 — 3 г рослинної олії і додають 1 — 2 мл 1 %-го водного розчину питної соди (гідрокарбонату натрію). Суміш збовтують. Випадає бурий осад  $MnO_2$ . Суміш знебарвлюється.

Хімізм. В основі окиснення ненасиченого жиру лежить розривання подвійних зв'язків між атомами карбону у вуглеводневому радикалі, приєднання до розірваних зв'язків груп —ОН і утворення гідроксикислотних залишків ВЖК.

Напишіть хімізм реакції.

У деяких випадках процес окиснення йде глибше — розриваються й інші зв'язки (наприклад, етерний),

утворюються гліцерин і жирні кислоти, альдегіди й кетони, карбонові кислоти з короткими вуглеводневими ланцюгами.

#### **Робота 4. Добування твердого мила**

*Тверде мило* — натрієва сіль ВЖК з кількістю атомів карбону від 10 до 20. ВЖК найчастіше представлені стеариною і пальмітиною кислотами. Використовуються як мийні засоби. Тверді мила — речовини, що мають тверду консистенцію і температуру плавлення 220 — 270 °С. Гігроскопічні, добувають їх з тваринних жирів і саломасу (твердих продуктів гідрогенізації рослинних жирів), олій (або рідких жирів — морських тварин, зокрема китів). Залежно від потреб добувають мила різного призначення — господарські, туалетні, технічні тощо (крім ВЖК і лугів у сировинну суміш додають інші компоненти).

Хід роботи. В пробірку вносять 0,5 — 1 г тваринного жиру і додають 2 — 5 мл 15 — 20 %-го водного розчину їдкого натру. Пробірку переносять на 10 — 15 хв на киплячий водяний огрівник. Після цього суміш охолоджують проточною водою. Додають кілька мілілітрів насиченого розчину кухонної солі. На поверхню спливає шар твердого мила.

Хімізм. Під дією лугу і високої температури відбувається гідроліз молекули жиру на гліцерин і ВЖК. Потім ВЖК взаємодіють з їдким натром, відбувається реакція нейтралізації жирної кислоти лугом і утворюється сіль — тверде мило.

Напишіть хімізм реакції.

#### **Робота 5. Добування рідкого мила**

*Рідке мило* — рідина, хімічною основою якої є калійні солі переважно ненасичених жирних кислот (олеїнової, лінолевої, ліноленової). Розрізняють кілька видів рідкого мила, головними з яких є господарське, туалетне і зелене. Зелене мило (Sapo Siridis) використовують у медицині і ветеринарії як зовнішній дезінфекційний засіб. Зелене мило —

м'яка прозора темно-бура рідина або зеленувата маса зі слабким мильним запахом. Добувають його омиленням рослинних олій розчином їдкого калі. Розчиняється в 4 частинах води або етанолу і в 2 частинах гарячої води з утворенням майже прозорих мильних розчинів, що сильно піняться при збовтуванні.

Зелене мило використовують виключно як зовнішній лікарський засіб. Воно має добре виражені мийні й очищувальні властивості, пом'якшує епідерміс, подразнює нервові закінчення шкіри, викликає її активну гіперемію. Зелене мило — складова частина мильного спирту. Його використовують для лікування багатьох захворювань шкіри, зокрема корости, для миття рук і підготовки операційного поля, дезінсекції халатів, білизни, посуду, забруднених окремими видами мікроорганізмів. Зелене мило — складова частина дьогтьового мила (1 частина мильного спирту, 1 частина дьогтю і 2 частини етанолу).

Хід роботи. В пробірку вносять 0,5 — 1 мл рослинної олії і добавляють 1—2 мл 10 — 20 %-го спиртового розчину їдкого калі. Суміш переносять на киплячий водяний огрівник на кілька хвилин (до утворення прозорого розчину). Пробірку охолоджують і добавляють 2 — 4 мл дистильованої води. Струшують. Виникає мильна піна.

Хімізм аналогічний попередньому: спочатку відбувається гідроліз жиру, потім — утворення мила:  
Напишіть хімізм реакції.

### **Робота 6. Добування нерозчинних мил**

*Нерозчинні мила* — солі ВЖК з лужноземельними або перехідними (наприклад, Al, Ca, Co, Pb, Zn) металами, їх іноді називають «металічними» милами. Застосовують як загусники пластичних мастил і сикативів.

Хід роботи. У кожную з двох пробірок наливають по 3 — 5 мл 10 %-го розчину твердого мила. В першу пробірку добавляють 1—2 мл 3 — 5 %-го розчину сульфату купруму, в другу -- 3 — 4 мл 3 — 5 %-го розчину ацетату плюмбуму. Пробірки струшують і збовтують. Випадають осад нерозчинних мил.

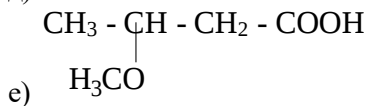
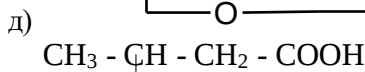
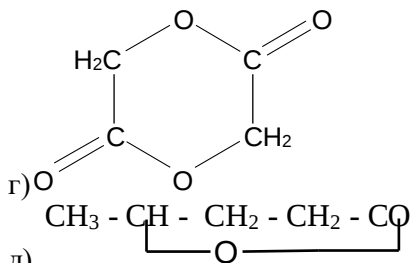
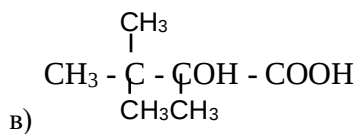
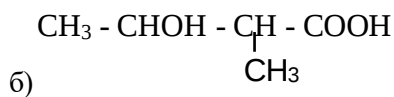
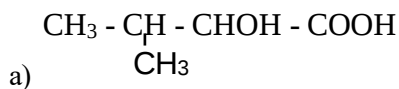
Напишіть хімізм реакції.

## Лабораторна робота №2

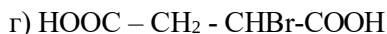
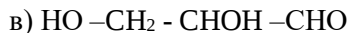
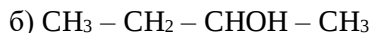
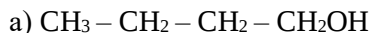
### Оксикислоти.

Контрольні запитання:

1. Назвіть наступні сполуки:



2. Які з наступних сполук можуть мати оптичні ізомери:



3. Напишіть формули оптичних ізомерів для бутандіолу - 2,3 та пентадіолу - 2,3. Вкажіть оптично неактивні, які обставини цього ?

4. Напишіть рівняння реакцій взаємодії формальдегіду, ізомасляного альдегіду метилбутанолу, 4 метилгексанолу- 3 з синильною кислотою. Проведіть гідроліз продуктів приєднання. Назвіть одержанні сполуки.

5. З пропіонового альдегіду через продукт альдольної конденсації отримайте 2- метил 3- оксипентанову кислоту. Напишіть рівняння реакції взаємодії з :

а) оцтовим ангідридом,

б) етиловим спиртом у присутності сірчаної кислоти.

6. Напишіть формули всіх сполук отриманих внаслідок реакції за схемою:



Вкажіть які просторові ізомери можливі для кожної з цих сполук. Чи відбувається процес стеріонаправлено та чи утворюються у даному випадку суміш всіх теоретично можливих стереоізомерів ?

Хід роботи:

***Дослід 1. Якісна реакція  $\alpha$  - оксикислот з хлоридом заліза .***

Реактиви та матеріали: хлорид заліза (111), 0,1 н розчин; фенол, водний розчин; молочна кислота, оцтова кислота, концентрована.

У 2 пробірки вводять по 2 краплі розчину хлориду заліза та додають по 2 краплі розчину фенолу. Розчини забарвлюються у фіолетовий колір. До однієї з пробірок додають 2 краплі молочної кислоти, а до іншої - стільки же крапель оцтової кислоти.

У пробірці з молочною кислотою з'являється зеленувато - жовте забарвлення, у пробірці з оцтовою кислотою колір розчину не змінюється.

$\alpha$ - оксикислоти витісняють фенол з комплексного феноляту і фіолетове забарвлення розчину переходить в жовте. У присутності молочної кислоти фіолетовий колір залізного комплексу змінюється на зеленувато - жовтий у наслідок утворення лактату заліза

Ця реакція викликає великий інтерес та використовується у клінічній практиці для визначення молочної кислоти (як патологічного продукту ) у шлунковому соку.

***Дослід 2. Відкриття молочної кислоти у молочній сироватці.***

Реактиви та матеріали: кисла сироватка (від кислого молока або сиру); хлорид заліза (111), 0,1 н розчин; фенол, 5% розчин.

До пробірки містять краплю розчину хлориду заліза та додають 1-2 краплі розчину фенолу до виникнення фіолетового забарвлення. Потім додають 2 краплі сироватки. З'являється зелено - жовте забарвлення. Кисла молочна

сироватка дає реакцію з хлорним залізом, т. я. вона містить вільну молочну кислоту.

### ***Дослід 3. Розкладення молочної кислоти сірчаною кислотою.***

Реактиви та матеріали: молочна кислота; сульфатна кислота, концентрована; фуксинсульфатна кислота, насичений розчин.

1. До сухої пробірки містять 2 краплі молочної кислоти, додають 2 краплі сірчаної кислоти та нагрівають над полум'ям пальника до кипіння. Виділений газ (оксид вуглецю) підпалюють, він горить блакитним полум'ям. - оксикислоти при нагріванні з розбавленою сірчаною кислотою відщеплюють мурашину кислоту, перетворюючи у альдегід або кетон, який містить на 1 атом вуглецю менш, ніж похідна оксикислота.

У присутності сірчаної кислоти замість мурашиної кислоти утворюється продукт її дегідратації - оксид вуглецю.

Ця реакція служить для відкриття  $\alpha$ - оксикислот.

2. До пробірки містять 2 краплі води, краплю сірчаної кислоти та краплю молочної кислоти. Зачиняють пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої опускають до пробірки, яка містить 1 мл води та 2- 3 краплі фуксинсульфатної кислоти. Суміш молочної та сірчаної кислот нагрівають до кипіння. Фуксинсульфатна кислота забарвлюється у рожево - фіолетовий колір у наслідок утворення альдегіду.

## **Лабораторна робота №3**

### **Фенолокислоти**

Контрольні запитання і завдання

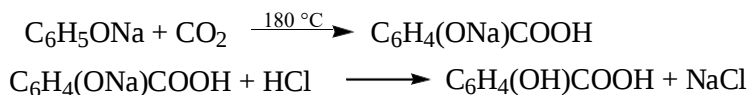
1. Які хімічні сполуки називають фенолокислотами? Чим вони відрізняються від звичайних ароматичних кислот і фенолів? Що є спільного між ними?

Відповідь проілюструйте прикладами.

2. Напишіть структурні формули відомих вам фенолокислот і дайте їх коротку характеристику.
3. Напишіть хімізм реакцій добування фенолокислот синтетичними методами.
4. Що таке танін, які його структурна формула, властивості та застосування?
5. Які фенолокислоти використовуються у медичній і ветеринарній практиці? Напишіть їхні структурні формули і дайте коротку характеристику.
6. Напишіть структурні формули похідних фенолокислот, які використовують у медичній і ветеринарній практиці. Дайте коротку характеристику способів добування, фізичних і хімічних властивостей цих хімічних сполук.

Фенолокислоти - похідні ароматичних вуглеводнів, у молекулах яких атоми гідрогену бензольного ядра заміщені на карбоксильні ( $\text{—COOH}$ ) і гідроксильні ( $\text{—OH}$ ) групи, їх іноді розглядають як ароматичні кислоти, в молекулах яких атом гідрогену бензольного ядра заміщений на гідроксильні групи. Фенолокислоти одночасно мають властивості карбонових кислот і фенолів. Крім того, для них характерні властивості, зумовлені наявністю в молекулі обох видів функціональних груп і бензольного ядра.

Фенолокислоти дуже поширені в природі, тому їх можна добути з природної сировини. Нерідко для добування фенолокислот користуються синтетичними способами. Зокрема, 2-оксисензойну (саліцилову) кислоту добувають з феноляту натрію і вуглекислого газу в автоклавах при  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  з наступною обробкою продукту реакції хлоридною кислотою (метод Кольбе):



Окремі фенолокіслоти та їх похідні використовують як медикаменти (саліцилова кислота, саліцилат натрію, метил-саліцилат, ацетилсаліцилова кислота, або аспірин, феніловий естер саліцилової кислоти, або салол, танін тощо).

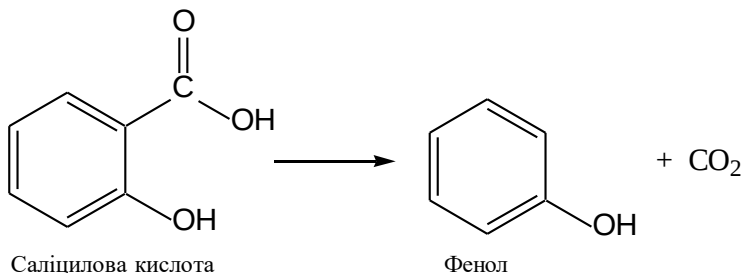
### ***Робота 1. Розкладання саліцилової кислоти при нагріванні***

2-Оксибензойна (саліцилова) кислота - типова фенолокіслота, її іноді називають *о*-оксибензойною кислотою -  $\text{HOC}_6\text{H}_4\text{COOH}$ . Солі і естери саліцилової кислоти — саліцилати. Вперше була добута з естерів, що містяться в тканинах деяких рослин, — гаультерової ефірної олії (*Gaultheria procumbens*). Саліцилова кислота — тверда кристалічна речовина. Має бактерицидну дію. Її солі та естери широко використовують у медицині й ветеринарії як лікарські препарати. Плавиться при  $159^\circ\text{C}$ , погано розчиняється в холодній воді, краще — в гарячій, добре — в етанолі, діетиловому етері, хлороформі.

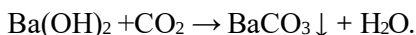
Саліцилова кислота має властивості кислот і фенолів. З кислотами вона реагує як фенол, зі спиртами й фенолами - як кислота. Саліцилова кислота при обережному нагріванні сублімується, при сильному — розкладається на фенол і вуглекислий газ, що значною мірою зумовлює її бактерицидну дію.

Хід роботи. В суху пробірку з газовідвідною трубкою вміщують 0,1 - 0,2 г саліцилової кислоти. Кінець газовідвідної трубки занурюють у пробірку з баритовою водою. Першу пробірку нагрівають – утворюється фенол (його визначають за запахом) і вуглекислий газ (у пробірці з баритовою водою з'являється каламуть).

Хімізм. При нагріванні саліцилова кислота розкладається на фенол і вуглекислий газ:



Помутніння баритової води зумовлене утворенням карбонату барію:

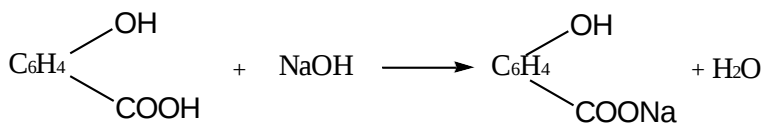


### ***Робота 2. Добування саліцилату натрію та його розкладання***

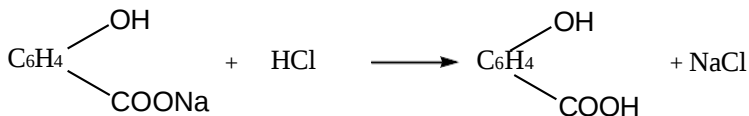
Саліцилат натрію — кристалічна речовина, добре розчиняється у воді і органічних розчинниках, використовується в медицині і ветеринарії як протиревматичний і жарознижувальний засіб, сировина для добування інших лікарських засобів.

Хід роботи. В пробірку вміщують 0,1 — 0,3 г саліцилової кислоти і краплями добавляють 5—10 %-й розчин їдкого натру. Утворюється саліцилат натрію, добре розчинний у воді. До добутого розчину краплями добавляють концентровану хлоридну кислоту. Сіль розкладається — виділяються конгломерати важко розчинної у воді саліцилової кислоти.

Хімізм. Саліцилат натрію утворюється при взаємодії саліцилової кислоти та їдкого натру:



Після добавляння в розчин хлоридної кислоти сіль розкладається:

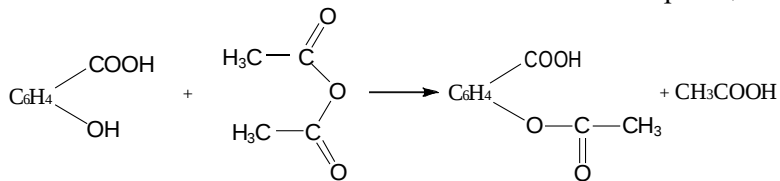


### **Робота 3. Добування ацетилсаліцилової кислоти (аспірину)**

Ацетилсаліцилова кислота — біла кристалічна речовина, плавиться при 133—138 °С, мало розчинна у воді (1 : 300), більше — в етанолі й діетиловому етері (1 : 20). На відміну від саліцилової кислоти не дає кольорової реакції з FeCl<sub>3</sub> (не має фенольного гідроксилу). Застосовується в медицині й ветеринарії як жарознижувальний, протизапальний, антиревматичний і антиневралгічний засіб. У тканинах організму відбувається поступовий гідроліз ацетилсаліцилової до саліцилової і ацетатної кислот, що лежить в основі механізму дії медикаменту.

Хід роботи. В пробірку вміщують 1 г саліцилової кислоти, 1,6 мл ацетатного ангідриду і 5 мл бензолу. Пробірку закривають пробкою з газовідвідною трубкою і нагрівають на водяному огрівнику впродовж години. Суміш виливають у стакан з водою. Добуті кристали фільтрують і двічі промивають бензолом (по 5 мл кожна порція). Ацетилсаліцилову кислоту висушують фільтрувальним папером і переносять у суху чисту пробірку, яку щільно закривають пробкою (ацетилсаліцилова кислота гігроскопічна і після поглинання води розкладається на саліцилову і ацетатну кислоти).

Хімізм. Ацетилсаліцилова кислота утворюється за такою реакцією:



Саліцилова кислота  
ацетилсаліцилова

ацетатний ангідрид  
кислота

#### ***Робота 4. Кольорова реакція на наявність у субстратах саліцилової кислоти***

Саліцилову кислоту широко застосовують для виробництва лікарських засобів (наприклад, ацетилсаліцилової кислоти, фенілсаліцилату), протравних барвників, фунгіцидів (наприклад, саліциланіліду), пахучих речовин (метилсаліцилату, бензилсаліцилату), антисептиків у харчовій промисловості, при консервуванні, як реагент для колориметричного визначення в розчинах феруму й купруму, як кислотно-основний індикатор при люмінесцентному аналізі (при  $\text{pH} = 2,5$ ,  $4,6$  та за наявності кислоти з'являється синя люмінесценція) тощо.

Нерідко виникає необхідність у виявленні наявності саліцилової кислоти в консервованих продуктах.

Хід роботи. В пробірку вміщують  $0,1 - 0,3$  г саліцилової кислоти, додають  $4 - 5$  мл води і кілька крапель  $1\%$ -го розчину хлориду феруму (III). Виникає фіолетове забарвлення. На відміну від фенолу, воно може з'явитися і в спиртовому розчині кислоти.

Хімізм. Забарвлення виникає в результаті утворення комплексних солей при взаємодії фенольних груп шести молекул фенолокислоти з молекулою  $\text{FeCl}_3$  (див. Феноли).

#### ***Робота 5. Кольорова реакція салолу з хлоридом феруму(III)***

Фенілсаліцилат або салол (мусол)  $\text{HOC}_6\text{H}_4(\text{CO})\text{OC}_6\text{H}_5$  - кристалічна речовина, вперше синтезована російським ученим М. В. Ненцьким (1897). Плавиться при  $49,5^\circ\text{C}$ , погано розчиняється у воді ( $1 : 6700$ ), краще — в ацетоні, етанолі, хлороформі, бензолі, діетиловому етері. Добувають пропусканням  $\text{PCl}_3$  крізь сплав саліцилової кислоти з фенолом при  $120^\circ\text{C}$ . Через погану розчинність у воді не дає кольорової реакції з  $\text{FeCl}_3$ , хоча має вільну фенольну групу.

Використовується в медицині й ветеринарії як дезінфекційний засіб при лікуванні деяких кишкових захворювань, а також при суглобовому ревматизмі.

Хід роботи. В пробірку вносять 1 — 2 кристалики салолу, 2 — 3 краплі етанолу і 1 — 2 краплі 1 %-го розчину хлориду феруму (III). З'являється фіолетове забарвлення, характерне для наявності в бензольному ядрі фенольної групи.

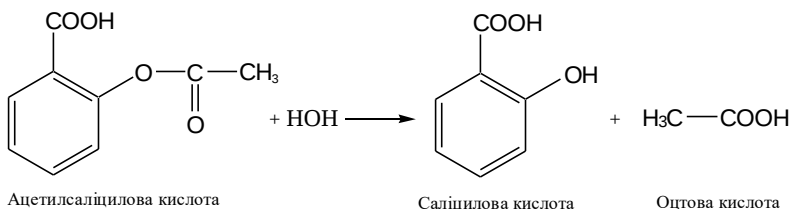
Хімізм. Забарвлення зумовлене утворенням між молекулами салолу і хлориду феруму (III) забарвлених у фіолетовий колір комплексних сполук (див. Феноли).

### ***Робота 6. Відношення ацетилсаліцилової кислоти до хлориду феруму (III) до і після гідролізу***

Ацетилсаліцилова кислота при тривалому зберіганні (особливо у вологому місці) може розкладатися з утворенням саліцилової й ацетатної кислот. Тому у фармацевтичній практиці нерідко виникає необхідність у визначенні чистоти ацетилсаліцилової кислоти.

Хід роботи. Вносять у дві пробірки по 0,1 г ацетилсаліцилової кислоти і додають у кожну з них по 5 — 8 крапель води. Пробірки ретельно збовтують для прискорення розчинення. Першу пробірку нагрівають до кипіння, додають 1 — 2 краплі 1 %-го розчину  $\text{FeCl}_3$ . Після охолодження з'являється характерне для саліцилової кислоти фіолетове забарвлення. Якщо в другу пробірку додати розчин  $\text{FeCl}_3$ , забарвлення не виникає.

Хімізм. У першій пробірці відбувся гідроліз ацетилсаліцилової кислоти з утворенням саліцилової і ацетатної кислот:



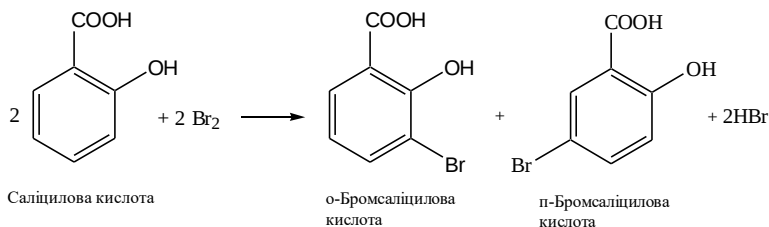
Появу забарвлення після додавання розчину  $\text{FeCl}_3$  див. у роботі 5.

## **Робота 7. Взаємодія бензойної і саліцилової кислот з бромом**

Наявність у молекулі саліцилової кислоти фенольної групи ( $-\text{OH}$ ) дає їй змогу вступати в реакції заміщення атомів гідрогену бензольного ядра на галогени за звичайних умов. Бензойна кислота і звичайні ароматичні кислоти в такі реакції не вступають. Фенольна група в молекулі саліцилової кислоти в цих реакціях діє як замісник першого роду — спрямовує атомні групи та окремі атоми на заміщення атомів гідрогену бензольного ядра в о- і п-положення відносно себе.

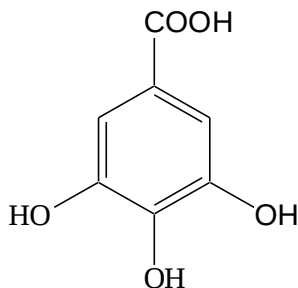
Хід роботи. Беруть дві пробірки. В першу пробірку наливають 2 — 3 мл 1%-го розчину бензойної, в другу — саліцилової кислоти. В обидві пробірки додають по 1 — 2 мл бромної води. З часом у другій пробірці зникає оранжеве забарвлення. Колір суміші в першій пробірці не змінюється.

Хімізм. Реакція саліцилової кислоти з бромом відбувається за таким хімічним рівнянням:

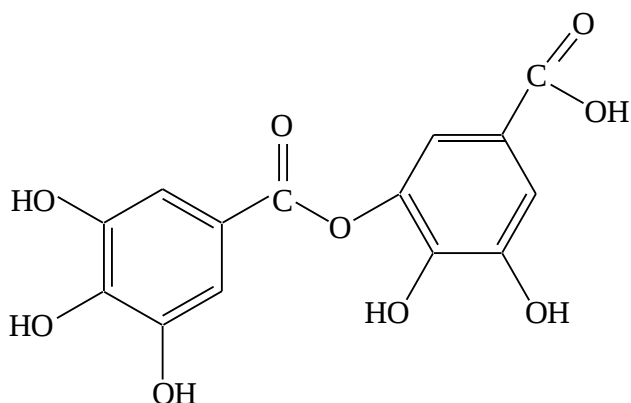


## **Робота 8. Кольорові реакції галової кислоти і таніну з хлоридом феруму (III)**

3,4,5-Триоксибензойна або галова кислота — фенолокислота, що містить у складі своєї молекули одну карбоксильну ( $-\text{COOH}$ ) і три гідроксильні ( $-\text{OH}$ ) групи:

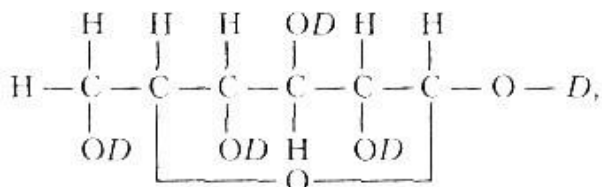


Галова кислота — кристалічна речовина (кристали мають форму голок), плавиться при 222 °С, добре розчиняється в гарячій воді та багатьох органічних розчинниках. При нагріванні втрачає карбоксильну групу і перетворюється на трьохатомний фенол — пірогалол. Легко взаємодіє з хлоридом феруму (ІІІ) і утворює продукт синьо-чорного кольору (чорнило). Має в'язучий смак і є складовою частиною молекул дубильних речовин, зокрема головної з них — таніну, якого багато в корі дуба і особливо в чорнильних горішках. До складу молекули таніну галова кислота входить у вигляді дигалової кислоти, що є естером, утвореним двома молекулами галової кислоти. При утворенні такого естеру одна молекула галової кислоти реагує своїм карбоксилем, друга -фенільним гідроксилом:



м-Дигалова кислота

Китайський танін є глюкозидом дигалової кислоти і глюкози, тобто пентадигалойлглюкозою (Е. Фішер, 1913):



де D — залишок дигалової кислоти.

Танін — аморфний порошок жовтуватого кольору, добре розчиняється у воді, сильно в'язучий на смак. У медицині й ветеринарії його використовують як в'язучий препарат. Він використовується також у шкіряній промисловості для дублення шкір і хутряних виробів. У хімічному аналізі його застосовують як алкалоїдний реактив.

Хід роботи. Беруть дві пробірки, в першу з них наливають 2 — 3мл 5 — 10%-го розчину галової кислоти, в другу 2 — 3мл 5 — 10%-го водного розчину таніну, в кожну пробірку додають по 2 — 3 краплі 1%-го розчину хлориду феруму (III). Вміст першої пробірки забарвлюється в зелено-чорний, другої — в синьо-чорний кольори.

Хімізм. Забарвлення виникає в результаті утворення комплексних солей при взаємодії фенольних груп фенолокислоти з молекулами  $\text{FeCl}_3$  (див. Феноли). Відмінність у забарвленні розчинів галової кислоти і таніну пояснюється тим, що галова кислота трьома гідроксилами зв'язується в комплексну сполуку з атомом феруму, а забарвлення таніну зумовлене взаємодією лише не сполучених з атомами феруму гідроксилів молекули.

## Лабораторна робота № 4

### Оксокислоти

#### *Контрольні запитання:*

1. Які органічні сполуки називають оксокислотами? Напишіть структурні формули відомих вам оксокислот.
2. Назвіть органічні сполуки, які утворюються при відновленні: а) 2-оксопропанової (піровиноградної) кислоти; б) ацетондикарбонової ( $\alpha$ -кетоглутарової) кислоти; в)  $\alpha$ -кетовалеріанової кислоти; г) оксоетанової (гліоксалевої) кислоти.
3. Які способи добування оксокислот вам відомі? Добудьте піровиноградну кислоту всіма відомими вам способами.
4. Дайте коротку характеристику фізичних і хімічних властивостей оксокислот.
5. Напишіть рівняння хімічних реакцій добування етил-3-оксобутаноату (ацетооцтового естеру).
6. Синтезуйте за допомогою ацетооцтового естеру ацетон і бутанову (масляну) кислоту.

#### *Дослід 1. Визначення 2-оксопропанової (піровиноградної) кислоти гідросульфідним методом.*

2-Оксопропанова (піровиноградна,  $\alpha$ -кетопропіонова, ацетилформіатна) кислота - рідина, кипить при  $165^\circ\text{C}$  (з розкладанням), добре розчиняється у воді, діетиловому естері й етанолі, має різкий запах. Добувають окисненням лактатної кислоти. Одночасно має властивості кислот і кетонів. Солі й естери піровиноградної кислоти називають *піруватами*.

Піровиноградна кислота, приєднуючи гідроген, перетворюється на лактатну кислоту. При окисненні (окисному декарбоксилюванні) утворює ацетатну кислоту і оксид карбону IV). Ці реакції відбуваються і в живих організмах.

Піровиноградна кислота - один з центральних проміжних продуктів під час взаємного перетворення вуглеводів, ліпідів та білків у живих організмах.

#### Хід роботи.

В пробірку вносять кілька крапель 1%-го розчину піровиноградної кислоти, додають 2 - 3 краплі 0,1 н розчину хлоридної кислоти і 8-10 крапель 1%-го розчину гідросульфиту натрію. Змішують. Через 9-10 хв на дно пробірки випадає кристалічний осад. Метод використовують у клінічній практиці для кількісного визначення піровиноградної кислоти в різних біологічних рідинах.

Напишіть хімізм реакції.

### ***Дослід 2. Визначення 2-оксипропанової (піровиноградної) кислоти за допомогою о-оксибензальдегіду (саліцилового альдегіду).***

Оксибензальдегід (саліциловий альдегід) у лужному середовищі взаємодіє з піровиноградною кислотою з утворенням продукту реакції, забарвленого в оранжево-червоний колір. За інтенсивністю забарвлення розчину здійснюють кількісне визначення піровиноградної кислоти в біологічних рідинах за допомогою фотоколориметра.

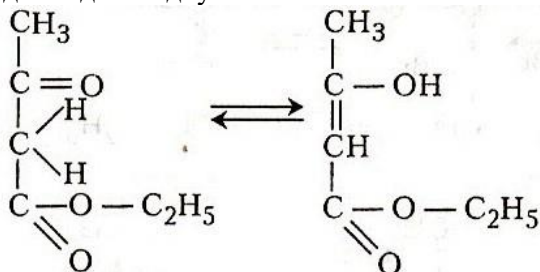
Кількісне визначення дає змогу оцінювати інтенсивність певних ділянок обміну вуглеводів та інших біологічно важливих речовин в органах, тканинах і клітинах живих організмів.

Хід роботи. В суху чисту пробірку вносять 3 - 4 краплі 1 %-го розчину піровиноградної кислоти, потім додають 3 - 4 краплі концентрованого розчину гідроксиду калію і 2 - 3 краплі 2 %-го спиртового розчину оксибензальдегіду. Суміш

збовтують і нагрівають. Спостерігають появу оранжево-червоного забарвлення.  
Напишіть хімізм реакції.

### **Дослід 3. Кето-енольна таутомерія етил-оксобутаноату (ацетооцтового естеру).**

Кето-3-оксобутаноат (ацетооцтовий естер) – рідина з приємним запахом, кипить з незначним розкладанням при 180°C, погано розчиняється у воді, існує у вигляді двох таутомерних форм – кетонної і енольної, які взаємно переходять одна в одну:



Кетонна форма естеру      Енольна форма естеру

Динамічна рівновага обох форм естеру настає в суміші, коли 92,5 % її становить кетонна форма і 7,5% - енольна.

Ацетооцтовий естер – цінний продукт для органічного синтезу. Його використовують для виробництва лікарських препаратів – амідопіріну і акридину, багатьох азобарвників, вітаміну В<sub>1</sub>, ароматизуючих речовин – добавок для харчових продуктів тощо.

Хід роботи. В пробірку наливають 3 – 4 мл води, додавають 0,5 мл ацетооцтового естеру, кілька крапель хлориду феруму (III) і змішують. Суміш забарвлюється в червоно-фіолетовий колір, характерний для органічних сполук, у молекулах яких спиртова група розміщена біля атома карбону, сполученого з іншим атомом карбону подвійним зв'язком. За допомогою ділильної лійки в суміш вносять бромну воду до зникнення червоно-фіолетового забарвлення. Додавання такої води повторюють кілька разів. Відбувається приєднання броду за

місцем розривання подвійного зв'язку. Після першого добавляння червоно-фіолетове забарвлення знову з'являється – відбувається перехід нових молекул естеру з кетонної форми в енольну. Тому бромну воду добавляють до повного приєднання броду енольною формою.  
Напишіть хімізм реакції.

## Лабораторна робота №5

### Вуглеводи. Моноцукриди

#### *Контрольні запитання:*

1. Дайте визначення поняття «вуглеводи». Наведіть їх класифікацію та коротку характеристику основних груп.
2. Напишіть сумарну реакцію процесу фотосинтезу і поясніть її.
3. Що таке «моноцукриди»? Які є підгрупи моноцукридів? Напишіть структурні формули відомих вам альдоз і кетоз.
4. Які види ізомерії характерні для моноцукридів? Дайте визначення кожного з них, наведіть приклади для глюкози і фруктози.
5. Напишіть таутомерні формули право- і лівообертальних ізомерів глюкози, галактози і фруктози.
6. Які способи добування моноцукридів з природної сировини і методами органічного синтезу ви знаєте? Наведіть приклади.
7. Дайте коротку характеристику основних фізичних властивостей моноцукридів.
8. З яких моноцукридів і за допомогою яких хімічних реакцій добувають глюконову, глюкуронову, цукрову й слизову кислоти, сорбіт, галактит і маніт? Наведіть рівняння реакцій.
9. Напишіть структурні формули  $\alpha$ -метилглюкозиду і  $\beta$ -метилглюкозиду.
10. Напишіть рівняння реакції взаємодії D (+)-глюкози і D (-)-фруктози з фенілгідазином. Назвіть добути продукти.
11. Як можна добути пентаметилглюкозу і пентаметилгалактозу? Наведіть рівняння хімічних реакцій.

12. Напишіть рівняння хімічних реакцій взаємодії глюкози з такими речовинами: ціанідною кислотою, фосфатною кислотою, гідроксиламіном, гідроксидом кальцію, етаналем (ацетальдегідом). Назвіть добуті сполуки.
13. Напишіть сумарні реакції окремих видів бродіння гексоз: спиртового, молочнокислого, лимоннокислого, маслянокислого.
14. Зобразіть за допомогою структурних формул Хеурса будову молекул глюкози, фруктози, галактози і манози.
15. Напишіть структурні формули відомих вам пентоз. Яке значення мають ці речовини?
16. Напишіть структурні формули моноцукридів та їхніх похідних, які використовують у медицині та ветеринарії як лікарські засоби.

### ***Дослід 1. Виявлення глюкози реакцією Троммера.***

Реакцію широко використовують у хімічному аналізі для встановлення наявності в розчинах моноцукридів. Розроблена німецьким хіміком С. Троммером (1841). ґрунтується на здатності моноцукридів-альдоз відновлювати гідроксид купруму (II) до оксиду купруму (I) або до металічної міді.

Хід роботи. В пробірку наливають 2 - 3 мл 1 %-го розчину глюкози, добавляють 3-5 краплі 10 %-го розчину сульфату купруму (II) і 3 - 4 мл 10 %-го розчину гідроксиду натрію. Утворюється блакитний драглистий осад гідроксиду купруму (II). Нагрівають на газовому пальнику верхній шар і спостерігають за випаданням жовтого або цегляно-червоного осаду.

Напишіть хімізм реакції Троммера який відбувається в три окремих етапи.

Примітка. Недоліком цієї реакції є те, що за малого вмісту глюкози або іншого моноцукриду-альдози в розчині разом з осадом  $\text{Cu}_2\text{O}$  утворюється осад  $\text{CuO}$  чорного кольору, який маскуватиме забарвлення кінцевих продуктів.

### ***Дослід 2. Відновлення мідно-тартратного комплексу з глюкозою (реакція Фелінга).***

Для виявлення моноукридів у розчинах часто використовують реактив Фелінга або мідно-тарtratний комплекс. Моноукриди, маючи в складі своїх молекул альдегідну групу, легко взаємодіють з рідиною Фелінга, або реактивом Фелінга, відновлюючи його. В реактиві гідроксильні групи тарtratної кислоти сполучені з атомом купруму, що виключає можливість утворення чорного осаду оксиду купруму (II).

Хід роботи. В пробірку вносять 1 - 2 мл 30 %-го розчину їдкоого натру і доливають 0,5 мл 2 %-го розчину сульфату купруму. Потім добавляють 2-3 мл 10 %-го розчину сегнетової солі і 0,5 мл 1 %-го розчину глюкози. Суміш підігрівають. Випадає жовтий ( $\text{CuOH}$ ) або цегляно-червоний ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) осад.

Напишіть хімізм реакції.

### ***Дослід 3. Відновлення глюкозою аміачного розчину гідроксиду аргентуму (реакція «срібного дзеркала»).***

Моноукриди-альдоза легко вступають у реакцію окиснення з гідроксидом аргентуму, в результаті чого на стінках пробірки відкладається металічне срібло.

Хід роботи. В чисту пробірку, вимиту гарячим розчином луку, а потім промиту кілька разів дистильованою водою, вносять 1- 2 мл 3 %-го розчину нітрату аргентуму і краплями, до повного розчинення утвореного при цьому осаду, добавляють концентрований водний розчин амоніаку. Потім до суміші додають таку саму кількість 3 %-го розчину глюкози, обережно нагрівають (без струшування) і спостерігають за появою на стінках пробірки блискучого шару металічного срібла або випаданням чорного осаду срібла.

Напишіть хімізм реакції.

### ***Дослід 4. Виявлення фруктози реакцією Селіванова.***

Російський учений Ф. Ф. Селіванов (1887) встановив, що моноукриди-кетози, взаємодіючи з резорцином і хлоридною кислотою, утворюють речовину, забарвлену у

вишнево-червоний колір. Він розробив метод виявлення фруктози в розчинах, що дістав назву «проби Селіванова». Проба дає можливість виявити фруктозу не лише у вільному стані, а й у зв'язаному, наприклад у складі цукрози або інуліну (в кислому середовищі ці цукри легко гідролізуються з утворенням фруктози). Адьдогексози також можуть вступати в реакцію з реактивом Селіванова, однак реагують повільно і при цьому утворюється продукт реакції, забарвлений у блідо-рожевий колір.

Хід роботи. Насамперед готують реактив Селіванова: до 20 мл дистильованої води додають 50 мл концентрованої хлоридної кислоти, 0,05 г резорцину і суміш перемішують. У пробірку наливають 2 - 3 мл 1 %-го розчину фруктози і додають такий самий об'єм реактиву Селіванова. Суміш нагрівають на газовому пальнику. Через кілька хвилин з'являється вишнево-червоне забарвлення.

Напишіть хімізм реакції.

### ***Дослід 5. Осмолення глюкози.***

Під дією лугів і мінеральних кислот (сульфатної, нітратної, хлоридної) та високих температур молекули моноцукридів руйнуються з утворенням смолоподібних продуктів, що мають надзвичайно складну будову молекул.

Хід роботи. В пробірку наливають 2 - 3 мл 10 %-го розчину глюкози і додають такий самий об'єм 10 %-го розчину їдкого натру. Суміш кип'ятять. Вона поступово змінює колір: спочатку стає жовтою, потім - червоно-коричневою. Змінюється й її консистенція - вона стає в'язкою.

Хімізм. У ході руйнування молекул глюкози утворюються гумінові речовини - малоконденсовані, ароматичні сполуки з нез'ясованою структурою молекул. Їхні молекули здебільшого мають такий елементний склад: карбон - 50 - 60 %, гідроген - 4 - 6 %, кисень - 25 - 40 %. Крім цих сполук в осаді виявлено деяку кількість кетонів, альдегідів, оксикарбонових і оксокарбонових кислот та інших речовин.

## Лабораторна робота № 6

### Вуглеводи. Дицукриди

#### ***Контрольні запитання:***

1. Що таке дицукриди? Яка їх загальна формула? Як їх класифікують? Напишіть основні дицукриди і дайте їх коротку характеристику.
2. Чим відрізняються за своєю будовою молекули дицукридів мальтозного від дицукридів трегалозного типу зв'язку? Наведіть приклади.
3. Напишіть формули (Фішера, Коллі - Толленса і Хеурса) мальтози, лактози, цукрози, трегалози і целобіози.
4. Які способи добування відновних і невідновних дицукридів вам відомі?
5. Дайте коротку характеристику фізичних властивостей дицукридів.
6. Що таке інверсія дицукридів? Як вона виявляється? Доведіть це на прикладі інверсії цукрози. Які продукти харчування містять у своєму складі природний інвертний цукор?
7. Наведіть хімічні реакції відкриття глюкози і фруктози, що утворились під час інверсії цукрози.
8. Напишіть рівняння хімічних реакцій гідролізу трегалози і целобіози. Чим вони різняться?

#### ***Дослід 1. Взаємодія дицукридів з реактивом Фелінга.***

Дицукриди мальтозного і трегалозного типів зв'язку неоднаково реагують з мідно-тартратним комплексом або реактивом Фелінга; перші при взаємодії з ним його відновлюють, другі - не здатні відновлювати.

Хід роботи. У кожному з трьох пробірок наливають по 3 мл одного з трьох 1%-х розчинів дицукридів - цукрози, мальтози і лактози. В кожному пробірці додають по 2 мл реактиву Фелінга. Всі три пробірки переносять у киплячий водяний огрівник на 3 - 5 хв і спостерігають за зміною забарвлення розчинів. У першій пробірці колір не змінився, в

другий і третій - утворився жовтий або цеглисто-червоний осад.

Напишіть хімізм реакції

### ***Дослід 2. Якісна реакція на цукрозу.***

Цукроза  $C_{12}H_{22}O_{11}$  (буряковий, або тростинний цукор) - один з найпоширеніших дицукридів. В Україні цукрозу добувають з коренів цукрових буряків, де його кількість досягає 27% і більше. Цукроза - безбарвна кристалічна речовина, добре розчиняється у воді, гірше - в органічних розчинниках, молекулярна маса 342,1, солодка на смак, плавиться при 184 -185°C. Міститься в усіх частинах зелених рослин. Застосовується як продукт харчування людини, сировина для харчової промисловості, добування етанолу і деяких ПАР. У лабораторній практиці й ветеринарній експертизі (зокрема, при встановленні фальсифікації меду) виникає необхідність у виявленні в розчинах і продуктах харчування людини цукрози.

Хід роботи. В пробірку наливають 2 - 5 мл 10%-го розчину цукрози, додавають кілька крапель водного розчину (1 : 50) нітрату кобальту і надлишок розчину їдкого натру (бажано 10 %-го). З'являється фіолетове забарвлення.

Напишіть хімізм реакції

### ***Дослід 3. Інверсія цукрози.***

Інверсія (від лат. *inversio* - перестановка) зміна знака обертання площини поляризації світла в поляриметрі (сахариметрі) розчином цукрози після її гідролізу. Так, до гідролізу (кислотного або ферментативного) розчин цукрози обертає площину поляризації світла в поляриметрі (сахариметрі) вправо на кут + 66,530. Після гідролізу молекула цукрози розщеплюється на дві речовини -  $\alpha$ -D (+)-глюкозу і  $\alpha$ -D (-)-фруктозу. Перша з них є правообертальною гексозою (+ 52,5°), друга - лівообертальною (-93°). Фруктоза за своєю оптичною активністю перевершує й інвертний цукор: при пропусканні крізь його розчин поляризованого світла обертає площину поляризації вліво.

Хід роботи. В пробірку наливають 2 - 5 мл 10 %-го розчину цукрози, додавають 1 мл 10 %-го розчину сульфатної кислоти. Вміст пробірки збовтують і кип'ятять упродовж 3-6 хв. Добутий розчин інвертного цукру розливають порівну в дві пробірки.

У першу пробірку для нейтралізації (контролюють лакмусовим папірцем) додавають 10 %-й розчин їдкого натру і виконують реакцію Троммера для відкриття глюкози. В другу пробірку вносять такий самий об'єм реактиву Селіванова і відкривають фруктозу.

Напишіть хімізм реакції

#### ***Дослід 4. Добування і розкладання цукратів кальцію.***

Наявність у молекулі дицукриду вільних гідроксильних груп надає їм здатності вступати в реакцію утворення сполук типу алканолатів (алкоголатів). Зокрема, цукроза може вступати в реакцію взаємодії з гідроксидом кальцію з утворенням цукратів. Цю реакцію використовують на цукрових заводах для виділення цукрози в чистому вигляді з дифузорованого соку.

Хід роботи. В пробірку наливають 2 - 3 мл 30 %-го розчину цукрози і додавають такий самий об'єм вапняного молока (гідроксиду кальцію). Через деякий час утворюється значний осад, який не зникає при збовтуванні. Через 5-7 хв суміш фільтрують крізь складчастий фільтр. Виділяється фільтрат, який розливають у дві пробірки.

Першу пробірку нагрівають на газовому пальнику до початку кипіння. Випадає кристалічний осад. При охолодженні і збовтуванні осад знову розчиняється, а при повторному нагріванні знову утворюється.

У другу пробірку за допомогою апарата Кіппа повільно пропускають вуглекислий газ. Випадає осад - карбонат кальцію (гашене вапно). Цю реакцію використовують у технології добування з цукрового буряку цукру і називають сатурацією.

Напишіть хімізм реакції

Для добування цукрози в чистому вигляді кальцій витісняють з молекули трицукрату. При цьому використовують слабкі кислотні властивості дицукриду (стала іонізації цукрози -  $6 \cdot 10^{-7}$ ). Пропускають крізь осад вуглекислий газ, цукрат розкладається і цукроза виділяється в чистому вигляді, про що свідчить результат досліду в другій пробірці:

Напишіть хімізм реакції

### ***Дослід 5. Утворення карамелі.***

*Карамель* (від фр. *saamel* - цукрова тростина) - кондитерський виріб, який готують упарюванням цукрово-патокового сиропу після розчинення в ньому смакових речовин і барвників. Карамель містить у своєму складі комплекс перетворень цукрів (цукрози, глюкози, фруктози, мальтози), складові частини деяких плодів, ягід, ядер горіхів, іноді какао та інших речовин. Хімічний склад різних сортів карамелі різний. Зокрема, в основі льодяникової карамелі лежать цукроза та продукти її термічних перетворень.

Хід роботи. В пробірку вносять 1- 3 г цукрози і обережно нагрівають доти, доки вона не розплавиться і не стане бурою. Охолоджена карамельна маса прозора, має аморфну структуру (на відміну від кристалічної цукрози) і світло-жовте забарвлення.

Хімізм. Процес карамелізації складний, пов'язаний з дегідратацією і полімеризацією. Залежно від температури і наявності певних домішок утворюються найрізноманітніші за структурами молекул продукти карамелізації.

### ***Дослід 6. Виявлення лактози в молоці.***

Лактоза або молочний цукор - біла кристалічна речовина, плавиться при 202°C (гідрат) і 258°C (безводна форма).

Лактоза гірше розчиняється у воді, ніж інші дицукриди. Оптично активна - обертає площину поляризації світла в сахариметрі (поляриметрі) вправо (+55°). Молоко різних самок ссавців містить неоднакові кількості лактози:

корови - в середньому 4,5 %, кози - 4,4, кобили - 1,0, вівці - 6,2, оленя - 17,1, самки носорога - до 36 %. Під час гідролізу (кислотного чи ферментативного) лактоза розщеплюється до галактози і глюкози.

Хід роботи. В колбу наливають 25 мл свіжого коров'ячого молока, додавають такий самий об'єм дистильованої води, 10 - 15 крапель льодяної ацетатної кислоти і збовтують. Зсідаються казеїн і жир, їх відфільтровують крізь складчастий фільтр. Фільтрат ділять на дві однакові частини, розливаючи у відповідний посуд. Беруть пробірку і вносять у неї 2 - 3 мл фільтрату, додають 2 - 3 мл реактиву Фелінга і нагрівають на водяному огрівнику впродовж кількох хвилин. Випадає цеглисто-червоний осад оксиду купруму (II).

У другу пробірку наливають 2 - 3 мл фільтрату і додають 2 - 3 мл концентрованої нітратної кислоти. Суміш випарюють досуха у фарфоровій чашці. Бажано це робити у витяжній шафі. Утворюється кристалічний порошок. Напишіть хімізм реакції

## **Лабораторна робота № 7.**

### **Вуглеводи. Поліцукриди**

#### ***Контрольні запитання:***

1. Дайте визначення поняття «олігоцукриди». Наведіть детальну класифікацію гомо- і гетероцукридів. Дайте коротку характеристику їх найважливіших представників.
2. Як добувають крохмаль, глікоген, інουλін, клітковину і лігнін? Які їхні фізичні та хімічні властивості? Дайте коротку характеристику будови їхніх молекул.
3. Як різняться за хімічним складом молекули амілози і амілопектину, крохмалю і клітковини?
4. Напишіть рівняння хімічних реакцій добування етанолу з крохмалю і клітковини.
5. Напишіть рівняння хімічних реакцій добування ацетатного і віскозного шовку з клітковини.

6. Напишіть рівняння хімічних реакцій добування моно-, ди- і тринітроклітковини з клітковини і нітратної кислоти. Яке вони мають значення для медицини й ветеринарії, оборонної промисловості?

7. Які поліцукриди використовують у медицині й ветеринарії та для яких цілей? Наведіть приклади.

### ***Дослід 1. Виявлення крохмалю в бульбах картоплі і зерні злаків.***

**Крохмаль** ( $C_6H_{10}O_5$ ) - енергетичний поліцукрид зелених рослин. Утворюється в клітинних органелах (хлоро- і амیلонластах) зелених частин рослин у результаті реакцій фотосинтезу, відкладається у вигляді запасних поживних речовин у листках, стеблах, цибулинах, бульбах та насінні. В клітинах виявляється у вигляді зерен різної форми (овальної, сферичної, неправильної), розміру і шаруватості. Масова частка крохмалю в зерні рису досягає 80%, пшениці - 75, кукурудзи - 72, жита - 70, ячменю - 65, вівса - 58, проса - 57, у бульбах картоплі - 12-25%.

Крохмаль складається з двох фракцій: *амілози* (має лінійну будову молекули) і *амілопектину* (має розгалужену будову). Амілоза становить 10-30 %, амілопектин - 70-90 % загальної маси крохмалю. Молекула амілози складається з 200-1000 залишків глюкози, сполучених між собою глікозидними зв'язками за типом 1,4. Молекулярна маса амілози 20 тис. - 1 млн. Амілоза легко розчиняється у воді без утворення клейстеру і забарвлюється розчином йоду в темносиній колір. Молекула амілопектину побудована з 5000-6000 залишків глюкози, сполучених між собою за типом 1,4 і 1,6. Молекулярна маса амілопектину - від 100 тис. до кількох мільйонів. На відміну від амілози, молекула якої має ниткоподібну форму, молекула амілопектину має сферичну конфігурацію. Амілопектин з гарячою водою утворює клейстер, а після охолодження - драглисту масу. З розчином йоду дає червоно-фіолетове забарвлення. Розділення крохмалю на амілозу і амілопектин здійснюють розчиненням у гарячій воді. Крохмаль має високу енергетичну ємність - близько 20 кДж/г. Це цінний продукт харчування, сировина

для добування глюкози і етанолу; використовується в паперовій промисловості, для виробництва клеїв, як лікарський засіб і добавка до деяких лікарських препаратів, у текстильній промисловості (наприклад, при ситцевибиванні) тощо, в аналітичній хімії розчин крохмалю є індикатором на йод. У свою чергу, синє забарвлення, що з'являється при добавлянні до крохмалю розчину йоду в йодиді калію, є характерною реакцією на крохмаль.

Йодокрохмальна реакція дуже чутлива і використовується в кількісному аналізі та в клінічній біохімії для визначення як крохмалю, так і йоду.

Хід роботи. Беруть бульбу картоплі, розрізають її на 2-4 частини. Свіжорозрізаний шар змочують розчином йоду в йодиді калію. Беруть кілька зерен рису, пшениці, жита, кукурудзи і наносять на них той самий розчин йоду. В обох випадках з'являється синє або синьо-фіолетове забарвлення, яке свідчить про наявність у цих об'єктах крохмалю.

Хімізм. Забарвлення крохмалю при добавлянні розчину йоду в йодиді калію виникає в результаті адсорбування величезними молекулами крохмалю (їх молекулярна маса становить від сотень тисяч до кількох мільйонів) маленьких молекул йоду (його молекулярна маса 254). При нагріванні відбувається десорбція, комплекс крохмаль - йод розпадається; при охолодженні забарвлення відновлюється (відбувається адсорбція молекулами крохмалю молекул йоду).

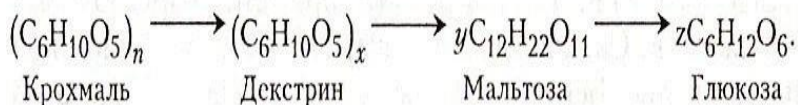
### ***Дослід 2. Ступінчастий гідроліз крохмалю.***

Крохмаль не має відновних властивостей (не відновлює реактив Фелінга, гідроксид купруму (II), не дає реакції «срібного дзеркала» тощо). Під час кислотного або ферментативного гідролізу молекули крохмалю розщеплюються з утворенням молекул проміжних продуктів розпаду (декстринів, мальтози і глюкози). Високомолекулярні продукти розпаду молекули крохмалю обертають площину поляризації світла вправо і дістали назву *декстринів* (вони містять альдегідні групи і здатні давати відновні реакції).

Про наявність процесу гідролізу свідчить поява відновних цукрів. Штучний кислотний гідроліз крохмалю імітує ферментативні реакції розщеплення крохмалю в травному каналі людини й тварин. Він розпочинається в ротовій порожнині, де гідролітичне розщеплення молекул крохмалю відбувається під впливом ферментів слини (амілази і мальтази) і закінчується в тонкій кишці (під впливом ферментів підшлункової залози - тих самих амілази і мальтази).

Хід роботи. В пробірку наливають 9 мл 1 %-го розчину крохмального клейстеру і додають 1 мл концентрованої хлоридної кислоти. Вміст пробірки ретельно перемішують і рівномірно розподіляють у 5 хімічно чистих пробірок. Пробірки нагрівають на киплячому водяному огрівнику, виймаючи їх по одній через 3, 5, 8, 12 і 20 хв. Вміст кожної пробірки порівну ділять на дві інші пробірки. В перших п'яти пробірках виконують реакцію Троммера, в другі п'ять пробірок додають по кілька крапель йоду в розчині йодиду калію.

Хімізм. У процесі гідролізу молекула крохмалю поступово розщеплюється через ряд проміжних продуктів (декстринів, мальтози) до глюкози:



У перших п'яти пробірках виразна реакція Троммера, як правило, спостерігається в четвертій пробірці, де є мальтоза, і в п'ятій пробірці, де утворилась глюкоза.

У других п'яти пробірках залежно від ступеня гідролізу спостерігається гама забарвлень: у першій пробірці - синьо-фіолетове (містяться амілодекстрини і крохмаль), у другій - червоно-буре (еритродекстрини), в третій - оранжеве (ахро- і мальтозодекстрини), у четвертій - оранжевожовте (мальтозодекстрини і мальтоза), в п'ятій - жовте і світло-жовте забарвлення (мальтоза і глюкоза). Звичайно, ці межі до деякої міри умовні, декстрини забарвлюються в результаті

адсорбції їх молекулами йоду, мальтозодекстрини, мальтоза і глюкоза йод не адсорбують.

### ***Дослід 3. Розчинення клітковини в аміачному розчині оксиду купруму (II).***

Клітковина, або целюлоза  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , - поліцукрид, що становить основу оболонки клітин рослин. У деревині міститься разом з геміцелюлозами, зокрема з пентозанами й лігніном. Основа рослинних кормів. У листках міститься до 30 %, в деревині - до 40-70, у волокні бавовнику - до 95-98 % чистої клітковини.

Молекула клітковини - лінійний полімер, який складається з 3 - 6 тис залишків димеру  $\beta$ -D-глюкози (целобіози), сполучених між собою глікозидними зв'язками за типом 1,4, структурної одиниці клітковини. Молекулярна маса клітковини становить 10-20 млн.

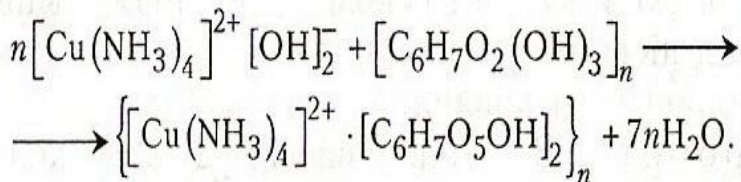
Клітковина - біла волокниста речовина без смаку й запаху, не розчиняється у воді, етанолі, діетиловому етері, ацетоні та інших органічних розчинниках. Розчиняється в реактиві Швейцера - розчині гідроксиду купруму (II) в концентрованому розчині аміаку -  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}(OH)_2^-$ . Цю властивість використовують для добування мідно-аміачного шовку («штучного шовку»). Його ниткам властиві рівномірна структура, м'якість, еластичність і незначна щільність, їх міцність становить у середньому 120-180 Н/м, відносне видовження - 10 - 40 %. Штучний шовк добре фарбується органічними барвниками (кубовими, фталоціановими тощо). Випускається у вигляді ниток і штапельних волокон. Останні використовують у виробництві килимів та сукна (в суміші з вовною). Крім цього, штапельна нитка використовується для виготовлення трикотажу та легких тканин.

Хід роботи. Готують реактив Швейцера: беруть насичений розчин гідроксиду купруму (II) і концентрований розчин аміаку. До 100 мл 10 % -го розчину сульфату купруму додають 30 - 40 мл 10 % -го розчину їдкого натру. Добутий осад відфільтровують, промивають водою і розчиняють у 25 %-му розчині аміаку так, щоб залишилось трохи осаду.

Беруть суху пробірку, пінцетом вносять у неї невеликий кусочок гігроскопічної вати або фільтрувального паперу, добавляють 6 - 8 крапель реактиву Швейцера і енергійно збовтують. Вміст пробірки ретельно перемішують скляною паличкою до повного розчинення клітковини. До добутого в'язкого розчину добавляють кілька крапель води і збовтують. Вміст пробірки виливають у стакан з теплою водою (50-100 мл) і добавляють 2-3мл концентрованої сульфатної або хлоридної кислоти. Випадають пластівці клітковини.

Хімізм. Клітковина - трьохатомний спирт  $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ . Взаємодіючи з реактивом Швейцера, вона утворює сполуки типу алканолатів (алкоголатів) . На целюлозних комбінатах клітковину спочатку мерсеризують (обробляють їдким натром і промивають водою), потім розчиняють у реактиві Швейцера. Добутий в'язкий розчин клітковини пропускають крізь фільтри в посудини з сульфатною кислотою. Нейтралізують. Утворюються нитки, з яких прядуть мідно-аміачну тканину.

Утворення мідно-аміачного волокна ґрунтується на взаємодії реактиву Швейцера з клітковиною:



#### ***Дослід 4. Добування рослинного пергаменту.***

*Рослинний пергамент* - продукт обробки паперу сульфатною кислотою, що не пропускає вологи й жирів. Названий на честь міста Пергам, де в 2 ст. до н. е. почали виготовляти особливий матеріал для письма. Нині штучним пергаментом називають жиронепроникний папір, який використовують для пакування різних речей та для технічних потреб, а також для друкування цінних документів.

Хід роботи. Беруть три стакани. В перший наливають 100 мл 80 %-го розчину сульфатної кислоти, в другий

дистильованої води, в третій – 5 % -го розчину аміаку. В перший стакан на 10 – 15 с вносять смужку фільтрувального паперу, потім промивають упродовж 1 – 2 хв в стакані з дистильованою водою і нейтралізують у розчині аміаку. Після висушування папір стає міцним і блискучим. Таких цінних якостей він набуває завдяки утворенню амілоїду - продукту неповного гідролізу клітковини. Амілоїд склеює волокна клітковини в міцну масу. На не оброблені кислотою та аміаком ділянки паперу наносять по кілька крапель розчину йоду в йодиді калію. Амілоїдні ділянки забарвлюються йодом у синій, необроблені - у буруватий колір.

Хімізм. Під час неповного гідролізу клітковини утворюються проміжні продукти гідролізу, які називають загальним терміном «амілоїд». Хімізм утворення амілоїду можна зобразити таким рівнянням реакції:



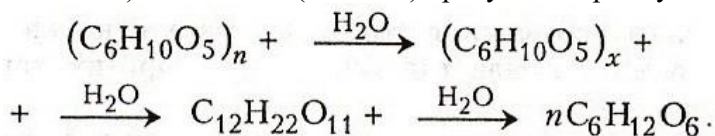
### ***Дослід 5. Кислотний гідроліз клітковини.***

*Клітковина* - полімер, побудований із залишків молекул  $\beta$ -D (+)-глюкози. Структурною одиницею клітковини є дицукридна ланка целобіози, побудована з двох молекул  $\beta$ -D (+)-глюкози. Клітковина - основа рослинних кормів для жуйних і травоядних тварин. У травному каналі (в передшлунках жуйних і ободовій кишці однокопитних) клітковина під дією бактеріальних ферментів (целюлази й целобіази) гідролізується до  $\beta$ -D (+)-глюкози. Остання зазнає різних видів бродіння у кишковій трубці і використовується тваринним організмом для енергетичних та пластичних потреб (продукти цих бродіння - в основному ацетатна, бутанова, пентанова, лактатна та інші низькомолекулярні кислоти). Процес гідролізу клітковини до  $\beta$ -D (+)-глюкози в організмі тварин відбувається під дією бактеріальних ферментів і його імітує кислотний гідроліз клітковини.

Хід роботи. В пробірку вносять 2 - 3 мл концентрованої сульфатної кислоти і кілька кусочків фільтрувального паперу. Вміст пробірки перемішують скляною паличкою до повного розчинення клітковини, після

чого виливають у конічну колбу з 20-30 мл дистильованої води. Кип'ятять. За необхідності, коли вода википає, в колбу добавляють воду. Через годину після початку гідролізу з колби беруть 2 - 3 мл гідролізату, нейтралізують 10%-м розчином їдкого натру і виконують реакцію Троммера.

Хімізм. Внаслідок кислотного гідролізу молекула клітковини поступово розщеплюється до проміжних (амілоїдів і целобіози) та кінцевих (глюкози) продуктів гідролізу:



### *Дослід 6. Відкриття лігніну в деревині.*

Лігнін (від лат. lignum - дерево, деревина) - складна полімерна сполука, основа інкрустуючих речовин оболонки рослинних клітин. Разом з геміцелюлозою заповнює порожнечу між фібрилами целюлози. Відкладання лігніну в клітинних оболонках зумовлює здерев'яніння клітин рослин і збільшує їхню міцність. Це аморфна речовина жовто-коричневого кольору, молекулярна маса - від кількох тисяч до мільйона. Деревина листяних порід дерев містить до 20 - 25% лігніну, хвойних - 35 - 50% сухої маси. Мікрофібрили целюлози в оболонках клітин порівнюють з арматурою, між якою розміщені молекули лігніну, що створює майже «залізобетонну» структуру рослинної клітини. Це надає клітинам міцності.

Лігнін - нерегулярний полімер, молекула якого побудована із залишків фенолоспиртів (наприклад, коніферилового, 3,5-диметилокси-4-оксикоричного або синапового спиртів) сполучених між собою карбон-карбоновими або простими етерними зв'язками. Структуру лігніну поки що повністю не з'ясовано.

Лігнін може бути виділений з рослинних тканин розчиненням вуглеводних компонентів деревини (наприклад, гідролізам за наявності кислот) або самого лігніну (наприклад, дією лугів). У промисловості лігнін одержують як

домішку під час добування целюлози та під час гідролізу рослинних матеріалів. Використовується в медицині й ветеринарії як деревинна вата у вигляді тонких гофрованих листків для перев'язування ран та інших травм.

Хід роботи. Беруть три пробірки. В кожную пробірку наливають по 2 - 3 мл 1 %-го водного розчину сульфату аніліну. В першу пробірку вносять соснову скалку, в другу смужку газетного паперу, в третю - кусочок фільтрувального паперу. Через кілька хвилин скалка і смужка газетного паперу забарвлюються в жовтий колір, оскільки в їх складі є лігнін. Фільтрувальний папір не забарвлюється, оскільки під час його виготовлення лігнін екстрагувався.

Хімізм вивчений недостатньо.

Навчально-методичне видання  
(українською мовою)

О.А. Бражко, М.П. Завгородній, Д.С. Коваленко

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
“ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ ЗІ ЗМІШАНИМИ  
ФУНКЦІЯМИ”**

до лабораторних робіт з органічної хімії  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
спеціальності «Хімія»  
освітньо-професійної програми «Хімія»

Відповідальний за випуск

Л.О. Омелянчик

Коректор

О.Л. Рачинська