

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
студентами спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

Дніпро
НТУ «ДП»
2021

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**



ФАКУЛЬТЕТ ПРИРОДНИЧИХ НАУК І ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімії

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
студентами спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

Дніпро
НТУ «ДП»
2021

Органічна хімія. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / О.Ю. Светкіна, С.М. Лисицька; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2021. – 23 с.

Автори:

О.Ю. Светкіна, д-р. техн. наук, проф.

С.М. Лисицька, канд. с.-г. наук, доц.

Затверджено до видання редакційною радою (протокол № 9 від 10.09.2021) за поданням науково-методичної комісії зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія (протокол № 3 від 22.02.2021).

Методичні матеріали містять короткі відомості про органічні речовини, які застосовуються в різних галузях промисловості, а також лабораторні методики їхнього вивчення, пояснення хімічних процесів, що супроводжують такі дослідження. Зміст видання відповідає вимогам освітньо-кваліфікаційної програми спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія».

Відповідальна за випуск завідувач кафедри хімії, проф., д-р техн. наук,
О.Ю. Светкіна.

ПЕРЕДМОВА

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Органічна хімія» призначаються для студентів спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія.

Діяльність хіміка-технолога потребує аналітичних навичок у визначенні якісних й кількісних характеристик сировини, продукції, та відходів.

Теоретичні основи органічної хімії, як галузі природознавства, а також набуття практичних навичок її використання, є необхідною складовою підготовки майбутніх фахівців.

У цьому виданні описано аналітичні методи добування та застосування органічних речовин у промисловості. Основну увагу приділено властивостям, загальній характеристиці реакцій, у які вступають органічні речовини.

З метою більш глибокого аналізу отриманих результатів після кожного експерименту надаються таблиці, графологічні структури, які дозволяють уявити досліджувані речовини, їх властивості. Матеріал лабораторних робіт викладені в такій послідовності: формулювання теми, мети роботи, визначення конкретного завдання; перелік необхідного обладнання та матеріалів і порядок виконання завдання.

Кожна із запропонованих лабораторних робіт носить науково-дослідний характер.

Методичні рекомендації мають на меті:

– закріплення теоретичних знань, що отримані студентами на лекціях з органічної хімії;

– вивчення основних принципів і методів дослідження хімічних властивостей органічних речовин для використання цих знань у практичній діяльності;

– набуття практичних навичок дослідницької роботи з різними органічними речовинами, їх складовими компонентами, а також уміння аналізувати отримані результати дослідів.

Лабораторна робота № 1

Тема: Очищення твердої речовини методом перекристалізації

Мета роботи: Провести поетапне очищення органічної речовини бензенової кислоти методом перекристалізації, з огляду на відмінності в процесі її розчинення при нормальній та підвищеній температурах.

Теоретичні положення

Найбільш поширеним методом очищення твердих речовин є *перекристалізація*. Цей метод базується на тому, що тверді речовини розчиняються у певному розчиннику по-різному при нормальній і підвищеній температурах.

Наприклад, тверда речовина бензенова кислота (C_6H_5COOH) практично не розчиняється в холодній воді і повністю розчиняється в ній при температурі кипіння. Ця властивість дозволяє відокремити бензенову кислоту від домішок методом перекристалізації.

Процес *перекристалізації* полягає у приготуванні насиченого розчину речовини (бензойної кислоти) в киплячому розчиннику (H_2O), який гарячим фільтрують для відокремлення від механічних домішок. При охолодженні гарячого насиченого розчину відбувається кристалізація розчиненої речовини (бензенової кислоти), а домішки залишаються розчиненими у фільтраті. Далі кристали бензенової кислоти відділяють від фільтрату, промивають розчинником, висушують, визначають температуру їх плавлення.

Методика проведення перекристалізації

1. *Вибір розчинника.* Розчинник повинен: а) практично не розчиняти домішки, б) хімічно не взаємодіяти з очищеною речовиною. Вибір розчинника проводять дослідним шляхом; розчинник вибрано правильно, якщо тверда речовина погано розчиняється в ньому за нормальних умов, добре при кипінні, а при охолодженні гарячого розчину відбувається її кристалізація.

2. *Приготування насиченого розчину.* Речовину (бензенову кислоту) та кілька кип'ятільних камінців завантажують у круглодонну колбу і додають невелику кількість розчинника. Колбу, з'єднану із зворотним холодильником, нагрівають до кипіння розчину. Якщо речовина не розчинилася, розчинник додають невеликими порціями до повного її розчинення. Якщо розчин забарвлений, то його охолоджують, додають адсорбент активоване вугілля (~ 1% від маси речовини) і кип'ятять 5 хвилин (рис. 2).

3. *Фільтрування з обігріванням.* Для очищення від механічних домішок та активованого вугілля гарячий розчин фільтрують через складчастий паперовий фільтр, вміщений у воронку для гарячого фільтрування (рис. 3). Фільтрат збирають у конус та охолоджують.

4. *Кристалізація і фільтрація.* При охолодженні гарячого фільтрату до кімнатної температури відбувається кристалізація бензенової кислоти. Кристали чистої речовини відділяють на лабораторному нутч-фільтрі (рис. 4), промиваючи її невеликою кількістю розчинника.

5. *Висушування очищеної речовини.* Очищену шляхом перекристалізації речовину переносять з воронки Бюхнера в чашку Петрі (або паперову коробочку) для висушування на повітрі, після чого визначають температуру плавлення продукту за допомогою спеціального приладу (рис. 5).

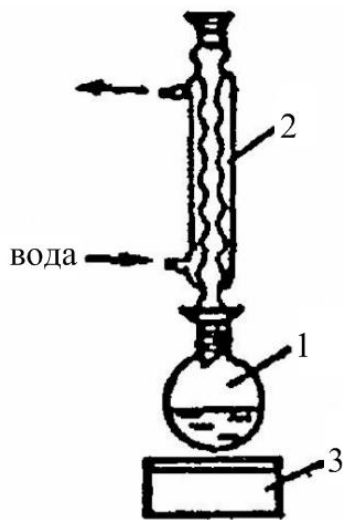


Рис. 2. Установка для приготування насиченого розчину:
1 – круглодонна колба; 2 – зворотний холодильник; 3 – електрична плита

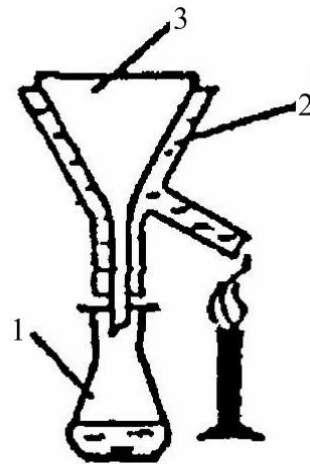


Рис. 3. Установка для гарячого фільтрування розчину:
1 – конус; 2 – воронка для гарячого фільтрування; 3 – скляна воронка з паперовим фільтром

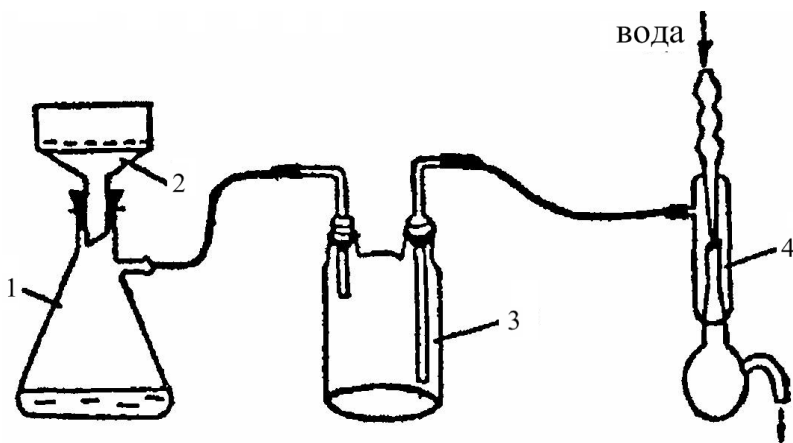


Рис. 4. Лабораторний нутч-фільтр:
1 – колба з тубусом Бунзена; 2 – воронка Бюхнера;
3 – склянка Вульфа; 4 – водоструминний насос



Рис. 5. Прилад для визначення температури плавлення

Результати експерименту проведення перекристалізації заносять у табл. 1.

Таблиця 1

Назва та формула очищеної речовини	Маса речовини до перекристалізації, г m_1	Об'єм розчинника, мл				Маса речовини після перекристалізації, г m_2	Температура плавлення після перекристалізації, t°C	Вихід речовини, %
		V_1	V_2	V_3	ΣV_4			

Лабораторна робота № 2

Тема: Насичені вуглеводні. Способи добування та вивчення їх властивостей

Мета роботи: Провести за схемою (рис. 1) реакції добування насичених вуглеводнів (метану), бромовання алканів. Пояснити їх властивості за допомогою складання таблиці.

Насичені вуглеводні мають загальну формулу C_nH_{2n+2} , вони утворюють гомологічний ряд алканів. В алканах досягнуто найвищий ступінь насичення атомами гідрогену. Алкани часто називають парафінами (від лат. *parum affinis* – позбавлений спорідненості, малореакційний).

Гомологічний ряд – це ряд сполук, у якому кожен член відрізняється від попереднього на сталу структурну одиницю. Члени гомологічного ряду являють собою гомологи.

Найпростішим представником гомологічного ряду алканів є метан CH_4 .

Починаючи з вуглеводню, що має формулу C_4H_{10} , розрізняють алкани з нерозгалуженим ланцюгом (нормальні або *n*-) і розгалужені – ізоалкани (ізомери). Зі збільшенням кількості атомів карбону зростає кількість можливих структурних ізомерів.

За номенклатурою перші чотири алкани мають тривіальні назви (метан, етан, пропан, бутан). Наступні ж, з C_5 , назви гомологів утворюються від грецьких і латинських числівників, які вказують на кількість атомів карбону в алкані, та суфікса «ан» (пентан, гексан, гептан тощо).

Перші чотири *n*-алкани за звичайних умов – газоподібні, від C_5 до C_{10} – рідини, а, починаючи з C_{17} , – тверді речовини. У гомологічному ряду зі збільшенням молекулярної маси температура плавлення або кипіння зростає на 20...30°C (за винятком нижчих алканів).

Основними джерелами алканів є нафта та її супутній природний газ. Природний газ містить тільки легкі алкани і складається здебільшого з метану.

Методом перегонки нафти добувають нафтопродукти різних фракцій. Кожна фракція є багатокомпонентною сумішшю різних алканів тому виділення індивідуальних вуглеводнів являє собою дуже складне завдання. У практиці

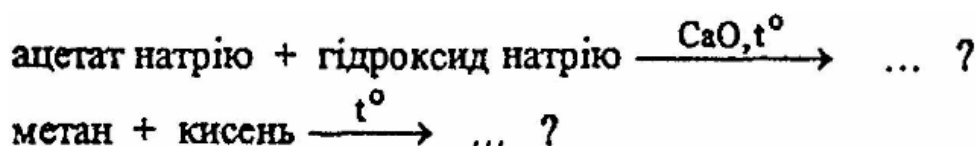
найчастіше застосовують синтетичні методи добування алканів (відновлення галогеналканів, декарбоксілування карбонових кислот, взаємодія галогеналканів з металевим натрієм – *реакція Вюрца* та ін.).

Дослід 1. Добування метану та вивчення його властивостей.

Прилади й реактиви: ацетат натрію безводний; натронне вапно ($\text{NaOH} + \text{CaO}$); бромна вода (насичений розчин); розчин окисника (наприклад, біхромату калію у кислому середовищі).

Методика досліджень

Проведення досліду: 1. У суху пробірку із газовідвідною трубкою (рис. 1) вмістити суміш безводного ацетату натрію та натронного вапна (1:2), при цьому висота шару суміші має бути приблизно 5 мм. Пробірку нагріти на спиртівці, біля кінця газовідвідної трубки підпалити газоподібний метан, який при цьому утворюється. Яким полум'ям горить цей газ? Записати рівняння, що відповідають цим реакціям за схемами:



2. У пробірку 2 помістити 2 краплі окисника (розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ з 40 %-ною H_2SO_4), а в пробірку 3 – кілька крапель бромної води. Не припиняючи нагрівання суміші в пробірці 1, почергово ввести кінець газовідвідної трубки у пробірки 2 й 3. Чи змінюється забарвлення розчинів у кожній з цих пробірок? Зробити висновок про взаємодію алканів з бромною водою та розчином окисника (біхромату калію у кислому середовищі).

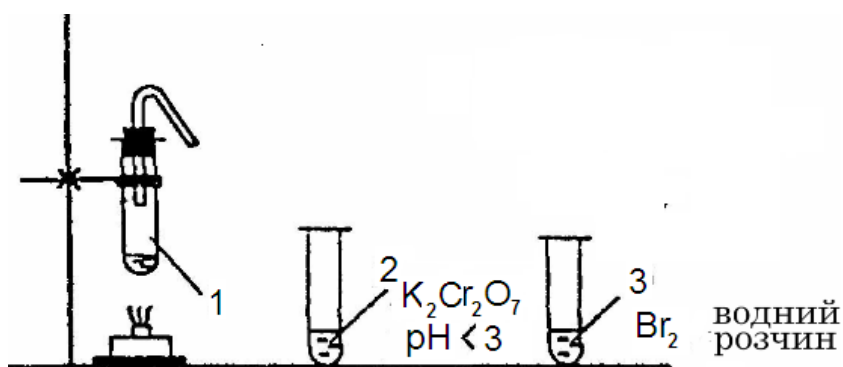


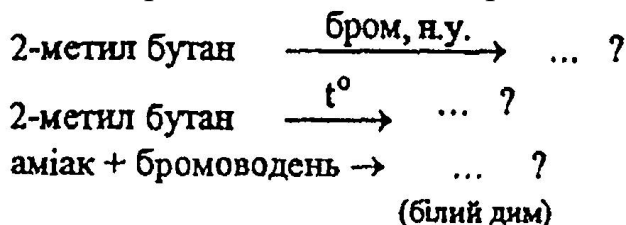
Рис. 1. Схема проведення досліду добування насичених та ненасичених вуглеводнів, їх бромовання

Дослід 2. Бромовання алканів.

Прилади й реактиви: рідкі алкани (2-метилбутан); розчин броду в органічному розчиннику (в бензині); аміак, 25 %-ний розчин; лакмусовий папір (синій).

Методика досліджень

Проведення досліду: у суху пробірку вмістити 4 краплі рідкого алкану і додати 2 краплі розчину бром. Суміш ретельно перемішати. Чи змінилося при цьому забарвлення бром? Потім нагрівати суміш на піщаній бані до знебарвлення; до отвору пробірки піднести скляну паличку, змочену аміаком. Що спостерігається при цьому? Пінцетом у пробірку внести зволожений лакмусовий папірець. Чи змінюється його забарвлення? Навести рівняння відповідних процесів за схемами:



Отримані результати дослідів оформити у вигляді табл. 2.

Таблиця 2

№ досліду	Рівняння реакції	Спостереження	Висновки

Лабораторна робота № 3

Тема: Ненасичені вуглеводні. Способи добування та вивчення їх властивостей

Мета роботи: Провести за схемою (рис. 1) реакції добування ненасичених вуглеводнів (пропену, ацетилену), бромовання алкенів. Узагальнити їх властивості, розмістивши результати спостережень у таблиці.

Насичені вуглеводні мають узагальнену формулу C_nH_{2n} . Вони утворюють гомологічний ряд алкенів. Для алкенів характерний подвійний зв'язок $C = C$. Ці сполуки називають також олефінами (від франц. *gas olefant* – маслотвірний газ), оскільки їхні газоподібні гомологи в реакціях з хлором та бромом утворюють нерозчинні у воді масла.

До алкенів належать також ненасичені вуглеводні, які містять два або більше подвійних зв'язків $C = C$.

Згідно з номенклатурою ІЮПАС за основу назви алкенів вибирають найдовший карбоновий ланцюг, що містить подвійний карбоновий зв'язок. Атоми цього ланцюга нумерують у такій послідовності, щоб атом карбону у подвійному зв'язку, дістав, якомога, менший номер. Ланцюг одержує назву від назви відповідного алкану, в якому змінюється «ан» на «ен». Положення подвійного зв'язку $C = C$ позначається

цифрою (через дефіс), яку ставлять перед назвою ланцюга (наприклад, $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ – 2-пропен).

Сполуки з C_2 до C_4 – за звичайних умов газоподібні, від C_5 до C_{17} – це рідини, а вищі гомологи являють собою тверді речовини. Фізичні властивості алкенів (температура плавлення, кипіння) подібні до властивостей алканів. Їхня густина менша від густини води.

Нижчі алкени ($\text{C}_2 - \text{C}_5$) у промислових масштабах добувають з газів, які утворюються під час очищення нафти, а також у процесі піролізу бензинів та керосинів за температури $800-900^\circ\text{C}$ або каталітичного дегідрування алканів. Складніші алкени, як правило, синтезують. Відомо багато методів синтезу алкенів, які зводяться до утворення подвійного зв'язку (дегідратація спиртів, дегідрогалогенування алкілгалогенідів, відновлення алкінів та ін.).

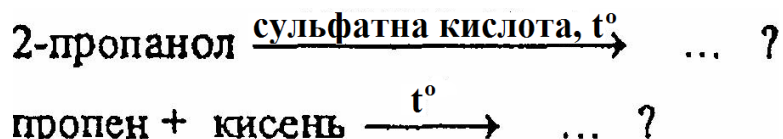
Дослід 1. Добування пропену та вивчення його властивостей.

Прилади й реактиви: 2-пропанол; 40 %-ний розчин сірчаної кислоти; пісок.

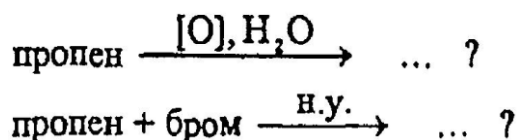
Методика досліджень

Проведення досліду: 1. У пробірку з газовідвідною трубкою (рис. 1) вмістити приблизно 1 мл ізопропілового спирту, 2 мл 40 %-ного розчину сульфатної кислоти та кілька крупинок піску. Суміш обережно нагрівати на піщаній бані. Газ, який при цьому виділяється, підпалити біля кінці газовідвідної трубки. Яким полум'ям горить цей газ?

Записати за поданими схемами рівняння всіх реакцій, дати назви процесам, які відбуваються, назвати отримані продукти:



2. Не допускаючи нагрівання пробірки 1 із сумішшю спирту та сульфатної кислоти, опускають кінець газовідвідної трубки у пробірку 2 – з краплею розчину окисника – підкисленого розчину біхромату калію та пробірку 3 – із бромною водою. Чи змінюється забарвлення розчинів у цих пробірках? Записати відповідні рівняння реакцій відповідно до наведених нижче схем:



Зробити висновки про взаємодію алкенів із бромною водою та підкисленим розчином біхромату калію.

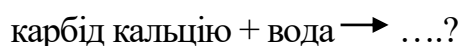
Дослід 2. Добування ацетилену та вивчення його властивостей.

Прилади і реактиви: карбід кальцію; розчин бромної води; розчин окисника (наприклад, розчин біхромату калію з 40 %-ною H₂SO₄).

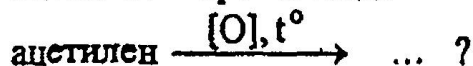
Методика досліджень

1. Дослід проводять у витяжній шафі!

Проведення досліду: у пробірку **1** вмістити невелику порцію карбіду кальцію, обережно додати 2–3 краплі води, закрити пробкою з газовідвідною трубкою. Що спостерігається? Підпалити газ біля кінця газовідвідної трубки. Яким полум'ям горить цей газ? Записати рівняння реакцій відповідних процесів та пояснити їх, користуючись схемами:



2. Кінець газовідвідної трубки (при взаємодії карбіду кальцію з водою) почергово вносять у пробірку **2** – з кислим розчином окисника – біхромату калію та у пробірку **3** – з розчином бромної води. Що відбувається з цими розчинами? Записати свої спостереження, наведіть відповідні рівняння реакцій:



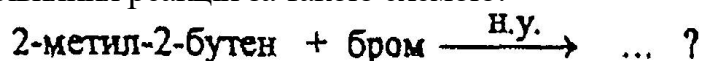
Зробити висновки про взаємодію алкінів з бромною водою та кислим розчином біхромату калію.

Дослід 3. Бромовання алкенів.

Прилади і реактиви: рідкі алкани (2-метилбутан); рідкі алкени (2-метил-2-бутен); розчин броду в органічному розчиннику (бензині); аміак, 25 %-ний розчин; лакмусовий папір (синій).

Методика досліджень

Проведення досліду: у суху пробірку вмістити 2 краплі рідкого алкену, додати 2–3 краплі розчину броду, ретельно перемішати. Внести у пробірку зволожений лакмусовий папірець. Чи змінюється його забарвлення? Чи утворюється білий дим при внесенні аміаку на скляній паличці в пробірку? Які зміни відбуваються у пробірці? Навести рівняння реакцій за такою схемою:



Порівняти властивості продуктів, отриманих під час дослідів, зробити висновки про реакції взаємодії алканів та алкенів з галогенами (бромом, хлором).

Результати спостережень оформити у вигляді табл. 3:

Таблиця 3

№ досліду	Рівняння реакції	Спостереження	Висновки
-----------	------------------	---------------	----------

--	--	--	--

Лабораторна робота № 4

Тема: Якісні реакції на моносахариди

Мета роботи: Оволодіти методикою виявлення присутності в середовищі моносахаридів за якісними реакціями – гексози за реакцією Селиванова, пентози за реакцією Толленса.

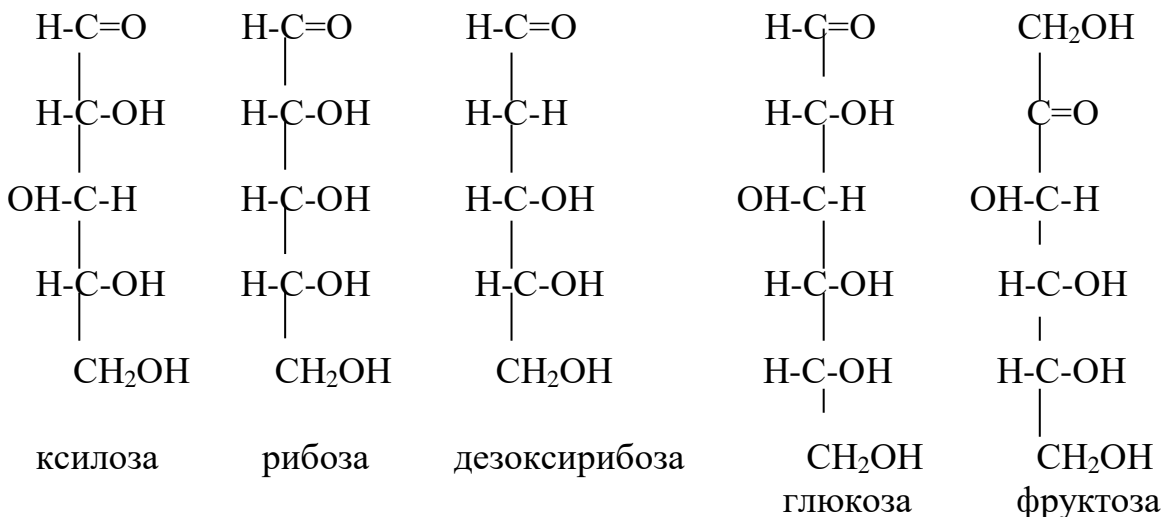
Прилади й реактиви: закрита електрична плитка, штатив з пробірками, утримувач для пробірок, піпетки; 5 %-ний розчин фруктози, 2 %-ний розчин пентози (рибози або ксилози), 10 %-ний розчин соляної кислоти (HCl), сухий кристалічний резорцин, концентрована оцтова кислота, розчин аніліну.

Моносахариди – це найпростіші вуглеводи досить поширені у рослинному й тваринному світі органічні речовини, що мають узагальнену формулу $C_nH_{2n}O_n$. За кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу моносахариди (або монози) поділяються на тріози (C_3), тетрози (C_4), пентози (C_5), гексози (C_6), гептози (C_7), октози (C_8), нанози (C_9), декози (C_{10}). Моносахариди розчинні у воді, кристалізуються, солодкі на смак, мають постійну молекулярну масу. За хімічною природою вони поділяються на альдегідоспирти (альдози) або кетоноспирти (кетози) і тому мають властивості альдегідів (кетонів) і спиртів.

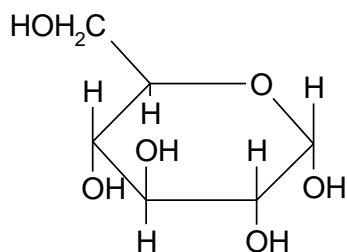
До найбільш поширених моносахаридів відносяться гексози та пентози.

Пентози являють собою п'ятивуглецеві цукри: ксилоза, арабіноза, рибулоза, рибоза, дезоксирибоза.

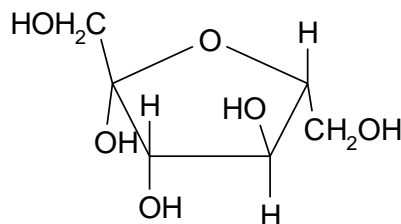
Гексози – це шестивуглецеві цукри – глюкоза (виноградний цукор), фруктоза (плодовий цукор), маноза, галактоза. Глюкоза й фруктоза – це своєрідні резервні речовини, основні джерела енергії в клітині. Вони беруть участь в енергетичних перетвореннях, синтетичних реакціях, оскільки часто перебувають у фосфорильованому стані. Хімічні формули найбільш поширених моносахаридів мають такий вигляд:



Окрім лінійної (ациклічної) моносахариди набувають у водних розчинах циклічної (кільцевої) форми. Наприклад, мають місце такі циклічні вуглеводи:



α -D - глюкоза

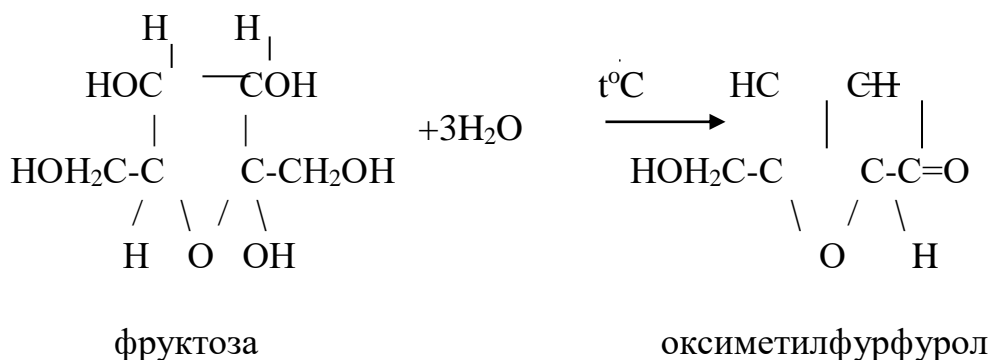


β -D - фруктоза

Методика дослідження

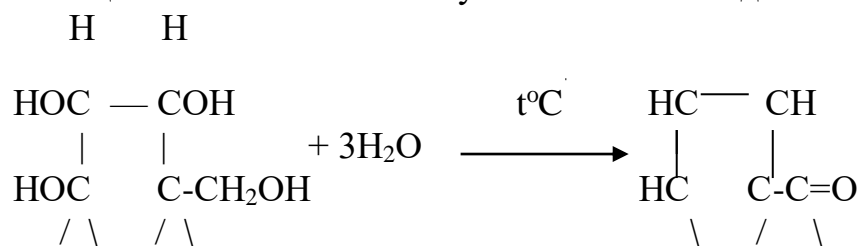
Дослід 1. Реакція Селіванова на фруктозу.

Принцип методу: при нагріванні з кислотою HCl фруктоза утворює оксиметилфурфурол, який з резорцином дає продукт конденсації характерного для виявлення фруктози вишнево-червоного кольору. Реакція Селіванова використовується для того, щоб відрізнити фруктозу від інших моносахаридів. Запишемо рівняння реакції, яка при цьому відбувається:



Проведення дослід: у пробірку налити 5 мл 5 %-ного розчину фруктози, додати 1 мл 10 %-ного розчину HCl та декілька кристалів резорцину. Суміш нагрівати на водяній бані протягом 5–10 хвилин при температурі 80°C. Спостерігати зміну кольору (на вишнево-червоний). Спостереження зафіксувати в робочому зошиті, зробити висновок.

Дослід 2. Реакція Толленса на пентозу має такий вигляд:



Н О Н
пентоза

О Н
фурфурол

Проведення досліду: а) у пробірку налити 2 мл 2 %-ного розчину будь-якої пентози, додати однаковий об'єм 10 %-ного розчину HCl та 5 крапель 0,5 %-ного розчину флороглюцину. Кип'ятити протягом 1 хвилини на водяній бані. Унаслідок взаємодії утворюваного фурфуролу з флороглюцином з'являється червоне забарвлення. Записати результати досліду, зробити висновок.

б) Найбільш простою і дуже чутливою якісною реакцією є взаємодія фурфуролу (отримати фурфурол аналогічно попередньому досліду а) з оцтовокислим аніліном. Її можна проводити як крапельну реакцію на фільтрувальному папері. Для цього на папір спочатку наноситься 2 краплі концентрованої оцтової кислоти, після її всмоктування додається 2 краплі аніліну (C₆H₅NH₂). Потім піпеткою наноситься крапля розчину фурфуролу. Навіть при незначному вмісті фурфуролу спостерігається яскраво-вишневе забарвлення реакційної суміші.

Дані обох дослідів занести в табл. 3, зробити висновок.

Таблиця 3

Об'єкт дослідження (моносахариди)	Проміжний продукт	Тип реакції	Результат

Лабораторна робота № 5

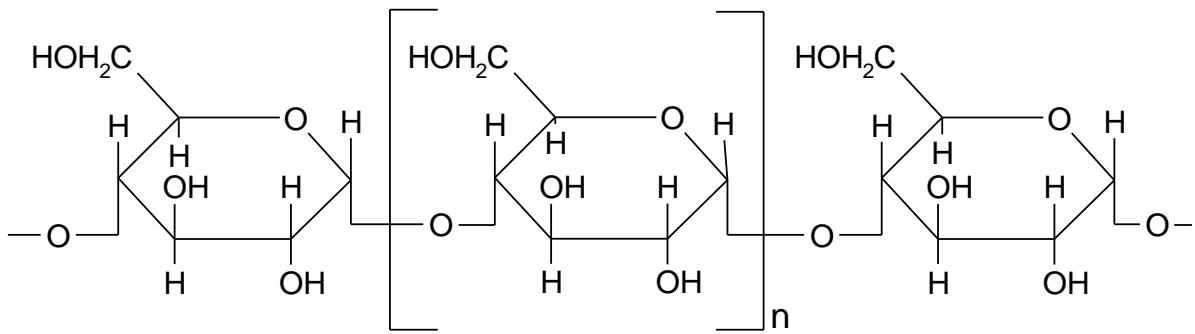
Тема: Якісні реакції на полісахариди

Мета роботи: дослідження властивостей полісахаридів (крохмалю).

Прилади і реактиви: штатив з пробірками, піпетки; 1 %-ний розчин крохмалю, водний розчин I₂/KJ, 1 %-ний розчин сульфатної кислоти, 30 %-ний розчин натрію гідроксиду, 7 %-ний розчин купруму сульфату.

Полісахариди – найбільш складні, високомолекулярні вуглеводи, що складаються з десятків і навіть сотень глюкозних залишків (або їхніх похідних), з'єднаних один з одним через кисень та утворюють лінійні чи гіллясті ланцюги. Узагальнена формула полісахаридів – (C₆H₁₀O₅)_n. Полісахариди зовсім не розчиняються у воді (целюлоза) або утворюють колоїдні розчини при нагріванні (крохмаль), не мають солодкого смаку, їх молекулярна маса може змінюватись. Ці речовини здатні гідролізуватись до моносахаридів.

Гомополісахариди характеризуються наявністю у складі молекул залишків моноз одного типу. Як видно з хімічної формули, структурною одиницею крохмалю є глюкоза:



Крохмаль (лінійна молекула амілози)

Методика дослідження

Дослід 1. Якісна реакція на крохмаль.

Принцип методу: під впливом розчину J_2/KJ крохмаль фарбується у темно-синій колір (таке забарвлення дає присутня в ньому амілоза), таким чином утворюється полійодидний комплекс крохмалю з йодом.

Проведення дослід: в одну пробірку налити 1 мл дистильованої води, а в другу – 1 мл 1 %-ного розчину крохмалю, додати в обидві пробірки по 2 краплі розчину J_2/KJ . Спостерігати зміну забарвлення. Результати дослід записати у робочий зошит, зробити висновок.

Методика дослідження

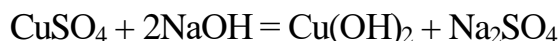
Дослід 2. Гідроліз крохмалю.

Принцип методу: хімічними агентами (кислотами або лугами) каталізується гідроліз крохмалю (відбувається розрив у молекулах хімічних зв'язків з приєднанням води) через стадію утворення декстринів до дисахариду мальтози та кінцевого продукту – глюкози, що підтверджується реакцією на крохмаль з йодом. Крохмаль дає з йодом синє забарвлення, амілодекстрини – фіолетове, еритродекстрини – червоно-буре, ахродекстрини – жовте. У крохмалі практично нема альдегідних груп, тому він не дає характерної для цих груп редуруючої реакції (відновлення двовалентного йону міді в лужному середовищі).

Проведення дослід: у пробірку відібрати 1 мл 1%-ного розчину крохмалю, додати каталізатор – 3–5 крапель 1 %-ної сульфатної кислоти, перемішати і підігріти 30 хвилин при температурі $60^{\circ}C$. Після цього вміст пробірки поділити на 2 частини та провести реакцію з йодом (на присутність крохмалю) і реакцію Тромера (на присутність глюкози).

Цю реакцію на присутність вільної альдегідної групи називають *пробою Тромера*. Моносахариди з вільною альдегідною групою в лужному

середовищі відновлюють купрум (II) до купрум (I) оксиду, а самі окиснюються до альдонових кислот. Перший етап реакції полягає в утворенні купрум (II) внаслідок взаємодії купрум сульфату і натрію гідроксиду:



У разі нагрівання купрум (II) гідроксид відновлюється до купрум (I) гідроксиду жовтого кольору, а карбонільна група глюкози окислюється до карбоксильної групи (глюконова кислота). Купрум (I) гідроксид жовтого кольору при подальшому нагріванні втрачає молекулу води і переходить у купрум (I) оксид червоного кольору:



До 1 мл розчину крохмалю додають 1 мл 30 %-ного розчину натрію гідроксиду і 5 крапель 7 %-ного розчину купрум сульфату до появи стійкого помутніння, яке при цьому не зникає. Отриману суміш нагрівають на водяній бані до кипіння, внаслідок чого випадає червоний осад купрум (I) оксиду. Результатом реакції, що протікає при нагріванні є окиснення глюкози і відновлення купрум гідроксиду до оксиду.

Результати дослідів 1, 2 занести в табл. 1, зробити висновок.

Таблиця 1

Об`єкт дослідження	Каталізатор	Реакція з йодом	Проба Троммера
розчин крохмалю	NaOH	Йодкрохмальний комплекс синього кольору	Утворення осаду Cu_2O черв. кольору

Лабораторна робота № 6

Тема: Властивості білків

Мета роботи: дослідження властивостей білків.

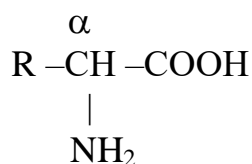
Прилади і реактиви: штатив з пробірками, піпетки, крапельниці; 1%-ний розчин яєчного альбуміну, 10%-ний розчин NaOH, 1%-ний розчин сульфату міді (мідного купоросу).

Білки – це високомолекулярні азотвмісні органічні сполуки, утворені з амінокислот, з`єднаних пептидними зв`язками, мають складну структурну організацію.

До складу білків крім С, Н та О обов`язково входить азот. У білках міститься також сірка, фосфор та виявлені ряд інших елементів – І, Fe, Cu, Mg та ін.

Молекули білків при тривалому кип`ятінні з сильними кислотами чи лугами (кислотний і лужний гідроліз), а також під впливом травних соків, які містять протеолітичні ферменти (ферментативний гідроліз), розщеплюються

(гідролізуються) на амінокислоти, які є структурними елементами білкових молекул. Емпірична формула амінокислот має такий вигляд:

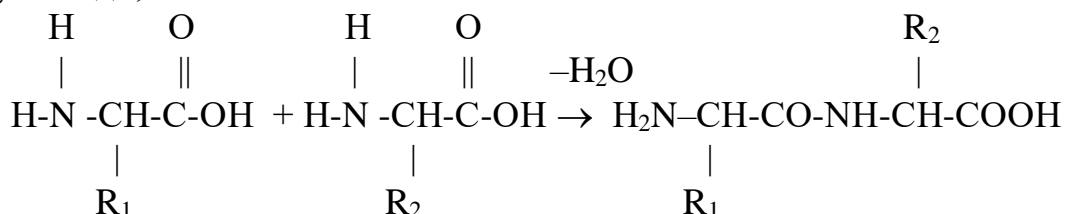


У природних білках живих істот виявлено близько 26 різних амінокислот, 20 з них є *головними*, 6 – рідкісними (це похідні головних амінокислот). До 20 головних амінокислот відносяться: аланін, гліцин, валін, лейцин, ізолейцин, серин, треонін, цистеїн, метіонін, глютамінова кислота, глютамін, аспарагінова кислота, аспарагін, лізин, гістидин, аргінін, тирозин, триптофан, фенілаланін, пролін.

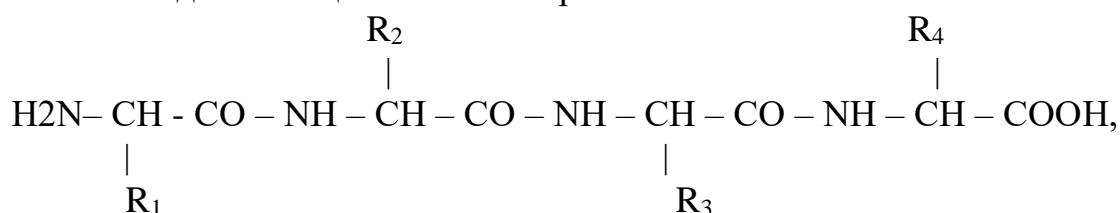
Амінокислоти – це органічні карбонові кислоти, у яких хоча б один з атомів водню вуглеводневого ланцюга замінено на аміногрупу. Молекула амінокислоти має одночасно аміногрупу ($-\text{NH}_2$), яка надає їй властивостей основи, та карбоксильну групу ($-\text{COOH}$), – носія кислотних властивостей.

Завдяки своїм амфотерним властивостям амінокислоти у клітині відіграють роль буферних сполук.

До складу білків входять α -амінокислоти L-ряду. Одна з відмітних ознак будь-якого білка – наявність пептидного зв'язку ($-\text{CO}-\text{NH}-$). Пептидний зв'язок утворюється при взаємодії карбоксильної групи однієї амінокислоти з аміногрупою другої амінокислоти, що супроводжується відщепленням молекули води, тобто



Унаслідок з'єднання двох амінокислот утворюється дипептид, трьох – трипептид, чотирьох – тетрапептид, багатьох – поліпептид. У загальному вигляді поліпептидний ланцюг можна зобразити таким чином:



де $\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3, \text{R}_4$ – радикали різної хімічної структури. Крім пептидного ковалентного зв'язку, в молекулах білка є менш міцні ковалентні (дисульфідні та псевдопептидні), а також нековалентні зв'язки (водневі, гідрофобні та іонні).

Молекула білка має первинну, вторинну, третинну та четвертинну структуру.

Первинна структура визначається послідовністю розташування амінокислотних залишків, з'єднаних пептидними зв'язками, якісним та

кількісним амінокислотним складом. *Вторинна структура* являє собою просторову конфігурацію поліпептидного ланцюга (найчастіше за все у вигляді спіралі), яка утворюється головним чином за рахунок водневих зв'язків між групами $-\text{CO}-\text{NH}-$. Характер спіралі (α і β) та просторова конфігурація стабілізуються цими зв'язками. *Третинна структура* – це розташування поліпептидних ланцюгів у просторі, що мають вигляд глобул або ниток – фібрил (субодиниць). Третинна структура виникає внаслідок взаємодії поліпептидних ланцюгів за рахунок водневих, дисульфідних, псевдопептидних іонних та гідрофобних зв'язків. Третинна структура визначає форму білкової молекули: глобулярну чи фібрилярну. При агрегації субодиниць утворюється *четвертинна структура* білка. Наприклад, гемоглобін – білок крові, який має четвертинну структуру.

Знання послідовності розташування амінокислот має вирішальне значення для розуміння різних рівнів організації білкової молекули та фізико-хімічних властивостей окремих білків. Різноманітність білків визначається саме амінокислотою послідовністю.

У молекулі різних білків міститься від 100 до декількох десятків тисяч амінокислотних залишків. Тому білки є високомолекулярними сполуками, що характеризуються великою молекулярною масою (від 5000 до 40 000 000), а при розчиненні у воді вони утворюють колоїдні розчини.

Для молекул білків, які мають складну просторову організацію, характерна *денатурація*. *Денатурація* (найчастіше необоротна), значна втрата специфічної структури (від четвертинної до вторинної) та біологічної активності білка під впливом різних речовин. Синтетичні й природні пептиди не здатні до денатурації. Унаслідок денатурації розриваються зв'язки, які стабілізують четвертинну, третинну і навіть вторинну структури білкової молекули, що пов'язується зі зміною фізико-хімічних та біологічних властивостей білка.

Методика дослідження

Дослід 1. Біуретова реакція

Принцип методу: біуретовою реакцією називають характерну реакцію на сполуки, що містять у своєму складі не менш двох пептидних зв'язків: $-\text{HN}-\text{CO}-$ (рис. 6). Такі сполуки в лужному середовищі утворюють з мідним купоросом комплекс, забарвлений у рожево-фіолетовий колір. Біуретова реакція виступає своєрідним доказом наявності пептидних зв'язків у білках і поліпептидах.

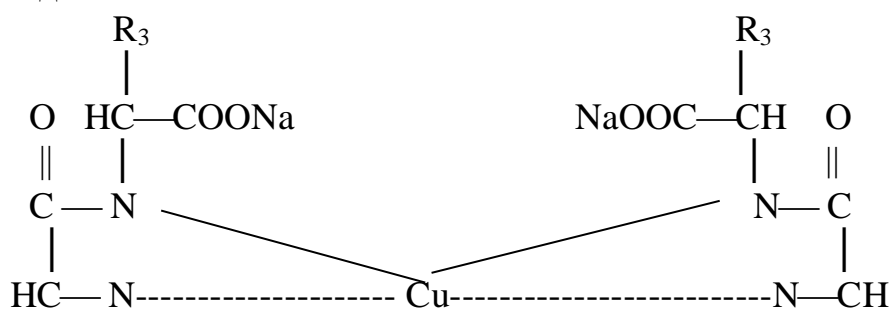




Рис. 6. Структура комплексу білка з мідним купоросом у лужному середовищі

Проведення дослідю: влити в пробірку 1 мл 1%-ного розчину білка. Долити таку саму кількість 10%-ного їдкого натру, перемішати. Долити 2 краплі 1 %-ного розчину сульфату міді, знову перемішати. Спостерігати появу рожево-фіолетового або пурпурного забарвлення.

Результати дослідю занести в робочий зошит, зробити висновки.

Лабораторна робота № 7

Тема: Властивості та склад ліпідів

Мета роботи: дослідження властивостей ліпідів.

Прилади і реактиви: штатив з пробірками, піпетки, крапельниця, скляні палички; соняшникова олія, дистильована вода, органічні розчинники: спирт, ефір (бензин, хлороформ, ацетон).

Ліпіди – велика група різноманітних за хімічною структурою органічних сполук, характерною властивістю яких є біологічне походження й нерозчинність у воді та інших полярних розчинниках.

За структурною класифікацією ліпіди поділяються на дві основні групи:

прості, в яких присутня тільки гідрофобна молекула (тригліцериди та їх похідні, воска, стерини та стериди, терпени);

складні (багатокомпонентні ліпіди), які містять гідрофільний компонент неліпідного характеру. Залежно від природи неліпідного компоненту виділяють фосфоліпіди, гліколіпіди, ліпопротеїди

Ліпідними мономерами можуть виступати: жирні кислоти (насичені або ненасичені), спиртовий компонент (вищі аліфатичні спирти або аміноспирти холін, етаноламін), ізопреноїди та їх похідні.

Прості молекули – ліпідні мономери – перебувають у клітинах у вільному вигляді і в невеликій кількості. Основна частина ліпідів в клітинах зображена у вигляді ефіропохідних різних спиртів.

Фізико-хімічна класифікація ліпідів враховує ступінь їх полярності. З цього огляду вони поділяються таким чином:

– нейтральні, або неполярні – не мають заряду (наприклад, воска);

– полярні – несуть заряд і мають полярні властивостями (наприклад, фосфоліпіди, жирні кислоти).

Більшість ліпідів належать до ефірів вищих жирних кислот та одно- або багатоатомних спиртів (гліцерину, холестерину, сфінгозину). У зв'язку з

присутністю в їх молекулах гідрофобної частини, ліпіди добре розчиняються в неполярних органічних рідинах, які застосовуються в лабораторній практиці як жиророзчинники, наприклад, в діетиловому ефірі, хлороформі, бензолі, чотирихлористому вуглецю, бензині.

У воді ліпіди утворюють емульсії, тобто такі дисперсні системи, в яких жир розподілений у воді у вигляді дрібнесеньких крапельок (діаметр 0,1–0,001 мкм). Прийнято розрізняти два типи емульсій:

– перший тип умовно називають «масло в воді» (м/в), коли неполярна рідина розподілена в вигляді крапельок у полярній;

– другий тип позначають терміном «вода в маслі» (в/м), коли мають місце обернені співвідношення.

Прикладом емульсії типу м/в є молоко, типу в/м – кондитерський крем.

Якщо емульсія складається тільки з двох зазначених компонентів, вона буває нестійкою та швидко розшаровується. Стійкість емульсії підвищується в присутності *емульгаторів* – речовин, які знижують поверхневий натяг (луги, лужні солі, мила, білки, жовчні кислоти). Зниження поверхневого натягу запобігає злипленню жирових крапель і зберігає стійкість емульсії.

Жирні кислоти, що входять до складу ліпідів, – це похідні аліфатичних вуглеводнів, які вміщують карбоксильну групу. Формула жирних кислот: R–COOH. Вищі жирні кислоти є основними гідрофобними компонентами простих і складних ліпідів. З різних ліпідів виділено понад 200 жирних кислот. Відрізняються вони довжиною ланцюга C-атомів, числом і положенням подвійних зв'язків, а також замісниками (окси-, кето- та епокси-групи, циклічні структури).

За ступенем насиченості вуглеводородного радикала жирні кислоти бувають на *насичені* (не мають подвійних зв'язків) і *ненасичені* (мають подвійні зв'язки –C=C–).

Серед насичених жирних кислот найчастіше у складі жирів трапляються:

– пальмітинова кислота $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$ ($\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$);

– стеаринова кислота $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$ ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$).

Пальмітинова і стеаринова кислоти входять до складу ліпідів усіх тваринних тканин.

Найбільш поширеними серед ненасичених жирних кислот є такі:

– олеїнова $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$ ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$);

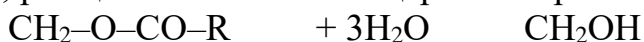
– лінолева $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$ ($\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$);

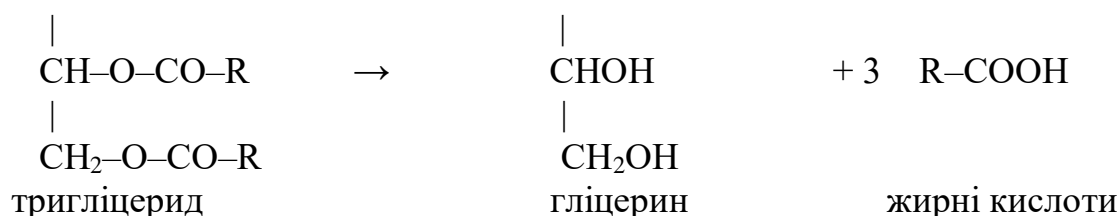
– ліноленова $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$ (містить три подвійних зв'язки);

– арахідонова $\text{C}_{19}\text{H}_{31}\text{COOH}$ (містить чотири подвійних зв'язки).

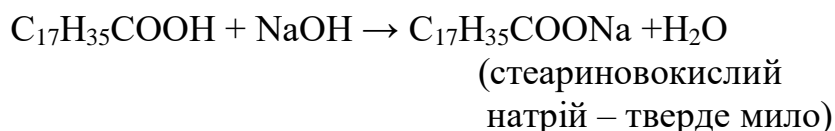
Ненасичених жирних кислот багато в різних видах рослинної олії – маслиновій, соняшниковій, соєвій, бавовняній, льняній, конопляній, арахісовій та ін.

Тригліцериди (*триацилгліцероли*) – найбільш поширена група простих ліпідів, являють собою ефіри жирних кислот і триатомного спирту гліцерину. Під впливом кислот, лугів, а також ферментів – ліпаз – жири підлягають гідролізу, розщеплюючись на гліцерин і жирні кислоти, а саме:





Продуктами лужного гідролізу жирів є солі вищих жирних кислот – *мила*, а процес, що відповідає записаній нижче реакції, називають *омиленням*:



Тригліцериди прийнято розподіляти на *жири* й *масла* залежно від того, чи залишаються вони твердими при 20°C (жири) чи мають при цій температурі рідку консистенцію (масла). Температура плавлення ліпиду тим нижча, чим вища в ньому частка ненасичених жирних кислот, оскільки вони мають більш низьку точку плавлення (для олеїнової кислоти – $T_{\text{пл.}} = 13,4^\circ\text{C}$; для пальмітинової – $T_{\text{пл.}} = 63,1^\circ\text{C}$). Тригліцериди накопичуються в підшкірній жировій клітковині, особливо це стосується ссавців, які живуть у холодному кліматі. Ці речовини виконують функцію теплоізоляції, а в морських тварин сприяють плавучості.

Складні ліпіди містять також неліпідний компонент, наприклад, залишки фосфорної кислоти (фосфоліпіди) або вуглеводи (гліколіпіди).

Методика дослідження

Дослід 1. Розчинність ліпідів.

Принцип методу: ліпіди не розчиняються у воді, а розчиняються в неполярних органічних розчинниках: хлороформі, бензолі, бензині та ін. Ліпіди легші від води, оскільки мають більш низьку щільність, тому вони розтікаються по воді.

Проведення досліду: а) налити в пробірку 1 мл дистильованої води, потім обережно додати олію. Спостерігати розтікання олії на поверхні води, дати пояснення цього явища;

б) влити в пробірку 1 мл олії, потім додати 1 мл бензину; струснути пробірку, спостерігаючи розчинення ліпиду; дати пояснення.

Дослід 2. Емульсійна проба

Принцип методу: при додаванні води до спиртового розчину ліпиду утворюється емульсія: дрібнесенькі ліпідні крапельки, завислі у воді, відбивають світло, внаслідок чого емульсія здається білою та опалесціє.

Хід досліду: додати 1 мл олії в пробірку, яка містить 1 мл спирту (абсолютного). Сильно струснути пробірку для розчинення ліпиду. Додати таку

саму кількість холодної води. Знову струснути пробірку. Спостерігати утворення каламутної білої стійкої суспензії. Дати пояснення явищ.

Результати дослідів занести в табл. 5, зробити висновки.

Таблиця 5

Об'єкт дослідження	Розчинність у воді	Розчинність в органічних розчинниках	Умови утворення стійкої емульсії
рослинна олія			

Контрольні питання для виконання домашніх завдань

1. До яких вуглеводів із перелічених далі належать глюкоза і фруктоза: а) кетогексоза, б) дисахарид, в) альдопентоза, г) альдогексоза, д) кетопентоза?
2. Які вуглеводи мають редукувальні властивості?
3. Напишіть рівняння реакції утворення мальтози. Які моносахариди беруть участь у цій реакції?
4. Напишіть рівняння реакції гідролізу сахарози. Якою реакцією можна виявити появу моносахаридів у розчині?
5. Які продукти утворюються при повному гідролізі крохмалю? Якою реакцією можна виявити закінчення гідролізу?
6. Розподіліть перелічені вуглеводи на три класи: рибоза, лактоза, крохмаль, глюкозамін, глюкоза, мальтоза, трегалоза, целюлоза, дезоксирибоза, фруктоза, галактоза, сахароза.
7. Напишіть емпіричні формули моно-, ди- та полісахаридів.
8. Що значить лінійні й розгалужені полісахариди? Наведіть приклади.
9. Чому білки характеризуються амфотерними властивостями?
10. Яку розчинність мають білки?.
11. Які фактори забезпечують стійкість білкової молекули в розчині?
12. Який механізм виникнення заряду білкової молекули?
13. Що являє собою денатурація білків?
14. Яку хімічну структуру мають молекули ліпідів?
15. Чим пояснюється нерозчинність ліпідів у воді?
16. Чим пояснюється розчинність ліпідів у розчинниках?
17. Які фізико-хімічні властивості ліпідів?
9. Що утворюють ліпіди з водою?
10. Яким чином класифікують жирні кислоти?
11. На які групи поділяються жирні кислоти? За якими ознаками?
12. Як утворюються тригліцериди?
13. Що являє собою реакція омилення пальмітинової кислоти?

Перелік рекомендованих посилань

1. Бобрівник Л.Д. Органічна хімія : підруч. для студ. вищих навч. закладів / Л.Д. Бобрівник, В.М. Руденко, Г.О. Лезенко. – К. : Ірпінь, ВТФ «Перун», 2005. – 544 с.
2. Кононський О.Ю. Органічна хімія. Практикум : навч. посіб. / О.Ю. Кононський. – К. : Вища школа, 2002. – 247 с.
3. Практикум з органічної хімії : монографія / Д.О. Мельничук, М.І. Цвіліховський, П.В. Усатюк та ін. під ред. Д.О. Мельничука. – К. : Фенікс, 2002. – 133 с.
4. Кононський О.Ю. Органічна хімія : підруч. / О.Ю. Кононський. – К. : Дакор, 2003. – 580 с.
5. Ластухін Ю. Органічна хімія / Ю. Ластухін. – К. : Вища школа, 2000. – 864 с.
6. Басов В.П. Хімія: загальна, неорганічна та органічна : навч. посіб. / В.П. Басов, В.М. Родіонов. – К. : Каравела, 2008. – 580 с.
7. Петров А.А. Органическая химия / А.А. Петров, Х.В. Бальян, А.Т. Трощенко – М. : Высш. шк., 1981. – 592 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
Лабораторна робота № 1. Очищення твердої речовини методом перекристалізації	4
Лабораторна робота № 2. Насичені вуглеводні. Способи добування та властивості	6
Лабораторна робота № 3. Ненасичені вуглеводні. Способи добування та властивості	8
Лабораторна робота № 4. Якісні реакції на моносахариди.....	10
Лабораторна робота № 5. Якісні реакції на полісахариди.....	13
Лабораторна робота № 6. Властивості білків.....	15
Лабораторна робота № 7. Властивості та склад ліпідів.....	18
Перелік рекомендованих посилань.....	21

Светкіна Олена Юріївна
Лисицька Світлана Майорівна

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ.

Методичні рекомендації до виконання
лабораторних робіт з дисципліни
студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

Друкується в редакційній обробці авторів.

Підписано до друку 28.09.2021. Формат 30 x 42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,3.
Обл.-вид. арк.. 1,5. Тираж . Зам. №

ДВНЗ «Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.