

КУЧМЕНКО О. Б., ПАЛИВОДА Ю. М.

# **БІОХІМІЯ**

## **З ОСНОВАМИ ХАРЧОВОЇ ХІМІЇ**



**Частина 1**

Міністерство освіти і науки України  
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя

**О. Б. Кучменко, Ю. М. Паливода**

# **БІОХІМІЯ З ОСНОВАМИ ХАРЧОВОЇ ХІМІЇ**

## **Частина 1**

*Навчально-методичний посібник  
для виконання лабораторних  
робіт та самостійної роботи студентів*

УДК 577.1:664(075.8)

К95

Рекомендовано Вченою радою  
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя  
(НДУ ім. М. Гоголя)  
Протокол № 01 від 23.11.2024 р.

**Рецензенти:**

**Весельський С. П.** – старший науковий співробітник Інституту високих технологій, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник,

**Мхітарян Л. С.** – професор кафедри біології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, доктор медичних наук, професор.

**Кучменко О. Б., Паливода Ю. М.**

К95 Біохімія з основами харчової хімії: навчально-методичний посібник для виконання лабораторних робіт та самостійної роботи студентів. – Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2025. – 114 с.

ISBN 978-617-527-312-8

*Посібник містить лабораторні роботи, контрольні питання і задачі з основних розділів курсу «Біохімія з основами харчової хімії». Перед кожною лабораторною роботою є коротка теоретична частина, наведена методика проведення експерименту та обробки отриманих даних дослідження.*

*У посібнику зібрано 90 задач з основних розділів біохімії, більшість із яких мають певну фахову спрямованість.*

*Призначений для студентів спеціальності 181 Харчові технології закладів вищої освіти, аспірантів. Посібник може бути корисним викладачам, аспірантам, а також практичним працівникам.*

**УДК 577.1:664(075.8)**

ISBN 978-617-527-312-8

© Кучменко О. Б., Паливода Ю. М., 2025

© НДУ ім. М. Гоголя, 2025

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА .....	5
ЧАСТИНА I. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ .....	6
ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ В БІОХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ .....	6
<b>Розділ 1. Теоретичні основи хімії .....</b>	<b>8</b>
<b>Лабораторна робота №1. Основні поняття хімії.....</b>	<b>8</b>
<b>Лабораторна робота №2. Розчини.....</b>	<b>9</b>
<b>Розділ 2. Харчові кислоти .....</b>	<b>11</b>
<b>Лабораторна робота №3. Харчові кислоти .....</b>	<b>11</b>
<b>Лабораторна робота №4. Визначення кислотності продуктів .....</b>	<b>18</b>
<b>Розділ 3. Біохімія амінокислот та білків .....</b>	<b>23</b>
<b>Лабораторна робота №5. Якісні реакції на амінокислоти та білки .....</b>	<b>23</b>
<b>Лабораторна робота №6. Хімічні властивості білків.....</b>	<b>31</b>
<b>Лабораторна робота №7. Фізичні властивості білків.....</b>	<b>40</b>
<b>Лабораторна робота №8. Визначення вмісту білку .....</b>	<b>45</b>
<b>Лабораторна робота №9. Біологічна цінність білків.....</b>	<b>50</b>
<b>Розділ 4. Біохімія ферментів.....</b>	<b>55</b>
<b>Лабораторна робота №10. Ферменти.....</b>	<b>55</b>
<b>Розділ 5. Біохімія вуглеводів .....</b>	<b>60</b>
<b>Лабораторна робота №11. Якісні реакції на вуглеводи .....</b>	<b>60</b>
<b>Лабораторна робота №12. Виявлення редуруючих вуглеводів .....</b>	<b>67</b>
<b>Лабораторна робота №13. Дослідження властивостей крохмалю .....</b>	<b>71</b>
<b>Лабораторна робота №14. Вивчення набухання полісахаридів.</b>	
<b>Енергетична цінність вуглеводів .....</b>	<b>76</b>
<b>Лабораторна робота №15. Визначення кількості та якості сирої</b>	
<b>клейковини в пшениці .....</b>	<b>77</b>

<b>Розділ 6. Біохімія вітамінів</b> .....	81
<b>Лабораторна робота №16. Кількісне визначення вітамінів</b> .....	81
<b>Розділ 7. Біохімія ліпідів</b> .....	86
<b>Лабораторна робота №17. Визначення показників якості жиру:</b> показника заломлення та йодного числа рослинної олії. Біологічна цінність ліпідів.....	86
<b>Лабораторна робота №18. Вивчення показників якості жиру:</b> перекисне, кислотне, ефірне число та число омилення жиру .....	93
<b>ЧАСТИНА II. ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ</b> .....	98
<b>ДОДАТКИ</b> .....	110
<b>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА</b> .....	113

## ПЕРЕДМОВА

Біохімія – одна з базових дисциплін, яка закладає основи для подальшого вивчення майбутніми технологіями харчових виробництв профільних дисциплін, а саме: технічної мікробіології, основ фізіології і гігієни харчування, загальних технологій харчової промисловості.

Даний практикум містить 18 лабораторних робіт із біохімії. В методичних вказівках наведені лабораторні роботи з усіх основних розділів курсу: білки, ферменти, ліпіди, вуглеводи, вітаміни.

Розділи містять інформаційний матеріал для засвоєння теми, лабораторний практикум з акцентом на якісне та кількісне визначення біологічних молекул, питання для самоконтролю. В лабораторних роботах викладено принцип метода з наведенням реакцій взаємодіючих речовин, детально описаний хід роботи та очікувані результати.

Структура лабораторних робіт дозволяє проводити їх без додаткових вказівок, що особливо актуально в зв'язку з необхідністю підготовки студентів до самостійного рішення проблем в навчально-дослідницькій та практичній роботі. Перед тим, як приступити до виконання лабораторних робіт, кожний студент повинен ознайомитися з правилами роботи і технікою безпеки у біохімічній лабораторії. Приготування реактивів та розчинів наведено в додатку.

Результати виконаних лабораторних робіт оформляються студентами у вигляді звітів, які повинні містити: назву лабораторної роботи, її мету, короткі теоретичні відомості (не більш 0,5 – 1 стор.), експериментальну частину з результатами виконаних дослідів. Крім того, кожна лабораторна робота повинна містити висновок (узагальнення результатів).

Для більш глибокого засвоєння теоретичного матеріалу протягом семестру студенти виконують різні вправи і розв'язують задачі. Це надає викладачам можливість контролю за самостійною роботою студентів та перевіряти своєчасність підготовки їх до лабораторних занять.

## ЧАСТИНА I.

### ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

#### ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ В БІОХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

Для успішного виконання практичних завдань з біохімії потрібно дотримуватися основних правил роботи в біохімічній лабораторії:

1. у лабораторії студенти зобов'язані працювати в халатах і шапочках;
2. практичні роботи потрібно виконувати під наглядом викладача або лаборанта;
3. під час роботи з посудом, реактивами і приладами студент повинен бути максимально обережним, уважним і акуратним;
4. на кожному робочому місці повинні бути посуд та реактиви, які необхідні для роботи; переносити їх з місця на місце не дозволяється;
5. студент повинен строго дотримуватися методики виконання досліду;
6. лабораторні роботи з отруйними та леткими речовинами (соляна кислота, аміак та ін.) потрібно виконувати тільки під витяжними шафами;
7. посуд для дослідів повинен бути абсолютно чистим і сухим;
8. щоб зберегти реактиви чистими, рештки невикористаних речовин не дозволяється повертати назад у пляшечки, склянки;
9. при нагріванні пробірки над полум'ям потрібно слідкувати, щоб її отвір був спрямований у протилежну сторону від себе і колег;
10. відкриваючи банку або пляшку з реактивом, корки слід тримати у руці або класти на стіл зовнішньою поверхнею;
11. нюхати вміст посуду потрібно обережно, направляючи помахуванням руки пару речовини до носа. Пробувати речовини на смак категорично забороняється;
12. не зливати у раковину луги, кислоти і вогнебезпечні речовини;
13. слід пам'ятати, що для розведення концентрованої сірчаної кислоти потрібно кислоту лити у воду, а не навпаки;

14. розливу кислоти нейтралізують лугом, а потім змивають великою кількістю води;
15. леткі і легкозаймісті речовини необхідно нагрівати тільки на водяній або електричній плитці із закритою спіраллю. Нагрівати вогнебезпечні речовини на відкритому полум'ї забороняється;
16. не можна залишати у лабораторії увімкнені спектрофотометри, фотоелектрокалориметри, гарячі водяні бані, газові пальники, центрифуги тощо;
17. після закінчення роботи хімічний посуд потрібно помити, робоче місце прибрати;
18. виходячи з лабораторії потрібно обов'язково перекрити газ, воду і вимкнути світло;
19. при опіках:
  - а) сильними лугами – необхідно промити уражені ділянки тіла водою і накласти компрес, змочений 1% розчином оцтової кислоти;
  - б) сильними кислотами – необхідно промити уражені ділянки тіла водою і накласти компрес змочений 1% розчином соди;
  - в) фенолом – необхідно розтерти побілілу від опіку ділянку шкіри до нормального стану, а потім промити водою і накласти пов'язку з гліцерином;
20. у разі потрапляння кислоти або лугу в очі необхідно промити їх великою кількістю води, а потім 2% розчином соди або борної кислоти;
21. Перев'язувальні матеріали (вата, бинти, серветки), необхідні розчини та медикаменти знаходяться в аптечці першої медичної допомоги, якою забезпечена лабораторія;
22. при виникненні пожежі в лабораторії необхідно негайно вимкнути всі нагрівальні прилади, прибрати легкозаймісті рідини. Якщо осередок пожежі невеликий, загоряння можна спробувати ліквідувати первинними засобами пожежогасіння: засипати піском або накрити щільною тканиною чи ковдрою, Для припинення інтенсивного горіння слід скористатися вогнегасником.



# РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХІМІЇ

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

### ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ХІМІЇ

**Мета:** повторити основні поняття хімії («матерія», «атом», «молекула», «хімічний елемент», «проста речовина», «складна речовина», «моль»), визначення та математичний вираз основних хімічних законів; набути навичок розв'язання розрахункових задач.

#### Питання та завдання:

1. Дайте визначення поняттю «атом», «іон», «молекула».
2. Чим відрізняється молекулярна формула та структурна формула.
3. Що таке кількість речовини та в яких одиницях вимірюється.
4. Дайте визначення поняттю «хімічний еквівалент».
5. Як вираховується молекулярна маса. Розрахуйте молекулярну масу для сполук:  $P_2O_5$ ,  $Ca(OH)_2$ ,  $ZnCO_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $SiO_2$ .
6. Охарактеризуйте принцип організації періодичної системи елементів.
7. Охарактеризуйте групи мінеральних речовин – макроелементи, мікроелементи, ультрамікроелементи.
  - Калій (K), Кобальт (Co), Фтор (F).
  - Натрій (Na), Хром (Cr), Йод (I).
  - Кальцій (Ca), Хлор (Cl), Молібден (Mo).
  - Магній (Mg), Фосфор (P), Селен (Se).
  - Купрум (Cu), Літій (Li), Бром (Br).
  - Ферум (Fe), Манган (Mn), Станум (Sn).
  - Сульфур (S), Плюмбум (Pb), Цинк (Zn).

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

### РОЗЧИНИ

**Мета:** засвоїти поняття розчин, типи розчинів, способи вираження концентрації розчинів.

#### Питання та завдання:

1. Вміст води в харчових продуктах.
2. Вільна води, хімічно зв'язана вода, адсорбційно-зв'язана вода – надайте характеристику.
3. Що таке гідратація?
4. Осмотично-поглинена вода, капілярна вода – надайте характеристику.
5. Що таке дисперсні системи? Дисперсна фаза, дисперсне середовище.
6. Охарактеризуйте істинні розчини.
7. Охарактеризуйте колоїдні розчини, ліофільні (золі та драглі), ліофобні (золі).
8. Що таке зависі? Що таке суспензії? Що таке емульсії?
9. Охарактеризуйте поняття «розчин».
10. Що таке розчинник?
11. Який розчин називають насиченим?
12. Який розчин називають розведеним?
13. Охарактеризуйте поняття «розчинність».
14. Що таке концентрація розчину?
15. Які існують способи розрахунку концентрації розчину? (Масова частка, молярна, моляльна, молярна концентрація еквівалента, титр). Охарактеризуйте їх.

#### 2. Приготування розчинів (молярних, нормальних, процентних).

Розрахувати приготування:

- 1) 100 мл 0,1 н HCl;

- 2) 1 л 0,05 н  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- 3) 1,15 %  $\text{KCl}$ ;
- 4) 4 % водний розчин молібдата амонія (*сухий реактив*);
- 5) 0,05 % розчин  $\text{H}_2\text{O}_2$  (вихідний розчин – 3 % розчин  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) (розрахуйте за правилом хреста);
- 6) 0,164 М розчин  $\text{NaCl}$  (*сухий реактив*);
- 7) 0,125 М розчин окисленого глутатіону ( $M=612,63$  г/л) (*сухий реактив*);
- 8) 100 мл 1н  $\text{NaOH}$  (*сухий реактив*);
- 9) 100 мл фізіологічного розчину.

## РОЗДІЛ 2. ХАРЧОВІ КИСЛОТИ

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

#### ХАРЧОВІ КИСЛОТИ

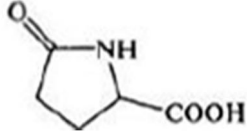
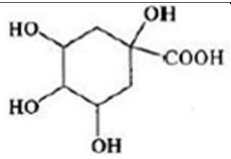
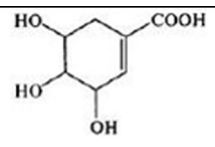
**Мета:** ознайомитися з харчовими кислотами.

#### Теоретичні відомості

Харчові кислоти (ХК) – це різноманітна за своїми властивостями група речовин органічної і неорганічної природи. Склад і особливості хімічної будови харчових кислот залежать від специфіки харчової сировини.

В значній кількості рослинних об'єктів виявлені нелеткі моно- та трикарбонові кислоти, насичені і ненасичені, в тому числі гідрокси- та оксокислоти. В продуктах переробки плодів, наприклад, в заболоні можуть бути виявлені леткі кислоти – мурашина та оцтова.

Назва кислоти	Назва іонізованої форми кислоти	формула
Аскорбінова	Аскорбат	
Аспаргінова	Аспартат	$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$
Бензойна	Бензоат	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$
Винна	Тартрат	$\text{HOOC-CH(OH)-CH(OH)-COOH}$
Гліколева	Гліколат	$\text{HOCH}_2\text{-COOH}$
Гліцерінова	Гліцерат	$\text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-COOH}$
Глутамінова	Глутамат	$\text{HOOC-(CH}_2\text{)}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$
Ізолимонна	Ізоцитрат	$\text{HOOC-CH(OH)-CH(COOH)-CH}_2\text{-COOH}$
$\alpha$ -Кетоглутарова	Кетоглутарат	$\text{HOOC-C(O)-(CH}_2\text{)}_2\text{-COOH}$
Лимонна	Цитрата	$(\text{HOOC-CH}_2\text{)}_2\text{-C(OH)-COOH}$

Назва кислоти	Назва іонізованої форми кислоти	формула
Молочна	Лактат	$\text{CH}_3\text{-CH(OH)-COOH}$
Мурашина	Форміат	$\text{HCOOH}$
Піровиноградна	Піруват	$\text{CH}_3\text{-C(O)-COOH}$
Піроглутамінова	Піроглутамат	
Соляна	Хлорид	$\text{HCl}$
Сірчана	Сульфат	$\text{H}_2\text{SO}_4$
Оцтова	Ацетат	$\text{CH}_3\text{COOH}$
Фосфорна	Фосфат	$\text{H}_3\text{PO}_4$
Фумарова	Фумарат	<i>транс</i> - $\text{HOOC-CH=CH-COOH}$
Хінна	Хіннат	
Шикимова	Шикимат	
Щавелева	Оксалат	$\text{HCOO-COOH}$
Щавелевооцтова	Оксолоацетат	$\text{HOOC-C(O)-CH}_2\text{-COOH}$
Яблучна	Малат	$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH(OH)-COOH}$
Янтарна	Сукцинат	$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$

До групи органічних харчових кислот відносяться амінокислоти, вищі жирні кислоти.

Основні джерела харчових кислот – рослинна сировина та продукти її переробки. Органічні харчові кислоти містяться в багатьох видах рослинних харчових об'єктів – ягодах, фруктах, овочах, зелених листях. Поруч із

вуглеводами і ароматичними сполуками вони формують смак і аромат плодів, і таким чином, продуктів їх переробки.

### Харчові кислоти фруктів, ягід і овочів

<i>Рослина</i>	<i>Кислоти ягід та фруктів</i>
Абрикоси	Яблучна, лимонна
Авокадо	Винна
Айва	Яблучна
Ананаси	Лимонна, яблучна
Апельсинова кожура (цедра)	Яблучна, лимонна, щавлева
Банани	Яблучна, лимонна, винна, сліди оцтової і мурашиної
Виноград	Яблучна і винна (3:2), лимонна, щавлева
Вишня	Яблучна, лимонна, винна, бурштинова, хінна, шикимова, гліцеринова, глюколева
Грейпфрут	Лимонна, винна, яблучна, щавлева
Груші	Яблучна, лимонна, винна, щавлева
Ожина	Ізолимонна, яблучна, молочно-ізолимонна, шикимова, хінна, сліди лимонної і щавлевої
Полуниця	Лимонна, яблучна, шикимова, бурштинова, гліцеринова, гліколева, аспарагінова
Журавлина	Лимонна, яблучна, бензойна
Агрус	Лимонна, яблучна, шикімова, хінна
Лимони	Лимонна, яблучна, винна, щавлева
Персики	Яблучна, лимонна
Сливи	Яблучна, винна, щавлева
Смородина	Лимонна, винна, яблучна, бурштинова
Фініки	Лимонна, яблучна, оцтова

Чорниця	Лимонна, яблучна, гліцерінова, лимонно-яблучна, гліколева, бурштинова, глюкуронована, галактуронова, хінна, глютамінова, аспарагінова
Яблука	Яблучна, хінна, $\alpha$ – кетоглутарова, щавлевооцтова, лимонна, піровиноградна, фумарова, молочна, бурштинова
<b><i>Рослина</i></b>	<b><i>Кислоти овочів</i></b>
Боби	Лимонна, яблучна, невелика кількість бурштинової, фумарової
Гриби	Кетостеаринова, фумарова, алантоїнова
Горох	Яблучна
Картопля	Яблучна, лимонна, щавлева, фосфорна, піроглутамінова
Морква	Яблучна, лимонна, ізолимонна, бурштинова, фумарова
Помідори	Лимонна, яблучна, щавлева, бурштинова, гліколева, винна, фосфорна, соляна, сірчана, фумарова, галактуронова
Ревень	Яблучна, лимонна, щавлева

Практично всі харчові кислоти є слабкі і у водних розчинах незначно дисоціюють. До того ж, в харчовій системі можуть знаходитись буферні речовини, в присутності яких активність іонів водню буде практично постійною. Прикладом такої системи є молоко.

У зв'язку з цим, сумарна концентрація у харчовому продукті речовин, що мають кислий характер визначається показником потенційної, загальної чи титрованої (лугом) кислотності. Для різних продуктів ця величина виражається через різні показники. Наприклад, у соках визначають загальну кислотність в г на 1 л, в молоці в градусах Тернера, в борошні – в градусах Неймана.

#### **Властивості харчових кислот**

Кислота	Емпірична формула	Молекулярна маса	Температура плавлення, °С	Розчинність, г/100 мл Н <sub>2</sub> О при 25°С
---------	-------------------	------------------	---------------------------	---

Оцтова	$C_2H_4O_2$	60,05	-8,5	Добре розчинні
Молочна	$C_3H_6O_3$	90,08	16,8	
Лимонна	$C_6H_8O_6$	192,12	153	181,0
Яблучна	$C_4H_6O_5$	134,09	132	62,0
Винна	$C_4H_6O_4$	150,09	168-170	147,0
Бурштинова	$C_4H_6O_4$	118,09	188	6,8
Адипінова	$C_6H_{10}O_4$	146,14	152	1,9 (при + 20°C)
Фумарова	$C_4H_4O_4$	116,07	286	0,5 (при +20°C)
Фосфатна	$H_3PO_4$	98,00	42,35	добре розчинна у гарячій воді

До методів визначення кислот відносяться стандартні методи: колориметричний і електрометричний.

Визначення потенційної кислотності ґрунтуване на титруванні цих речовин лугом. Для різних харчових продуктів характерні свої особливі умови титрування результати яких подають у відповідних кислотних числах.

Аналіз кислотного складу харчового продукту дає можливість виявити фальсифікацію чи підтвердити натуральність.

Органічні кислоти визначають стандартними і альтернативними методами. Так, молочну кислоту визначають шляхом її окиснення перманганатом калію до оцтового ангідриду, який визначається йодометрично.

Винну кислоту визначають лужним титруванням винного каменю, що випадає в осад. Більшість органічних кислот можна визначити хроматографічним методом.

До альтернативних відносяться методи ґрунтувані на використанні ферментативних систем. Особливості цього методу є специфічність, яка забезпечує достовірність, точність результатів і чутливість.

## Практична частина



Дайте характеристику харчовим кислотам із списку: в якій рослинній сировині зустрічаються, охарактеризувати фізичні та хімічні властивості цих кислот:

Харчова кислота	Рослинна сировина	Фізичні властивості	Хімічні властивості
винна кислота			
янтарна кислота			
яблучна кислота			
щавлева кислота			
гліцеринова кислота			
гліколева кислота			
аспарагінова кислота			
лимонна кислота			
оцтова кислота			
фосфатна кислота			
сульфатна кислота			
хлоридна кислота			
бензойна кислота			
фумарова кислота			
глутамінова кислота			
ізолимонна кислота			

**Контрольні питання:**

1. Які особливості органічних кислот, що використовуються у харчових цілях?
2. Приведіть приклади біохімічних змін кислотності харчової системи. Дайте коротку характеристику методів, які дозволяють визначити кислоти у складі продуктів.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

### ВИЗНАЧЕННЯ КИСЛОТНОСТІ ПРОДУКТІВ

**Мета:** ознайомитися з методами визначення кислотності продуктів.

#### Теоретичні відомості

**Кислотність** – важливий показник якості як свіжої, так і переробленої плодоовочевої і ягідної продукції. Вона має вирішальну роль при оціюванні смакових властивостей продукції. У готових продуктах визначенню кислотності належить вагоме місце, оскільки вона не тільки визначає смакові якості, але й є показником його свіжості та доброякісності.

**Активна кислотність (рН)** показує ступінь дисоціації кислот. Активна кислотність має важливе технологічне значення. Вона характеризує ступінь вираженості смаку, за нею визначають рівень температури стерилізації кислотних або слабкокислотних продуктів.

Кислий смак продукту харчування обумовлюють іони Гідрогену, що утворюються в результаті електролітичної дисоціації кислот і солей, що містяться в них. Активність іонів Гідрогену (активна кислотність) характеризується показником рН.

Практично всі харчові кислоти є слабкими і у водних розчинах дисоціюють незначною мірою. Крім того, в харчовій системі можуть знаходитися буферні речовини, в присутності яких активність іонів Гідрогену буде зберігатися приблизно постійною за рахунок її зв'язку з рівноважною дисоціацією слабких електролітів. Прикладом такої системи є молоко.

В зв'язку з цим, сумарна концентрація в харчовому продукті речовин, що мають кислотний характер, визначається показником потенційної, загальної або кислотності, що титрується (лугом). Для різних продуктів ця величина визначається через різні показники. Наприклад, в соках визначають загальну кислотність в г/дм<sup>3</sup>, в молоці – в градусах Тернера тощо.

#### Значення рН для деяких рідких продуктів харчування

<i>Продукт харчування</i>	<i>Значення рН</i>
---------------------------	--------------------

Апельсиновий сік	3,2 – 3,5
Ананасовий сік	3,6
Виноградний сік	3,2
Грейпфрутовий сік	3,1
Банановий нектар	3,66
Пиво	4,2 – 4,6
Незбиране молоко	6,6 – 6,8
Згущене молоко	6,1 – 6,4
Йогурт	4,0 – 4,3
Какао напій	6,3 – 6,4

Існує декілька методів визначення значення рН розчинів.

Водневий показник приблизно оцінюють за допомогою індикаторів, які точно вимірюють за допомогою рН-метра або визначають аналітичним шляхом, проводячи кислотно-основне титрування.

Для грубої оцінки концентрації водневих іонів часто використовують кислотно-основні індикатори – органічні речовини-барвники, колір яких залежить від рН середовища.

Найпопулярніші індикатори: лакмус; фенолфталеїн; метил оранжевий (метилоранж) та ін. Індикатори можуть бути у 2-х по-різному забарвлених формах – або в кислотній, або в основній. Зміна кольору всіх індикаторів відбувається в своєму інтервалі кислотності і найчастіше становить 1-2 одиниці.

Застосування спеціального приладу – рН-метру – дає можливість вимірювати рН в більш широкому діапазоні і більш точно (до 0,01 одиниці рН), ніж за допомогою індикаторів.

Іонометричний метод визначення рН ґрунтується на вимірюванні міллівольтметром-іонометром ЕРС гальванічного ланцюга, яка включає скляний електрод, потенціал якого залежить від концентрації іонів  $H^+$  у навколишньому розчині. Спосіб володіє високою точністю і зручністю, особливо після калібрування індикаторного електрода в обраному діапазоні рН, що дає

можливість вимірювати рН непрозорих і кольорових розчинів і тому часто застосовується.



Солі, утворені аніонами слабких кислот і катіонами сильних основ, легко гідролізують, в результаті чого утворюються вільні гідроксид-іони. рН водного розчину солі слабкої кислоти і сильної основи буде більше 7, тобто середовище лужне.

Солі, що складаються з катіонів слабких основ і аніонів сильних кислот, гідролізують з утворенням основ (однокислотних) або основних солей. рН водного розчину солі слабкої основи і сильної кислоти буде менше 7.

І катіони, і аніони реагують з водою. Реакція розчинів таких солей залежить від відносної сили кислоти і основи, які утворились, і частіше близькі до нейтральної.

Солі, що складаються з аніонів сильних кислот та катіонів сильних основ ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$  та ін.) при розчиненні у воді не гідролізують.

### Експериментальна частина

**Обладнання і реактиви:** дистильована вода, хімічні стакани, скляна паличка, піпетки, штатив з пробірками, індикатори – метилоранж, фенолфталеїн, лакмус, рН-метр,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{KOH}$ , фруктові соки, овочеві соки, газувана вода

#### 1. Визначення реакції середовища розчинів за допомогою індикаторів.

У шість пробірок налити по 5-6 крапель дистильованої води та додати в кожную з них по 1-2 краплі одного з індикаторів: метилоранжу, фенолфталеїну, лакмусу.

У перші три пробірки додати для створення кислого середовища по 2-3 краплі розчину  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Відмітити забарвлення індикаторів у кислому середовищі.

Для створення лужного середовища у три наступні пробірки додати розчин КОН. Результати спостережень занести в таблицю

Відмітити колір індикаторів у нейтральному, кислому та лужному середовищах. Результати спостережень занести в таблицю

	Метилоранж	Фенолфталеїн	Універсальний індикатор
Нейтральне			
Кисле			
Лужне			

## 2. Визначення реакції середовища розчинів за допомогою рН-метра

За допомогою приладу визначити показник рН (концентрацію водневих іонів) у харчових продуктах (соки, газувана вода).

Результати оформити у вигляді таблиці.

Досліджуваний продукт	Значення рН-метра	Середовище

### Контрольні питання:

1. Що таке рН середовища? Як можна розрахувати рН?
2. Які речовини називаються електролітами?
3. Сформулюйте основні положення теорії електролітичної дисоціації.

Наведіть приклади дисоціації кислот, основ, солей.

4. Що називають ступенем дисоціації?
5. Яку хімічну активність демонструють сильні і слабкі електроліти?

6. Які електроліти називаються амфотерними?
7. Що називається гідролізом солей?
8. Що таке ступінь гідролізу?
9. Які фактори впливають на ступінь гідролізу? Як можна підсилити гідроліз?
10. Які солі не піддаються гідролізу і чому?
11. Які реакції називають окисно-відновними?
12. Викладіть основні положення теорії окисно-відновних реакцій.
13. Які речовини (елементи) можуть виступати відновниками, а які окисниками?
14. Як впливає середовище на характер протікання реакції?

## РОЗДІЛ 3. БІОХІМІЯ АМІНОКИСЛОТ ТА БІЛКІВ

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

### ЯКІСНІ РЕАКЦІЇ НА АМІНОКИСЛОТИ ТА БІЛКИ

**Мета:** провести якісні реакції на амінокислоти та білки; засвоїти механізм цих реакцій.

#### Теоретичні відомості

Амінокислоти – це нітрогенвмісні карбонові кислоти, тобто хімічні сполуки, молекула яких одночасно містять аміногрупу  $-NH_2$  та карбоксильну групу  $-COOH$ , і карбоновий скелет.

В залежності від положення аміногрупи розрізняють  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -амінокислоти, тощо. Найбільш важливе значення мають  $\alpha$ -амінокислоти, які входять до складу білків.

Вільні амінокислоти екстрагують із біологічного матеріалу 75-80% водним розчином етанолу. Амінокислоти у витяжці визначають за допомогою реакції з нінгідрином. Білки, поліпептиди і вільні  $\alpha$ -амінокислоти дають з нінгідрином синє або фіолетове забарвлення. Реакція характерна для аміногруп, що знаходяться в  $\alpha$ -положенні, й використовується для виявлення  $\alpha$ -амінокислот, розділених хроматографічним методом.

#### Експериментальна частина

**Обладнання і реактиви:** білок одного курячого яйця, молоко цільне знежирене, 10 % розчин сахарози, 1 % розчин NaOH, 10% розчин NaOH, 5 % розчин  $CuSO_4$ , 1 % розчин  $CuSO_4$ , концентрований розчин амонію сульфат, амонію сульфат х.ч., 0,5% спиртовий розчин нінгідрину, 10 % розчин оцтової кислоти, концентрована азотна кислота, концентрована оцтова кислота (крижана), 1 М розчин сульфатної кислоти, 2 М розчин сульфатної кислоти, 5 % розчин плюмбум ацетату, дистильована вода, хімічні стакани, мірна колба на 100

мл, лійка, скляна паличка, фільтрувальний папір, індикаторний папір, штатив з пробірками, піпет-дозатори, воронка Бюхнера, рН-метр.

## **1. Виділення білків з харчової сировини.**

### **1.1. Виділення овальбуміну.**

Хід роботи:

Обережно відокремити білок від жовтка, додати 500 мл дистильованої води й ретельно розмішати. Відстояти протягом 10–15 хв. Осад яєчного глобуліну двічі відфільтрувати. Отриманий фільтрат, який містить приблизно 10 % розчин овальбуміну використовувати для подальших дослідів.

### **1.2. Отримання сухого овальбуміну.**

Хід роботи:

У пробірку налити 20 крапель нерозведеного яєчного білку, додати такий самий об'єм концентрованого розчину амоній сульфату, добре перемішати (випадає осад яєчного глобуліну). Через 5 хв осад відфільтрувати. У фільтраті має залишитися альбумін. Для його висолювання до повного насичення додати сухий амонію сульфат (доки сіль не припиняє розчинюватися). У результаті із розчину виділиться альбумін у вигляді осаду. Відфільтровують та висушують на фільтрувальному папері. У разі додавання води альбумін знову розчиниться.

### **1.3. Виділення казеїну з молока**

Хід роботи:

У пробірку відібрати 2 мл молока, додати 2 мл дистильованої води, добре перемішати. До отриманого розчину по краплях додати 10 % розчин оцтової кислоти до рН=4,6 (контролювати за допомогою рН-метра, не допускати надлишку кислоти). Осад казеїну відфільтрувати й промити декілька разів дистильованою водою (на фільтрі), висушити.

## **2. Кольорові реакції на амінокислоти та білки**



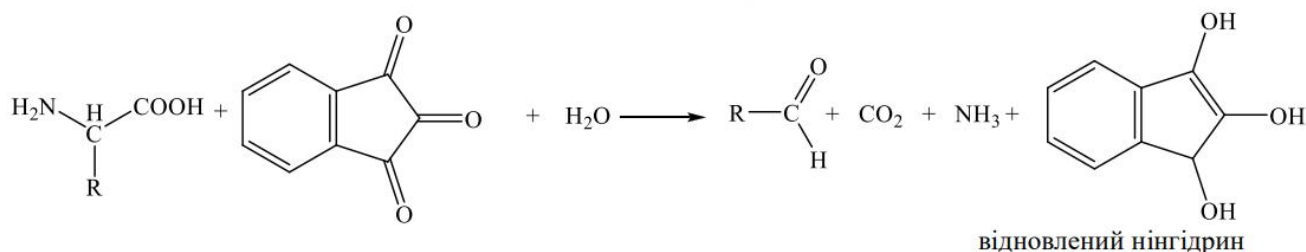


## Хід роботи

У пробірку вносять 3-5 крапель 10% розчину NaOH та 2 краплі 1% розчину розчину сульфату міді. Все перемішують. Спостерігають рожево-фіолетове забарвлення.

### 2.2. Нінгідринова реакція

Білки, поліпептиди і вільні  $\alpha$ -амінокислоти дають з нінгідрином синє або фіолетове забарвлення. Реакція характерна для аміногруп, що знаходяться в  $\alpha$ -положенні, й використовується для виявлення  $\alpha$ -амінокислот, розділених хроматографічним методом. При нагріванні білка з водним розчином нінгідрину  $\alpha$ -амінокислоти утворюють сполуки синього або фіолетового забарвлення.



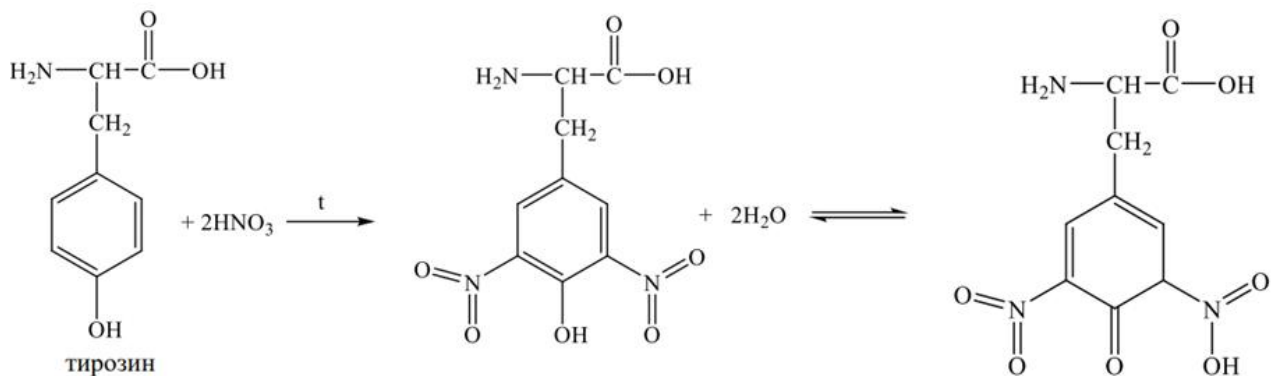
## Хід роботи

До 5 крапель 1% розчину білка додають 5 крапель 0,5% спиртового розчину нінгідрину і нагрівають до кипіння. В пробірці спостерігають фіолетове забарвлення.

### 2.3. Ксантопротеїнова реакція (реакція Мульдера)

Ксантопротеїнова реакція характерна для ароматичних амінокислот: тирозину, триптофану, фенілаланіну. Жовте забарвлення спостерігається у випадках, коли концентрована азотна кислота потрапляє на шкіру та нігті, які у великій кількості містять ці амінокислоти. При подальшому додаванні лугу змінюють забарвлення на помаранчеве.

Реакція зумовлена нітруванням бензольного кільця циклічних амінокислот та утворенням нітросполук жовтого кольору, який при додаванні аміаку переходить у оранжевий.

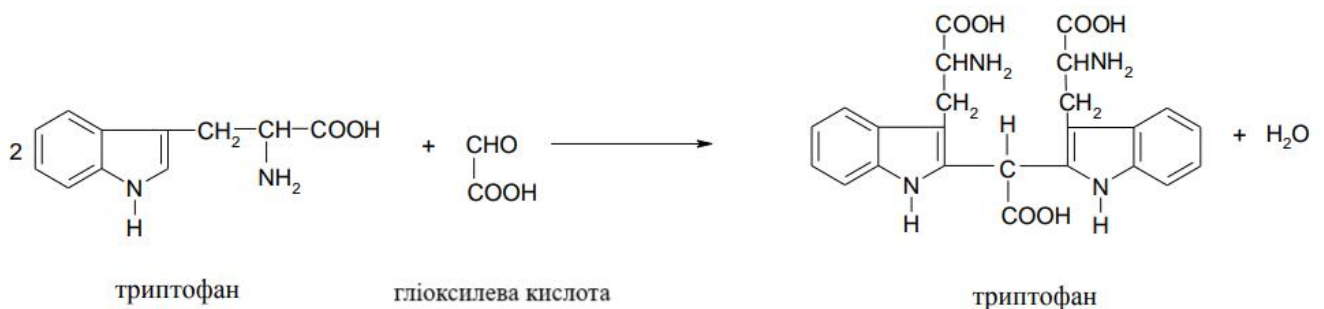


### Хід роботи

У пробірку вносять 5 крапель 1% розчину яєчного білка, додають 5 крапель концентрованої азотної кислоти і обережно нагрівають. Спостерігають осад жовтого кольору, який поступово розчиняється – відбувається гідроліз білка. Вміст пробірки охолодити і додати по краплях 10 % розчин натрію гідроксиду, до появи помаранчевого забарвлення, обумовленого утворенням натрієвої солі динітротирозину.

### 2.4. Реакція Адамкевича

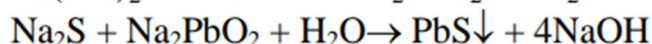
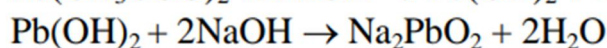
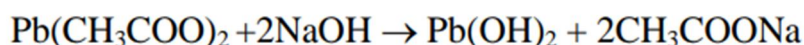
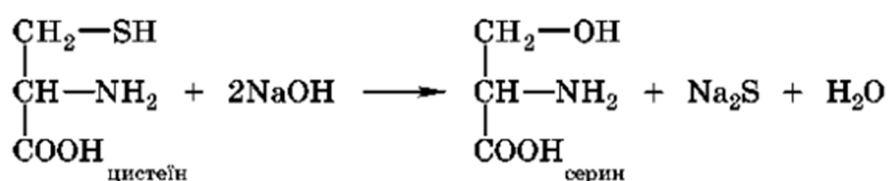
Реакція Адамкевича – це реакція для виявлення триптофанової амінокислоти і її залишків. У кислому середовищі триптофан із гліоксилевою кислотою (як джерело гліоксилевої кислоти – крижана оцтова кислота) утворює забарвлені продукти конденсації:





## 2.6. Реакція Фоля.

Реакція Фоля обумовлена присутністю в білку амінокислот цистину і цистеїну, що містять Сульфур, які, зазнаючи впливу лугу у процесі нагрівання, руйнуються з утворенням сірководню. Останній у лужному середовищі дає натрій сульфід, який, реагуючи з  $\text{Na}_2\text{PbO}_2$ , утворює чорний осад плюмбум сульфід. Для виявлення натрій сульфід використовують плюмбум ацетат, який, взаємодіючи із натрій гідроксидом, перетворюється на натрій плюмбіт. У результаті взаємодії іонів  $\text{S}^{2-}$  і  $\text{Pb}^{2+}$  утворюється  $\text{PbS}$  чорного або бурого кольору:



### Хід роботи

У пробірку налити 10 крапель 5% розчину плюмбум ацетату і по краплях додати 10% розчин натрію гідроксиду до розчинення осаду плюмбум гідроксиду, утвореного в результаті їх взаємодії. Долити кілька крапель білка і прокип'ятити суміш. Через деякий час рідина буріє і випадає чорний осад  $\text{PbS}$ .

Результати роботи оформити у вигляді таблиці (табл. 1). У висновках вказати, на чому ґрунтуються кольорові реакції на білки. Написати формули визначуваних амінокислот.

Таблиця 1. Якісні реакції на білки й амінокислоти.

№	Назва	Реактиви й умови	Забарвлення	Визначувані амінокислоти

### Контрольні завдання.

1. Складіть таблицю замінних, незамінних та умовно замінних амінокислот.
2. Охарактеризуйте значення незамінних амінокислот у харчуванні людини.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

### ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БІЛКІВ

**Мета:** дослідити вплив концентрованих розчинів солей на висолювання білка, визначити вплив різних чинників на процес осадження білка.

#### Теоретичні відомості

Білки – гідрофільні речовини. Під дією різних факторів вони можуть бути виділені з розчину в осад. Розривають зворотне (висолування) і незворотне (денатурація) осадження білків,

***1. Реакції зворотного осадження білків (висолування). Розділення альбумінів і глобулінів.***

Висолування – це зворотна реакція осадження білків великими концентраціями нейтральних солей лужних та лужноземельних металів. Для висолування найчастіше застосовуються такі солі:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ . За цих умов білки, які осаджуються, не зазнають глибоких структурних змін і їх осад можна знову розчинити у вихідному розчиннику, а молекула білка зберігає свої попередні нативні властивості.

До зворотних реакцій осадження належать реакції осадження білків органічними розчинниками (спиртом, ацетоном) за умов нетривалої дії і низької температури.

Метод висолування широко використовується для фракціонування суміші білків, коли треба відокремити один білок від іншого (наприклад, альбуміни від глобулінів). Грубодисперсні білки глобуліни висолуються значно легше, ніж альбуміни напівнасиченим розчином сірчаноокислого амонію, тоді як альбуміни насиченим розчином.

***Принцип методу.*** Реакція висолування зумовлена дегідратацією макромолекул білка з одночасною нейтралізацією його електричного заряду.

#### Осадження солями важких металів

*Принцип методу.* Солі важких металів (міді, свинцю, срібла, ртуті) осаджують білки з розчинів, утворюючи комплексні сполуки, що розчинні у надлишку цих солей, але нерозчинні у воді.

Це пояснюється тим, що надлишок іонів металу, адсорбуючись спричиняє перезарядку білкового комплексу, внаслідок чого в розчин переходить комплекс зміненого білка з металом. Це явище називається адсорбційною пептизацією. Властивість білка міцно зв'язувати іони важких металів у вигляді нерозчинного осаду у воді використовується при отруєнні солями ртуті, міді, свинцю тощо. Рекомендують одразу ж після отруєння вживати білки молока або яєць, доки ці солі знаходяться ще в шлунку і не встигли всмоктатись. Після чого у хворого викликають блювоту, щоб вивести отруту.

### **Осадження концентрованими органічними і мінеральними кислотами**

*Принцип методу.* При дії на білок концентрованих мінеральних і органічних кислот відбувається денатурація білка внаслідок дегідратації та утворення комплексних солей білка з кислотами.

У надлишку всіх мінеральних кислот, крім азотної, осад білка розчиняється. Тому реакція осадження концентрованою азотною кислотою лежить в основі кількісного визначення білка за методом Робертса-Стольнікова-Брандберга.

Осадження білків за допомогою трихлороцтової кислоти застосовують для повного видалення білків з біологічних рідин (наприклад, із сироватки крові), тому що вона осаджує тільки білки. Сульфосаліцилову кислоту використовують для якісного визначення білка у сечі.

### **Осадження білків алкалоїдними реактивами**

Розчини білків можуть утворювати осадки при взаємодії з алкалоїдними реактивами (таніном, пікриновою кислотою, гексоціанофератом калію, фосфорновольфрамисловою та фосфорно-молібденовою кислотами). Ця властивість білків до осадження алкалоїдними реактивами пояснюється наявністю азотистих груп як у білках, так і в алкалоїдах.

*Принцип методу.* Осадження білків алкалоїдними реактивами відбувається внаслідок утворення нерозчинних солеподібних комплексів з основними



азотистими групами. У цих сполуках білок є катіоном, а алкалоїдний реактив – аніоном, тому осаджувати білки необхідно у кислому середовищі (частинки білків перезаряджаються і переходять у стан катіонів). У лужному середовищі осад розчиняється.

### **Денатурація білків під впливом високої температури**

Більшість білків тваринного походження при нагріванні до 45-55°C коагулюють.

*Принцип методу.* Це явище пояснюється тим, що висока температура руйнує гідрофобні та водневі зв'язки. Відбувається перебудова структури білкової молекули. Білок втрачає свої нативні властивості і розчинність.

Реакція денатурації перебігає поступово і прискорюється з підвищенням температури, тому короткочасне нагрівання може і не призвести до коагуляції. Найбільш повна і швидка коагуляція має місце в ізоелектричній точці. Деякі білки, в складі яких багато дисульфідних зв'язків, стійких до високої температури, здатні до ренатурації і не втрачають своєї структури та функціональної активності після припинення дії високої температури (ферменти трипсин та рибонуклеаза).

### **Діаліз білків**

Діаліз – це метод очищення колоїдних розчинів білків від низькомолекулярних речовин за допомогою напівпроникних мембран (целофан, колоїдна плівка), які не здатні пропускати через свої пори високомолекулярні речовини (білки), але досить легко пропускають низькомолекулярні речовини (солі).

## Експериментальна частина

**Обладнання і реактиви:** 10% розчин овальбуміну, 1% розчин яєчного білка, 3 % розчин яєчного білка в 1 % розчині NaCl, NaCl сухий порошок, насичений розчин натрію хлориду, 1% розчин оцтової кислоти, 10 % розчин CH<sub>3</sub>COOH, 2М розчин (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> амонію сульфат, амонію сульфат х.ч., 10% розчин NaOH, 5% розчин CuSO<sub>4</sub>, 5 % розчин плюмбум ацетату, 3 % розчин аргентум нітрату, 10% розчин сульфосаліцилової кислоти, 10% розчин трихлороцтової кислоти, концентрована нітратна кислота, 1 М розчин сульфатної кислоти, 1 М розчин хлоридної кислоти, дистильована вода, піпетки, піпет-дозатори, штатив з пробірками, мірні стакани, лійки, скляні палички, спиртівка, сірники, фільтрувальний папір, індикаторний папір, пробіркотримач.

### 1. Визначення межі висолювання білків

#### Хід роботи

У дев'ять пробірок налити по 1 мл розчину овальбуміну. Додати необхідні речовини згідно таблиці 1. У дев'яту пробірку додати тверду сіль амонію сульфату до повного насичення (поки сіль не буде розчинятися). Порівняти прозорість пробірок. Пробірка із найбільшим помутнінням за найменшої концентрації амонію сульфату (порівняно з іншими) визначатиме межу висолювання білка.

Таблиця 1

#### **Співвідношення компонентів для визначення межі висолювання овальбуміна**

Кількісний вміст компонентів	Номер пробірки								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розчин білка, мл	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
H <sub>2</sub> O, мл	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	0,0	9,0
Ненасичений розчин (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , мл	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	Тверда сіль

% від повного насичення	20	30	40	50	60	70	80	90	100
-------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

## 2. Розділення альбумінів і глобулінів яєчного білка методом висолювання.

### Хід роботи

До 1 мл розчину яєчного білка додають 9 мл дистильованої води. Спостерігають помутніння розчину унаслідок випадання осаду глобулінів. Глобуліни можуть розчинятися в слабких розчинах солей і не розчиняються в дистильованій воді.

До 1 мл яєчного білка додають натрію хлорид до насичення (до того моменту, коли сіль перестане розчинятися). Випадає білий аморфний осад глобулінів. Через 10 хвилин (час, необхідний для повного осадження глобулінів) осад фільтрують. Пробірку з фільтратом кип'ятять. Спостерігають випадання яєчного альбуміну.

До 1 мл яєчного білка додають рівний об'єм насиченого розчину сульфату амонію, випадає осад глобулінів. Осад фільтрують і до фільтрату додають порошок сульфату амонію до насичення. Утворюється осад яєчного альбуміну, який спливає вгору унаслідок високої густини рідини. Результати аналізу вносять в таблицю 2.

Таблиця 2. Результати досліджень розділення альбумінів і глобулінів.

Назва білка	Ступінь насичення	Результат дослідження

## 3. Осадження білків

### 3.1. Осадження білків нагріванням

#### Хід роботи

У 5 пробірок налити по 10 крапель розчину білка.

У першій пробірці нейтральний розчин білка нагріти. Опалесценція має посилитися ще до закипання рідини. Під час кип'ятіння може випасти осад. Розчини білків киплять нерівномірно, поштовхами. Оскільки білок біля стінок

згортається і відбувається перегрівання, то нагрівання потрібно проводити обережно, весь час струшуючи пробірку. Посилення опалесценції можна пояснити укрупненням зважених частинок білка.

До нейтрального розчину білка в другій пробірці додати 1–2 краплі 1% розчину оцтової кислоти (до слабкокислої реакції за індикаторним папером), осад при цьому не утвориться. У процесі нагрівання спочатку з'являється опалесценція, а в разі подальшого кип'ятіння випадає білий пластівчастий осад білка, оскільки в слабкокислом середовищі білки перебувають в ізоелектричному стані і, денатуруючи під час нагрівання, легко втрачають свою розчинність у результаті агрегації.

Нейтральний розчин білка в третій пробірці підкислити 10% розчином (1–3 краплі) оцтової кислоти до сильнокислої реакції середовища і нагріти до кипіння. Осад не утвориться, оскільки в разі надлишку водневих іонів, білки, що мали в початковому розчині негативний заряд, перезарядяться і набудуть позитивного заряду, що надає їм стійкість.

Розчин білка в четвертій пробірці підкислити 10% розчином оцтової кислоти до сильнокислої реакції середовища, додати 2–3 краплі насиченого розчину натрій хлориду і закип'ятити. З'явиться білий пластівчастий осад білка в результаті екранування позитивного заряду перезарядження частинок білка протилежно зарядженими іонами  $Cl^-$  шляхом їх адсорбції. Крім того, вагоме значення в цій реакції має водозв'язувальний вплив натрій хлориду.

До розчину білка в п'ятій пробірці додати 2–4 краплі 10% розчину гідроксиду натрію (до лужної реакції) і прокип'ятити. Осад не утвориться, тому що в лужному середовищі пригнічується основна дисоціація білка і посилюється кислотна, в результаті негативний заряд на колоїдних частинках білка зростає ще більше.

Результати заносять у таблицю 3.

**Таблиця 3**

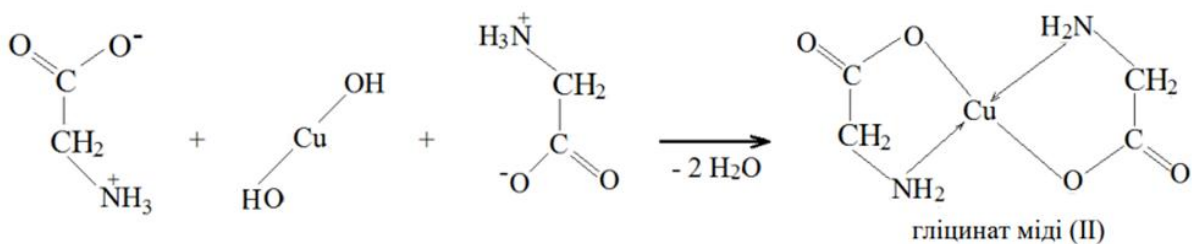
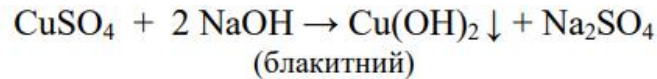
***Вплив реакції середовища на осадження білка у разі кип'ятіння***

Нейтральне середовище	
-----------------------	--

Слабкокислое середовище	
Сильнокислое середовище	
Сильнокислое середовище за наявності електроліту	
Лужне середовище	

### 3.2. Осадження білків солями важких металів.

Білки, взаємодіючи із солями важких металів (мідь, залізо, свинець, цинк, срібло, ртуть та ін.), денатуруються й утворюють нерозчинні у воді комплексні сполуки, які випадають в осад. Поява нерозчинних у воді комплексів обумовлена адсорбцією важкого металу на поверхні білкової молекули. У результаті поєднання свіжоприготованого купрум (II) гідроксиду із  $\alpha$ -амінокислотами в м'яких умовах отримують внутрішньоконкомплексні (хелатні) солі міді (II) синього кольору, які добре кристалізуються:



#### Хід роботи

У 3 пробірки налити по 10 крапель розчину білка. У першу додати 1–2 краплі 5% розчину купрум сульфату, у другу 1–2 краплі 5% розчину плюмбум ацетату і в третю 1–2 краплі 3% розчину аргентум нітрату. Має впасти осад білка у всіх трьох пробірках. У кожен з трьох пробірок додати надлишок відповідного

розчину солі, розчини перемішати скляною паличкою. У першій і другій пробірках осад розчиниться (пептизація), у третій – ні.

### **3.3. Осадження білків органічними кислотами**

При дії на білок концентрованих мінеральних і органічних кислот відбувається денатурація білка внаслідок дегідратації та утворення комплексних солей білка з кислотами.

У надлишку всіх мінеральних кислот, крім азотної, осад білка розчиняється. Тому реакція осадження концентрованою азотною кислотою лежить в основі кількісного визначення білка за методом Робертса-Стольнікова-Брандберга.

#### **Хід роботи**

У дві пробірки вносять по 1 мл розчину білка. У першу додають 1 мл 20% розчину сульфосаліцилової, а в другу – 1 мл 10% розчину трихлороцтової кислот. Випадає осад білка

Осадження білків за допомогою трихлороцтової кислоти застосовують для повного видалення білків з біологічних рідин (наприклад, із сироватки крові), тому що вона осаджує тільки білки. Сульфосаліцилову кислоту використовують для якісного визначення білка у сечі.

### **3.4. Осадження білків мінеральними кислотами**

У результаті взаємодії з концентрованими мінеральними кислотами, крім ортофосфорної, білки денатурують і осаджуються з розчину. Випадання білка в осад обумовлено дегідратацією білкових молекул та інших причин, наприклад утворенням нерозчинних комплексних солей із білка і кислот. У надлишку сульфатної та хлоридної кислот відбувається розчинення утворених осадів білка. Надлишок нітратної кислоти не розчиняє осад, тому для виявлення білка в досліджуваному матеріалі використовують нітратну кислоту.

#### **Хід роботи**

У пробірку налити приблизно 1 мл (15 – 20 крапель) концентрованої нітратної кислоти і нахиливши її (під кутом 45°), обережно долити по стінці такий самий об'єм розчину білка. У місці контакту двох рідин має з'явитися

білий аморфний осад білка у вигляді кільця (проба Геллера). Обережно струсити пробірку і додати надлишок нітратної кислоти. Осад не зникне. Повторити дослід, узявши замість нітратної кислоти розчини сульфатної та хлоридної кислот. Осади білка, утворені в надлишку сульфатної або хлоридної кислоти, розчиняться.

**Контрольні питання:**

1. Опишіть білки харчової сировини. Охарактеризуйте їх харчову та біологічну цінність. Поясніть, від чого залежить біологічна цінність білків.
2. Назвіть фізико-хімічні властивості білків.
3. Напишіть функціональні властивості білків (розчинність і гідратація, емульгування і гелеутворення). Поясніть, на яких властивостях білків засновано технологічний процес приготування заливних страв.
4. Охарактеризуйте властивості білкових суспензій (обмежений ступінь набухання, водо- та жирозв'язувальні, адгезійні властивості). Перелічіть страви (кулінарні вироби), у яких використовують здатність білків до набухання. Опишіть хімізм процесу набухання білків.
5. Охарактеризуйте піноутворювальні й гелеутворювальні властивості білків, їх значення в харчових технологіях.
6. Дайте визначення денатурації білків. Напишіть види денатурації. Назвіть у результаті впливу яких факторів відбувається денатурація білків. Наведіть приклади.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

### ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БІЛКІВ

**Мета:** навчитися визначати значення ізоелектричної точки желатину, залежність ступеня набухання желатину від природи розчинника, піноутворювальної здатності білка та характеристики його піни.

#### Теоретичні відомості

Білок є амфотерним електролітом. Це зумовлено наявністю кислотних та основних груп. Кислотні групи білка представлені карбоксильними групами дикарбонових амінокислот, фенольними гідроксилами, сульфгідрильними групами. Основні групи білка – аміно, іміно- та гуанідиногрупи діамінокислот, імідазольне кільце. Білки здатні утворювати біполярні іони.

Поведінку білка як аніона чи катіона визначає концентрація водневих іонів. За певного значення рН, що є неоднаковим для різних білків, кислотна дисоціація білкової молекули дорівнює основній. Число позитивних зарядів амфотерного іона білка зрівнюється з числом від'ємних і заряд білка в цілому може практично дорівнювати нулю. В цих умовах білок знаходиться у ізоелектричному стані.

**Ізоелектрична точка** білка – це таке значення рН, за якого білок знаходиться в ізоелектричному стані і не рухається ні до аноду, ні до катоду. Білки втрачають гідратну оболонку та електричний заряд і легко випадають в осад. Для більшості білків ізоелектрична точка близька до нейтральної або знаходиться в слабкокислому середовищі. Це пояснюється тим, що кислотні властивості у них переважають над основними і у нейтральному середовищі вони реагують як слабкі кислоти. Оскільки більшість білків організму мають ізоелектричну точку в слабкокислому середовищі, то для збереження їх в розчинному стані в крові за допомогою буферних систем підтримується лужне рН (7,36-7,40). За патології, внаслідок порушень метаболізму, може спостерігатись ацидоз, наближення якого до ізоелектричної точки зменшує розчинність білків плазми крові, що може вплинути на їх функцію.



## Експериментальна частина

**Обладнання і реактиви:** желатин харчовий, 0,5% розчин желатину, 10% розчин яєчного білка, 40% розчин яєчного білка, 0,1М NaCl, 0,1 М розчин K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,1М розчин CH<sub>3</sub>COOH, 0,1М розчин натрій ацетату, 96% розчин етилового спирту, цукор, дистильована вода, штатив із пробірками, піпетки, піпет-дозатори, скляні палички, збивальний пристрій, стакан на 200 мл, мірний циліндр на 250 мл, накривне скло, скляна паличка, папір фільтрувальний, секундомір.

### 1. Визначення ізоелектричної точки желатину

Визначення ізоелектричної точки білка ґрунтується на дослідженні розчинності його за різного значення рН. Ізоелектрична точка відповідає значенню рН розчину, за якого розчинність білка зменшується і він випадає в осад.

У ізоелектричній точці розчини білків нестійкі. Молекули білка з однаковою кількістю позитивних і негативних зарядів легко випадають в осад. Значення рН, відповідне ізоелектричній точці (ІЕТ), індивідуальне для кожного білка. Випадання білка в осад можна прискорити додаванням водозв'язувальних речовин, наприклад етилового спирту.

#### Хід роботи

У п'ять пробірок налити розчини оцтової кислоти й натрій ацетату, після чого в кожную з них додати по 1 мл розчину желатину й добре перемішати. У кожную пробірку додати по 4 мл етилового спирту і знову добре перемішати. Через 5–10 хв переглянути усі пробірки й оцінити ступінь мутності  $\tau$  суміші в них. Рівень рН наймутнішої суміші відповідатиме ІЕТ желатину. Результати досліду занести до таблиці 1.

#### Таблиця 1

#### *Результати спостережень для встановлення ізоелектричної точки желатину*

Номер пробірки	Склад буферної суміші		рН суміші	Об'єм желатину, мл	Об'єм C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, мл	t, бали
	CH <sub>3</sub> COOH, мл	CH <sub>3</sub> COONa, мл				
1	1,8	7,6	3,8	1	4	
2	1,4	8,8	4,4	1	4	
3	1,0	9,4	4,7	1	4	
4	0,6	10,2	5,1	1	4	
5	0,2	11,4	5,7	1	4	

## 2. Вплив електролітів різної природи на ступінь набухання желатину

На процес набухання полімерів у воді впливає присутність електролітів і значення рН середовища. В основному впливають аніони, а катіони – несуттєво. Причому одні аніони підсилюють набухання, а інші послаблюють.

### Хід роботи

Для дослідження кінетики набухання і залежності швидкості набухання від часу у три сухі мірні пробірки внести сухий желатин в однаковій кількості, налити розчини до мітки 1 мл і долити до мітки 10 мл дистильованої води. Вміст кожної пробірки перемішати скляною паличкою і закрити пробірки пробками. Через однакові інтервали часу (5 хв) визначати об'єм желатину в пробірці. Загальний час набухання желатину – 40 хв. Одержані дані занести в табл. 2.

## Порівняння ступеня набухання досліджуваного зразку желатину

Час, хв	$V_{поч.}$ , мл	$V_{кін.}$ , мл	$\Delta V$ , мл	Ступінь набухання $\alpha = \frac{\Delta V}{V} 100\%$
5				
10				
15				
20				
25				
30				
35				
40				

Побудувати графік – криву набухання в координатах  $\alpha - f(t)$ , провести дотичну для різних величин  $\alpha$ . Тангенс кута, що утворює дотична з віссю абсцис  $\operatorname{tg}\varphi = d\alpha/dt$ , визначає швидкість набухання білка. Для з'ясування впливу природи електроліту на ступінь набухання желатину провести аналогічні досліди з розчинами натрій хлориду, калій сульфату і натрію ацетату.

Зробити висновок стосовно зміни ступеня набухання желатину в електролітах різної природи.

### 3. Дослідження піноутворювальної здатності желатину

Поведінка поверхнево-активних речовин на межі розподілу фаз «вода-газ» має велике практичне значення для отримання харчових продуктів із пінною структурою. Стійкість системи «вода-газ» залежить від декількох факторів: концентрації речовини, наявності стабілізатора піни та його кількості (наприклад, цукру), впливу інших чинників, що поліпшують стан піни.

#### Хід роботи

У дві склянки об'ємом 200 мл кожна мірним циліндром внести дві проби по 50 мл 10% розчину білка, до однієї додати 5 г цукру. У третю склянку на 200

мл внести 50 мл 40 % розчину білка. За допомогою лінійки зафіксувати об'єм кожного розчину, підготовленого для збивання. Збивальним пристроєм по черзі збити вміст склянок протягом однакового часу (5–8 хв за секундоміром) і на однакових обертах.

Дослідити стан піни, оцінити її мікроструктуру, стабільність, щільність. Піноутворювальну здатність збитих систем визначити за методом Лур'є. Розрахунок здійснити за формулою:

$$ПЗ = \frac{V_n}{V_p} \cdot 100\%$$

ПЗ – піноутворювальна здатність, %;

$V_n$  – об'єм піни, мл;

$V_p$  – об'єм розчину до збивання, мл.

Стійкість піни обчислити за формулою

$$СП = \frac{B_{\Pi}^{15}}{B_n} 100 \%,$$

СП – стійкість піни, %;

$B_{\Pi}^{15}$  – висота піни через 15 хв після збивання, см;

$B_n$  – початкова висота піни, см.

Щільність піни визначити за допомогою мікроскопа.

### **Контрольні питання:**

1. Дайте визначення поняттю «ізоелектрична точка».
2. На поверхні молекули білка багато карбоксильних груп. У якому середовищі (кислому чи лужному) знаходиться ізоелектрична точка цього білка?
3. Охарактеризуйте властивість білків, застосовану в технологічному процесі приготування заливних страв. Наведіть приклади страв.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

### ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ БІЛКУ

**Мета:** навчитися визначати вміст білку.

#### Теоретичні відомості

**Фотоелектроколориметрія** – це метод визначення вмісту речовини за поглинанням світла забарвленим розчином, що пропускається через світлофільтр і вимірюється фотоелементом.

Для визначення використовують прилади, що називаються фотоелектроколориметрами (ФЕК).

**Принцип будови ФЕК.** Світловий потік, що проходить через забарвлену рідину, частково поглинається. Залишок світлового потоку попадає на фотоелемент, в якому виникає електричний струм (фотострум), що реєструється за допомогою гальванометра або міліамперметра, сполученими з відліковими шкалами. Чим більша концентрація розчину, тим більша його оптична густина, тим більший ступінь поглинання і, відповідно, тим менша сила виникаючого фотоструму.

**Вимірювання на ФЕК.** Встановлюють світлофільтр, який відповідає довжині хвилі максимального положення світла даною забарвленою рідиною, а потім у гніздо встановлюють кювету з дистильованою водою або з контрольним розчином, включають фотоелемент і встановлюють нуль на шкалі мікроамперметра. В інше гніздо встановлюють кювету з досліджуваною рідиною і відмічають силу фотоструму (екстинкція).

Світлофільтри підбирають, виходячи із спектра поглинання досліджуваної речовини так, щоб спектральна частина максимального поглинання світла забарвленим розчином і частина максимального пропускання світла світлофільтром були однаковими.

***Вибір світлофільтрів відповідно до кольору розчину***

<i>Колір розчину</i>	<i>Ділянка максимального поглинання, нм</i>	<i>Колір світлофільтра</i>
Жовто-зелений	400-450	Фіолетовий
Жовтий	450-480	Синій
Оранжевий	480-490	Зелено-синій
Червоний	490-500	Синьо-зелений
Пурпуровий	500-560	Зелений
Фіолетовий	560-575	Жовто-зелений
Синій	575-590	Жовтий
Зелено-синій	590-625	Оранжевий
Синьо-зелений	625-700	Червоний

*Розрахунки проводяться:* за калібрувальним графіком, або шляхом порівняння двох забарвлених розчинів, один з яких має відому концентрацію (стандартний розчин), а інший, досліджуваний, визначають за формулою:

$$C_d = (C_{ст.} \cdot E_d) / E_{ст.}$$

C<sub>д.</sub> – концентрація досліджуваної проби (г/л);

C<sub>ст.</sub> – концентрація стандарту (г/л);

E<sub>д.</sub> – екстинкція досліджуваної проби;

E<sub>ст.</sub> – екстинкція стандарту.

### **Експериментальна частина**

**Обладнання і реактиви:** Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0,1н розчині NaOH, 0,5 %-й розчин CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, 1% розчин Na<sub>2</sub>C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>, реактив Фоліна – Чокальта, дистильована вода, стандартний розчин білку, розчин білка невідомої концентрації, піпетки, піпет-дозатори, штатив з пробірками, мірні стакани, марля, кювети, фотоелектроколориметр або спектрофотометр.

**1. Кількісне визначення вмісту білку за Лоурі. Побудова калібрувальної кривої**

Метод засновано на утворенні забарвлених продуктів ароматичних амінокислот з реактивом Фоліна в поєднанні з біуретовою реакцією на пептидні зв'язки. Метод характеризується високою чутливістю (10 – 100 мкг білка в пробі). На розвиток забарвлення впливають різні інші речовини: компоненти буферних систем (трис-буфер в концентрації 0,2 мМ, гліцилгліцин), відновники (цистеїн, дитіотреїтол в концентрації 0,01 – 0,4 мМ, аскорбінова кислота), комплекси (ЕДТА в концентрації 0,5 мМ), детергенти (трисон Х100 в концентрації 0,1 – 0,2 % викликає утворення осаду), сірчаноокислий амоній в концентрації 0,15 %, сахароза в концентрації 10 % та ін. У зв'язку з цим при побудові калібрувального графіка для визначення білка за методом Лоурі у розчинник для стандартного білка необхідно включати всі компоненти, які містяться в пробах, що аналізуються. В деяких випадках необхідне попереднє осадження білків із розчинів, наприклад три хлороцтовою кислотою, з наступним розчиненням їх в лужних розчинах, або очистка білкових розчинів від низькомолекулярних компонентів шляхом діалізу або гель-фільтрації на сефадексі G-25.

Інтенсивність забарвлення комплексу, які пропорційна кількості білка в пробі, що досліджується, вимірюється спектрофотометрично.

Для виключення випадкових помилок, які можуть виникати в процесі вимірювання, рекомендується не обмежуватись одним вимірюванням (3 повторності).

При визначенні концентрації речовини в розчині слід дотримуватись наступної послідовності в роботі:

- а) побудова калібрувальної кривої для даної речовини;
- б) вимірювання оптичної густини розчину, що досліджується, і визначення концентрації речовини в розчині за калібрувальною кривою.

## Хід роботи

Для дослідження використовуємо наступні реактиви:

Реактив №1: 2 %-й розчин  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в 0,1н розчині  $\text{NaOH}$ .

Реактив №2: 0,5 %-й розчин  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  в 1%-м розчині двозаміщеного натрію або калію виннокислому ( $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$  або  $\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_8$ ).

Реактив №3 готується безпосередньо перед роботою (*ex tempore!*): змішування 50 частин реактиву №1 і 1 частини реактиву №2.

Реактив №4: реактив Фоліна – Чокальта, розведений водою в 2 рази.

Реактив №5: стандартний розчин білку, що містить 0,05 г в 100 мл розчину.

Реактив №6: розчин білка невідомої концентрації.

Використовуючи стандартний розчин білку і дистильовану воду в 5 пробірках готують розчини білка різної концентрації.

Шоста проба не містить білка і слугує контролем на реактиви.

В сьому пробірку поміщають 1 мл розчину білку невідомої концентрації.

Номер пробірки	Стандартний розчин білка, мл	Дистильована води, мл	Вміст білка в пробі, мг/мл
1	0,1	0,9	0,050
2	0,2	0,8	0,100
3	0,4	0,6	0,200
4	0,6	0,4	0,300
5	1,0	0	0,500
6 (Контроль)	-	1,0	-
7 (проба)	1 мл	-	-

У всі пробірки додаємо по 5 мл реактиву №3, суміш ретельно перемішуємо.

Через 10 хв додаємо 0,5 мл реактиву №4 Фоліна – Чокальта. Реакційну суміш перемішуємо і залишаємо при кімнатній температурі на 30 хв.

Інтенсивність забарвлення вимірюємо фотометрично при 750 нм.



Побудову калібрувальної кривої робимо наступним чином: вимірюємо оптичну густину кожного із цих розчинів і будуємо графік (калібрувальну криву), відкладаючи по горизонтальній вісі (вісі абсцисс) відомі концентрації, а по вертикальній вісі (вісі ординат) – відповідні їм значення оптичної густини.

Користуючись калібрувальною кривою, визначаємо невідому концентрацію білку в розчині, що досліджується, яка відповідає виміряному значенню оптичної густини.

### **Контрольні питання:**

1. Охарактеризуйте методи визначення білків.
2. Поясніть, яке забарвлення проби свідчить про необхідність повторного очищення, якщо для перевірки ступеня очищення фільтрату від білкових домішок проведено біуретову реакцію.
3. Якою якісною реакцією можна підтвердити наявність в білковій молекулі залишку фенілаланіну?
4. Які трипептиди можна одержати з лейцину, фенілаланіну і валіну? Наведіть відповідні рівняння реакцій.
5. Як поведуть себе білки в лужному і кислотному середовищі?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

### БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ БІЛКІВ

**Мета:** ознайомитися з методами визначення біологічної цінності білків.

#### Теоретичні відомості

Біологічну цінність білка найчастіше визначають хімічними методами. Найширше застосовують метод Х. Мітчела і Р. Блока, за яким амінокислотний склад харчових продуктів порівнюють із амінокислотним складом ідеального білка шляхом визначення амінокислотного скору (АКС).

**Амінокислотний скор (АКС)** – це відношення вмісту незамінної амінокислоти (мг) в 1 г досліджуваного білка харчового продукту до вмісту цієї амінокислоти (мг) в 1 г білка за амінокислотною шкалою комітету ФАО/ВООЗ. Скор виражають у відсотках або як безрозмірну величину.

$$АКС = \frac{\text{мг АК в 1г білка}}{\text{мг АК в 1г еталона}} \times 100\%$$

#### Амінокислотна шкала й добова потреба в незамінних амінокислотах у різному віці

Амінокислоти	Еталонний білок, мг/г білка	Діти 2-5 років	Діти 10-12 років	Підлітки	Дорослі
		мг/кг маси тіла в добу			
Ізолейцин (Ile)	40	28	28	13	10
Лейцин (Leu)	70	66	44	19	14
Лізін (Lys)	55	58	44	16	12
Метіонін+цистеїн (Met+Cys)	35	25	22	17	13
Фенілаланін+тирозин (Phe+Tyr)	60	63	22	19	14

Треонін (Thr)	40	34	28	9	7
Триптофан (Trp)	10	11	9	5	3,5
Валін (Val)	50	35	25	13	10

В одному грамі ідеального білка міститься 8 незамінних амінокислот (НАК) у кількості, (мг):

- ✓ ізолейцин (Ile) – 40;
- ✓ лейцин (Leu) – 70;
- ✓ лізин (Lys) – 55;
- ✓ метіонін (Met) + цистин (Cys) – 35;
- ✓ фенілаланін (Phe) + тирозин (Tyr) – 60;
- ✓ триптофан (Trp) – 10;
- ✓ треонін (Thr) – 40;
- ✓ валін (Val) – 50.

В ідеальному білку АКС кожної НАК обирають за 100%. Лімітуючою незамінною амінокислотою вважають ту, АКС якої має значення, менше 100%. Значення скоря цієї амінокислоти визначає біологічну цінність і ступінь засвоєння білків.

Для того, щоб визначити біологічну цінність будь-якого продукту у відповідності з методом амінокислотного скоря слід:

- 1) розрахувати загальну кількість білка в запропонованій страві;
- 2) розрахувати вміст незамінних амінокислот (в мг) в 1г білка продукту;
- 3) послідовно порівняти вміст кожної незамінної амінокислоти білка продукту зі шкалою ФАО/ВООЗ, розрахувати амінокислотні скоря;

4) визначити лімітуючу амінокислоту, скор якої менше 100%. Якщо при визначенні амінокислотних скорів отримано декілька значень менше 100%, то слід виділити першу лімітуючу амінокислоту, скор якої найменший. За наявності в білку харчового продукту хоча б однієї лімітуючої амінокислоти цей білок вважається неповноцінним. У разі відсутності таких амінокислот білок називається повноцінним.

Масова частка білка у продукті розраховується за формулою:

$$W(\text{білка}),\% = \frac{m(\text{білка})}{m(\text{продукту})} \cdot 100$$

Звідки маса білка у продукті дорівнює:

$$m(\text{білка}) = \frac{m(\text{продукту}) \cdot W(\text{білка})}{100}$$

Інший спосіб з'ясування біологічної цінності білків – обчислення **індексу незамінних амінокислот (ІНАК)**. Даний метод – модифікація методу хімічного скоря, що дозволяє враховувати кількість усіх незамінних кислот. Індекс визначають за формулою

$$\text{ІНАК} = \sqrt[8]{\frac{\text{Val}_e \text{ Ile}_e \text{ Leu}_e \text{ Lys}_e (\text{Met}+\text{Cys})_e \text{ Thr}_e \text{ Trp}_e (\text{Phe}+\text{Tyr})_e}{\text{Val}_e \text{ Ile}_e \text{ Leu}_e \text{ Lys}_e (\text{Met}+\text{Cys})_e \text{ Thr}_e \text{ Trp}_e (\text{Phe}+\text{Tyr})_e}}$$

### Практична частина

**1. Обчислити головну лімітуючу амінокислоту за умови, що в 1 г досліджуваного білка, (мг):**

- ✓ лізину – 70;
- ✓ глютамінової кислоти – 50;
- ✓ триптофану – 10;
- ✓ фенілаланіну – 35;
- ✓ аланіну – 45;
- ✓ лейцину – 15;
- ✓ метіоніну — 57;
- ✓ ізолейцину – 30;
- ✓ тирозину – 12.

**2. За даними амінокислотного складу розрахувати амінокислотний скор білків страви. Зробити висновок щодо біологічної цінності страви за білком.**

Хід розв'язання:

1. Розраховуємо масу білка в кожному продукті.
2. Розраховуємо масу білка у страві.
3. Розраховуємо загальну кількість незамінних амінокислот у страві (це сума мас всіх незамінних амінокислот (див. табл).
4. Розрахувати АКС для кожної незамінної амінокислоти.

### Завдання для розрахунку амінокислотного скору страви

Найменування страви, № рецептури	Найменування продуктів	Витрати продуктів нетто, г
Суп молочний з гречаною крупою, №259	Молоко	500
	Вода	550
	Крупа гречана	80
	Масло вершкове	8
	Цукор	10

### Масова частка білка й вміст незамінних амінокислот у продуктах

Харчовий продукт	Біло к, %	Незамінні амінокислоти, мг/100 г продукту									
		Pe	Leu	Lys	Met	Cys	Phe	Tyr	Thr	Trp	Val
Горбуша солоня	21	957	1712	2016	545	260	959	480	1130	215	1229
Ікра осотрова	28,9	1986	2832	2312	635	433	1445	1300	1618	317	1878
Какао порошок	12,9	530	800	530	150	230	730	530	445	160	750
Картопля	2	86	128	135	26	26	98	90	97	28	122
Крупа гречана	12,6	460	745	530	320	330	592	430	400	180	590
Крупа манна	10,3	450	810	255	155	220	540	270	315	110	490
Крупа пшоняна	11,2	430	1534	288	296	180	580	410	400	180	470
Крупа рисова	7,0	330	620	260	160	137	370	290	240	100	420
Масло вершкове	0,8	25	47	28	11	6	26	26	30	27	26

Харчовий продукт	Біло к, %	Незамінні амінокислоти, мг/100 г продукту									
		Leu	Leu	Lys	Met	Cys	Phe	Tyr	Thr	Trp	Val
Молоко	3,2	189	283	261	83	26	175	184	153	50	191
Сир Тільзітер	23	970	1930	1530	540	210	1220	1350	920	660	1690
Хліб житній	6,62	248	427	223	93	130	371	180	198	80	322
Хліб пшеничний	7,59	318	594	189	114	147	368	187	231	74	348

### Контрольні запитання:

1. Дайте визначення амінокислотам
2. Які амінокислоти належать до незамінних?
3. Чому амінокислоти виявляють амфотерні властивості?
4. Що називають амінокислотним скором?

## РОЗДІЛ 4. БІОХІМІЯ ФЕРМЕНТІВ

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10

#### ФЕРМЕНТИ

**Мета:** дослідити властивості ферментів.

#### Теоретичні відомості

**Ферменти (ензими)** – це біологічні каталізатори білкової природи. Вони можуть бути прості (складаються тільки з білка) і складні, які містять крім білку активну групу небілкової природи (кофактор). Кофактори ферментів поділяють на коферменти, простетичні групи та активатори. У тривимірній структурі ферменту (простого чи складного білка) розрізняють ряд ділянок, що виконують певну функцію. Активний центр – це місце в просторовій структурі ферменту, яке забезпечує приєднання субстрату до ферменту і його хімічні перетворення. Активний центр простого ферменту складається із сукупності залишків радикалів амінокислот. Наприклад, фермент ацетилхолін-естераза (АХЕ) має у своєму активному центрі радикали чотирьох амінокислот: серину, гістидину, тирозину і глютамінової кислоти.

В активному центрі можна виділити дві функціональні частини:

а) посадочна, або субстратна (якорна), що відповідає за приєднання субстрату;

б) каталітична – сукупність хімічних угруповань, що забезпечують хімічні перетворення субстрату або субстратів.

Активний центр визначає специфічність і каталітичну активність ферменту.

В організмі людини знайдено понад 2000 різних ферментів, що каталізують перетворення безлічі субстратів. Усі ферменти розподілені на шість класів залежно від типу хімічних реакцій, які вони каталізують:

1. Оксидоредуктази каталізують окисно-відновні процеси.

2. Трансферази каталізують перенос певних хімічних груп від одного субстрату на інший.

3. Гідролази каталізують реакції гідролізу, тобто розщеплення субстрату, що супроводжується приєднанням молекул води.

4. Ліази каталізують розпад органічних сполук негідролітичним шляхом, що супроводжується утворенням подвійного зв'язку, або, навпаки, приєднанням груп до місця подвійного зв'язку.

5. Ізомерази прискорюють реакції ізомеризації.

6. Лігази каталізують реакції синтезу складних органічних речовин із простих з використанням енергії розщеплення АТФ.

Ферменти мають величезне значення для життєдіяльності організму. Без них хімічні реакції йшли б повільно. Ферменти, завдяки вмісту різних функціональних груп білків і кофакторів, здатні здійснювати хімічні реакції на суттєво зниженому енергетичному рівні порівняно з іншими небіологічними каталізаторами. Завдяки ферментам хімічні реакції проходять не хаотично, а взаємопов'язано та взаємообумовлено. Надзвичайно висока ефективність ферментів як прискорювачів хімічних процесів, тонка їх специфічність і регуляторна функція обумовлені білковою природою ферментів, їх структурно-макромолекулярною організацією в організмі і залежить від умов середовища, в якому перебігають біокаталітичні реакції.

Ферменти відрізняються від небіологічних каталізаторів високою специфічністю, оскільки здатні каталізувати тільки певні хімічні реакції. Специфічність – одна із визначальних властивостей ферментів, що забезпечує можливість координації внутрішньоклітинних процесів. Однак усі ферменти відрізняються ступенем специфічності, що дає можливість клітинам живих організмів пристосовуватись до змін навколишнього середовища.

Специфічність дії ферментів буває абсолютною та відносною, груповою. Ферменти специфічні як стосовно типу реакцій, які каталізують, так і субстратів, на які вони діють. Деякі ферменти мають абсолютну специфічність, каталізуючи перетворення тільки певного субстрату.



$\alpha$ -Амілаза слини прискорює гідроліз полісахаридів. Мальтаза прискорює гідроліз дисахариду мальтози, яка утворюється при гідролізі крохмалю, але не проявляє ніякої дії на інший дисахарид – сахарозу. Уреаза розщеплює тільки сечовину, але не діє на близьку за структурою тіосечовину.

Ферменти, що мають абсолютну субстратну специфічність, використовуються як аналітичні реагенти для визначення речовин, що є їх субстратами. Ферменти з абсолютною і відносною груповою субстратною специфічністю мають меншу вибірковість дії на субстрати, беруть участь, як правило, у гідролізі поживних речовин або в перетворенні чужорідних сполук.

Вивчення ферментів має практичне значення для багатьох галузей хімічної, харчової, біотехнологічної та фармацевтичної індустрії.

### **Експериментальна частина**

**Обладнання і реактиви:** дріжджі, 0,5% розчин сахарози, 1% розчин крохмалю, 1% розчин сахарози, 10% розчин NaOH і 1% розчин CuSO<sub>4</sub>, концентрована нітратна кислота, аптечна жовч, дистильована вода, лійки, водяна баня, ваги, піпетки, піпет-дозатори, штатив із пробірками, фарфорова ступка з товкачиком, спиртівка, сірники, скляні палички, фільтрувальний папір.

#### **1. Виявлення сахарози у дріжджах**

Фермент сахараза каталізує гідролітичне розщеплення сахарози з утворенням глюкози і фруктози.

Дію сахарази можна виявити за появою в інкубаційному середовищі (витяжка з дріжджів і сахароза) вільної глюкози, яка дає позитивну реакцію Тромера або Фелінга. Сахароза цих реакцій не дає, оскільки напівацетальний гідроксил в її глюкозному залишку з'єднаний з напівацетальним гідроксилом фруктози.

### Хід роботи

0,5 г висушених дріжджів розтирають у ступці, поступово додаючи 5 мл води і фільтрують. Одержаний фільтрат використовують для виявлення ферменту.

У пробірку вносять 1-2 мл фільтрату (ферментна витяжка з дріжджів), додають 1-2 мл сахарози. Добре розмішують. Відбирають 1 мл цієї суміші в іншу пробірку і проробляють реакцію Тромера.

До 1 мл досліджуваного розчину в пробірці додають 1 мл 10% NaOH і 0,5 мл 1% CuSO<sub>4</sub>. Обережно нагрівають верхню частину суміші до моменту закипання. При наявності глюкози або мальтози з'являється цегляно-червоне забарвлення (позитивна реакція).

Решту суміші вміщують у термостат або водяну баню при 37°C на 15 хв, після чого з нею також проводять реакцію Тромера. Порівнюють результати до і після інкубації сахарози з ферментною витяжкою дріжджів.

## 2. Специфічність дії сахарози

Специфічністю називається здатність ферментів каталізувати певні хімічні реакції. Розрізняють абсолютну, відносну, стереохімічну специфічність. Специфічність зумовлена білковою частиною ферментів, а також будовою їх активного центру. Тільки деякі чітко визначені функціональні групи ферментів можуть брати участь в утворенні фермент-субстратних комплексів. Амілаза прискорює гідроліз тільки полісахаридів (крохмалю, глікогену) і не діє на олігосахариди. Мальтаза гідролізує розщеплення мальтози, але не діє на сахарозу.

Про специфічність сахарози свідчить її вибіркова дія на субстрати. Продукти гідролізу субстратів визначаються реакціями Тромера або Фелінга.

### Хід роботи

У 2 пробірки вносять по 1 мл витяжки з дріжджів. У першу пробірку додають 1 мл 0,5% розчину сахарози, у другу – 1 мл 1% розчину крохмалю. Обидві пробірки вміщують у термостат або водяну баню на 15 хв при 38° С, після

чого з вмістом пробірок проводять реакцію Тромера. Відмічають, з яким субстратом реакція позитивна. Результати дослідів заносять у таблицю.

№	Фермент	Субстрат	Результат реакції	Висновок
1	Сахараза	Сахараза		
2	Сахараза	Крохмаль		

### 3. Дослідження впливу температури на жовч

Хід роботи

У пробірку додати 2 мл розведеної жовчі(1/2 – 1/3), обережно підігріти. Відзначити, що жовч у ході кип'ятіння не згортається.

### 4. Дослідження реакції на жовчні пігменти

Хід роботи

У пробірку відібрати 2 мл розведеної жовчі. Обережно по стінці пробірки додати 1 – 2 мл концентрованої нітратної кислоти. На межі контакту рідин має утворитися осад білка і низка кольорових кілець, утворених у результаті реакції між жовчними пігментами і нітратною кислотою. Зелене, синє, фіолетове, червоне і жовте забарвлення відповідає різному ступеню окиснення пігментів.

Реакція з азотною кислотою на фільтрі. Профільтрувати жовч, розгорнути фільтр і на внутрішню поверхню нанести краплю концентрованої нітратної кислоти. Навколо неї утворяться кольорові кола, їх забарвлення і розміщення будуть такими ж самими, що і в попередній реакції. Зовнішнє кільце – зелене.

#### Контрольні питання:

1. Загальні властивості ферментів та локалізація їх у клітині.
2. Дайте визначення поняттям: кофактор, простетична група, активатор.
3. Що таке активний центр ферментів?
4. Дайте характеристику алостеричного центру ферментів.
5. Поясніть, у чому полягає специфічність дії ферментів.

## РОЗДІЛ 5. БІОХІМІЯ ВУГЛЕВОДІВ

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11 ЯКІСНІ РЕАКЦІЇ НА ВУГЛЕВОДИ

**Мета:** вивчити характерні реакції вуглеводів.

#### Теоретичні відомості

Вуглеводи – найбільш розповсюджений клас органічних сполук, які входять до складу всіх організмів і необхідні для їх життєдіяльності. Вони є основним джерелом енергії, виконують роль структурного матеріалу, входять до складу регуляторів різних біохімічних процесів.

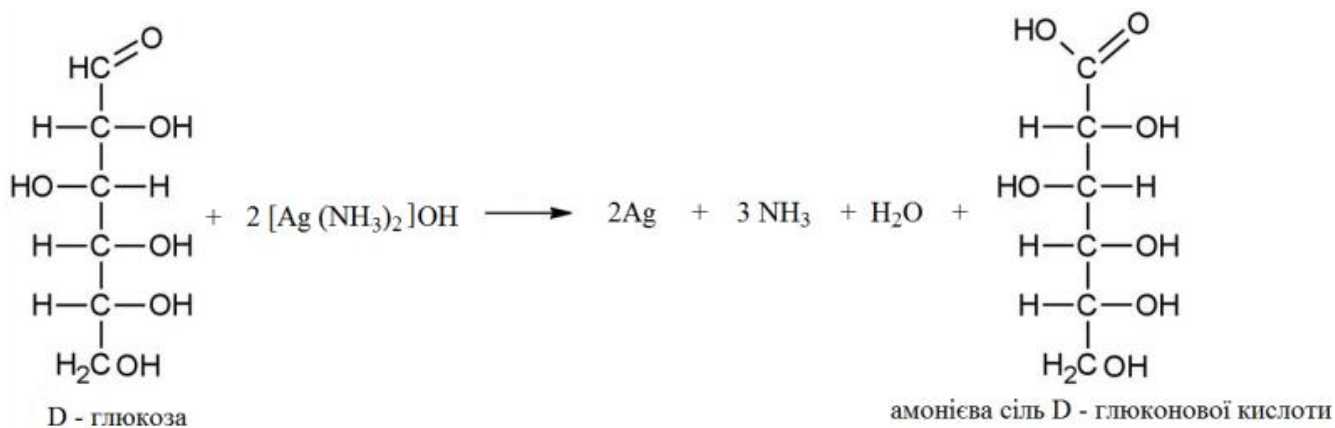
Добова потреба людини у вуглеводах становить 500-600 г. Основні вуглеводи їжі це – сахароза, лактоза, мальтоза, крохмаль, глікоген. В шлунково-кишковому тракті вони розщеплюються під дією ферментів гідролаз травних соків (сахарази, лактази, мальтази, амілази) до моносахаридів, що всмоктуються в кишечнику та потрапляють у печінку, де галактоза та фруктоза перетворюються у глюкозу.

#### Експериментальна частина

**Обладнання і реактиви:** 0,5% розчин глюкози, 0,5% розчин фруктози, 0,5% розчин сахарози, 1% розчин глюкози, 1% розчин мальтози, 1% розчин фруктози, 1% розчин лактози, 1% розчин сахарози, 1% розчин крохмалю, 5% розчин глюкози, витяжка з дріжджів, 0,2 н розчин  $\text{AgNO}_3$ , 2 н розчин  $\text{NaOH}$ , 2 н розчин  $\text{NH}_4\text{OH}$ , 2 н розчин  $\text{CuSO}_4$ , 5% розчин  $\text{CuSO}_4$ , 10% розчин  $\text{NaOH}$ , реактив Селіванова, реактив Бенедикта, ваніліновий реагент, реактив Гайнеса, реактив Фелінга, формалін, дистильована вода, штатив із пробірками, піпетки, піпет-дозатори, спиртівка, сірники, пробіротримач, водяна баня, лід.

#### 1. Реакція «срібного дзеркала»

Як і у всіх альдегідів, окиснення моносахаридів обумовлює утворення відповідних кислот. Так, у разі окиснення глюкози аміачним розчином  $\text{Ag}_2\text{O}$  утворюється глюконова кислота.



### Хід роботи

У велику пробірку помістити 3 краплі 0,2 н розчину  $\text{AgNO}_3$ , 5 крапель 2 Н  $\text{NaOH}$  і додати по краплях 2 н  $\text{NH}_4\text{OH}$  до повного розчинення утвореного осаду. Отриманий безбарвний розчин – аміачний розчин гідрату окису срібла. Потім до аміачного розчину гідрату окису срібла додати 3–4 краплі 0,5% розчину глюкози і злегка підігріти. Металеve срібло має виділитися або у вигляді осаду чорного кольору, або у вигляді блискучого дзеркального нальоту, якщо стінки пробірки хімічно чисті.

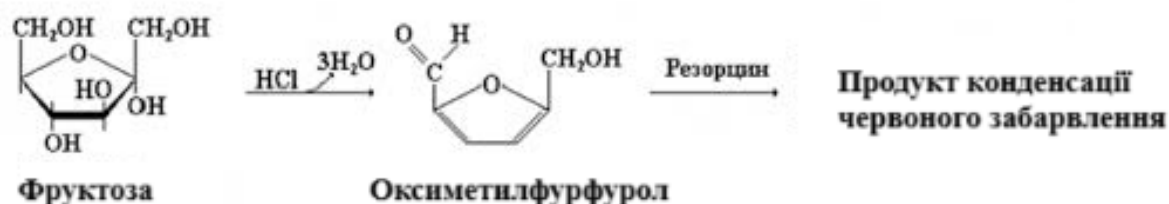
Повторити дослід із розчином фруктози.

## 2. Реакція Селіванова (відкриття фруктози)

### Хід роботи

У першу пробірку внести 2 мл 0,5% розчину фруктози, у другу пробірку – 2 мл 0,5% розчину глюкози. В обидві пробірки додати однакові обсяги свіжоприготованого реактиву Селіванова та обережно нагріти.

На 1-й стадії із фруктозою утвориться оксиметилфурфурол, який на 2-й стадії, конденсуючись із резорцином, дасть червоне забарвлення.



### 3. Проба Бенедикта на глюкозу

Хід роботи

У пробірку налити 5 мл реактиву Бенедикта і додати 0,5 мл 5% розчину глюкози. Перемішати і нагріти 1 хв над полум'ям або 5 хв на водяній бані. Розчин охолодити і через 5 хв зафіксувати результати. За наявності глюкози розчин забарвиться в зелений, жовтий або червоний колір, на дні утвориться осад.

### 4. Кольорова реакція з ваніліном на фруктозу

У результаті конденсації продуктів розщеплення фруктози з ваніліном, залежно від концентрації вуглеводу, виходить світлорожеве і червоне забарвлення.

Хід роботи

1 мл розчину фруктози 1% змішати з 5 мл ванілінового реагенту і нагріти 2 хв на водяній бані, після чого швидко охолодити в крижаній воді.

### 5. Проба Гайнеса.

Виявлення глюкози засновано на її властивості відновлювати купрум (II) гідроксиду в купрум (I) гідроксид (жовтий колір) або оксид міді (I) (червоний колір).

Хід роботи

До 1 – 2 мл реактиву Гайнеса додати 10 крапель 5% розчину глюкози, прокип'ятити на водяній бані. У присутності глюкози рідина має набути жовтого або червоного забарвлення, має з'явитися осад.

### 6. Дослідження відновлювальної здатності сахарози

У невідновлюваних дисахаридів глікозидний зв'язок утворюється за рахунок напівацетальних OH-груп обох моносахаридів. Вони не містять вільного

напівацетального гідроксиду і не виявляють характерних реакцій альдегідної групи.

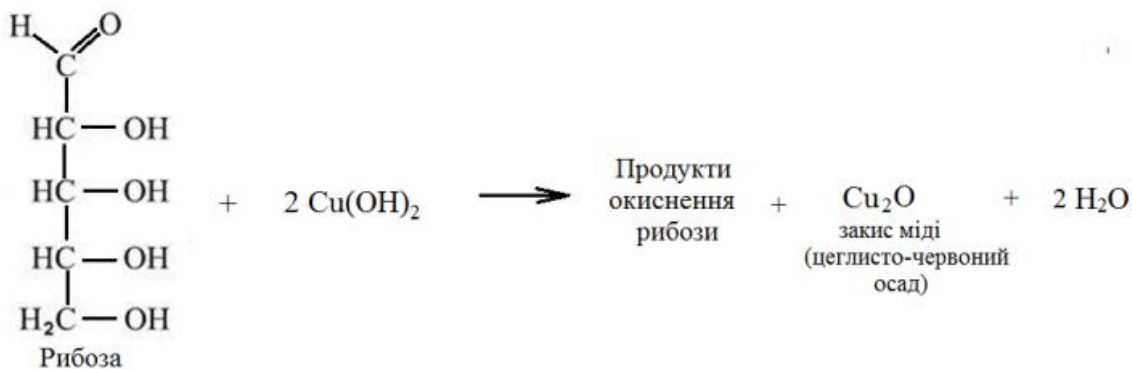
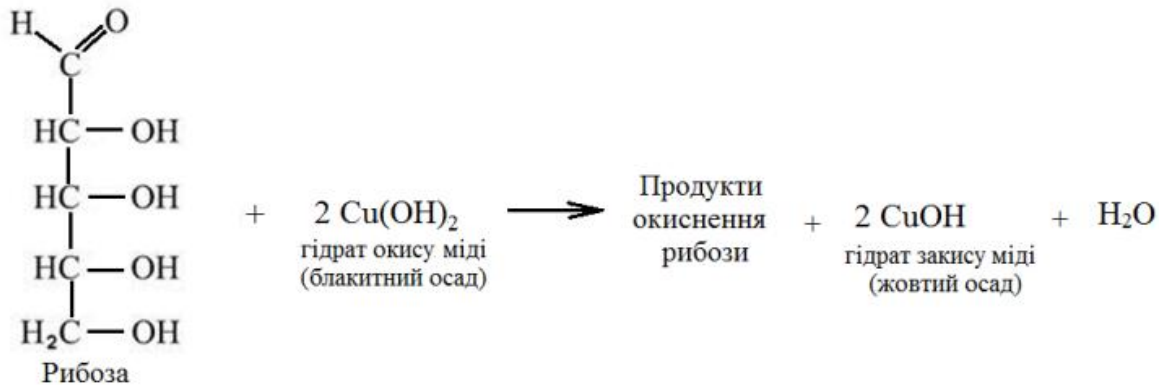
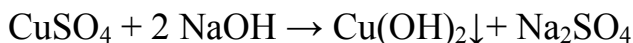
### Хід роботи

У пробірку внести 0,5 мл розчину сахарози і 6 крапель 2 н розчину натрію гідроксиду. Потім по краплях додати 0,2 н розчину купрум(II) сульфату до повного його розчинення. Обережно нагріти пробірку. Описати процеси.

## 7. Взаємодія вуглеводів із купрум(II) гідроксидом (реакція Троммера)

Усі моносахариди, а також складніші цукри, які мають вільну карбонільну (альдегідну або кетоніву) групу, можуть відновлюватися в лужному середовищі.

Суть реакції Троммера полягає у відновленні окисної міді в закисну. У ході реакції купрум(II) сульфат реагує з лугом, утворюючи блакитний купрум(II) гідроксид. У разі його нагрівання колір змінюється на жовтий, а потім – на червоний.



### Хід роботи

У пробірки налити по 1 мл глюкози, лактози, мальтози, фруктози, сахарози, крохмалю, додають такий же об'єм натрій гідроксиду і 0,5 мл купрум(II)гідроксиду. Усі пробірки обережно нагріти.

Моносахариди й відновлені дисахариди (лактоза і мальтоза) відновлюють купрум(II) гідроксид до купрум(I) гідроксид – осаду жовтого кольору, який за тривалого нагрівання перетворюється на оксид купруму(I) – осад цеглисто-червоного кольору. Сахароза й крохмаль (невідновлені вуглеводи) не змінюють забарвлення купрум(II) гідроксиду.

## **8. Дослідження перетравлення сахарози ферментами дріжджів**

### **Хід роботи**

У дві пробірки налити по 3 мл 0,5% розчину сахарози. У першу додати 2 мл витяжки із дріжджів. Поставити їх у термостат на 15 хв за температурою 37°C. Згодом провести реакцію Троммера на наявність редуруючих вуглеводів. У пробірку налити 1 – 2 мл розчину глюкози і рівний об'єм 10% розчину натрій гідроксиду. До суміші обережно додати по краплям 5% розчин купрум(II) сульфату до появи незникаючої муті купрум(II) гідроксиду. Обережно нагріти верхню частину вмісту пробірки.

З'явиться жовте забарвлення, яке перейде у червоне, що свідчить про позитивну реакцію Троммера.

## **9. Взаємодія вуглеводів з реактивом Фелінга.**

Механізм реакції з Фелінговим реактивом такий самий, як і реакції Троммера. Перевагою Фелінгового реактиву є те, що купрум у разі надлишку реактиву не випадає в осад у вигляді купрум оксиду.

### **Хід роботи**

У пробірки (за кількістю наявних у лабораторії вуглеводів) налити по 1 мл глюкози, фруктози, лактози, мальтози, сахарози, крохмалю, додати такий же об'єм реактиву Фелінга. Пробірки обережно нагріти.



Моносахариди, відновлені дисахариди (лактоза й мальтоза) відновлюють реактив Фелінга через купрум(I) гідроксид жовтого кольору до купрум(I) оксиду цеглисто-червоного кольору. Сахароза й крохмаль (невідновлені вуглеводи) не змінюють забарвлення реактиву Фелінга. Зробити висновок щодо властивостей вуглеводів залежно від хімічної будови.

#### **10. Дослідження дії реактиву Фелінга на вуглеводи.**

У присутності відновників після нагрівання з'являється осад оксиду або гідроксиду міді (I); колір осаду – від жовтого до червоного, іноді зеленого залежно від ступеня дисперсності й розміру його частинок. Аналогічно реагують кетози (останні в лужному середовищі легко ізомеризуються в альдози), багатоатомні феноли, фенілгідразин та ін. Органічні похідні гідразину, а також гідразиди карбонових кислот. Кетони (за винятком кетоспиртів), одноатомні феноли і більшість ароматичні альдегідів не відновлюють реактив Фелінга. Для виявлення вуглеводів іноді використовують так званий нейтральний реактив Фелінга, який замість NaOH містить  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . У разі додавання до осаду купрум(II) гідроксиду розчину глюкози осад спочатку розчиняється, а у випадку нагрівання розчин набуває забарвлення від бурого до жовто-помаранчевого.

## Хід роботи

Пронумерувати 4 пробірки. У першу налити 1 мл розчину глюкози, в другу – 1 мл розчину крохмалю, у третю – 1 мл розчину формаліну, у четверту – 1 мл води. У кожену пробірку додати 1 мл реактиву Фелінга. Нагріти пробірки і зробити висновки.

### **Контрольні питання:**

1. За допомогою яких реакцій можна довести, що в молекулі виноградного цукру (D-глюкози) є п'ять гідроксильних груп і одна альдегідна? Напишіть відповідні рівняння реакцій, назвіть продукти.
2. За допомогою яких реакцій можна відрізнити звичайний харчовий цукор (сахарозу) від солодового цукру (мальтози)? Напишіть рівняння відповідних реакцій.
3. Яка функціональна група D-глюкози (виноградного цукру) виявляє відновні властивості? Відповідь необхідно підтвердити відповідною схемою реакції.
4. Поясніть, чому гідроліз сахарози (тростникового або бурякового цукру) називають інверсією? Відповідь необхідно підтвердити відповідним рівнянням реакції. Назвіть продукти реакції.
5. Як можна виявити D-глюкозу (виноградний цукор) в розчині? Наведіть схеми реакцій, назвіть продукти цих реакцій.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

### ВИЯВЛЕННЯ РЕДУКУЮЧИХ ВУГЛЕВОДІВ

**Мета:** вивчити вміст редукуючих вуглеводів у складі харчових продуктів.

#### Експериментальна частина

**Обладнання і реактиви:** 1% розчини фруктози, 1% розчин цукру, 5 % розчин глюкози, 10% розчин глюкози, 10% розчин фруктози, 10 % розчин сахарози, 1% розчин KOH, 10 % розчин H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 10 % розчин NaOH, 2 % розчин CuSO<sub>4</sub>, концентрована H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, концентрований NaOH, реактив Фелінга (Фелінг I+ Фелінг II у однакових об'ємах), реактив Селіванова, реактив Барфедда, дистильована вода, морква, молоко, штатив із пробірками, водяна баня, піпетки, скляні палички, хімічні стакани, конічні колби, піпет-дозатори.

#### 1. Реакція Селіванова на визначення кетоз

Найважливішою кетозою є фруктоза. У природі вона знаходиться як у вільному (у складі меду), так і у зв'язаному (у складі сахарози, деяких інших полісахаридів) стані. У живих організмах фруктоза перетворюється на глюкозу. Характерною реакцією на фруктозу та інші кетози є реакція Селіванова. Її суть полягає в тому, що в разі нагрівання розчину кетози з концентрованою хлоридною кислотою утворюється оксиметилфурфурол, який із резорцином дає продукт конденсації червоного кольору. Ця реакція дозволяє визначити як вільні, так і зв'язані кетози. Із фруктозою вона відбувається швидше.

#### Хід роботи

У пробірку налити 0,5 мл розчину фруктози, додати 1 мл реактиву Селіванова й кілька хвилин прогріти на водяній бані. Розчин має набути червоного забарвлення. Зробити висновок щодо значення даної реакції для визначення фруктози.

#### 2. Виявлення моносахаридів у моркві

### Хід роботи

У пробірку покласти трохи натертої моркви, додати 5 мл води, струсити 2 – 3 хв, відфільтрувати і розділити фільтрат на дві частини. В одній пробірці визначити моносахариди реакцією Фелінга, у іншій – фруктозу (реакція Селіванова).

### **3. Виявлення моносахаридів у молоці**

#### Хід роботи

У мірний циліндр на 50 мл налити 2,5 мл молока, додати 40 мл дистильованої води й 1 мл 1% розчину КОН. Об'єм суміші довести до 50 мл. Струсити вміст та відфільтрувати. Відбирати в окрему пробірку 2 – 3 мл фільтрату й провести реакцію Фелінга.

### **4. Виявлення сахарози в харчовому цукрі**

#### Хід роботи

Із 1– 2 мл розчину цукру провести реакцію Фелінга. 2 – 3 мл розчину піддати кислотному гідролізу, гідролізат розлити у дві пробірки, в одній після нейтралізації провести реакцію Фелінга, в іншій – реакцію Селіванова.

### **5. Ізомеризація глюкози на фруктозу**

Глюкоза й фруктоза – моносахариди. Глюкоза – виноградний, а фруктоза – плодовий цукор. Моносахариди, які містять альдегідну групу, називають альдозами (глюкоза), а ті, що містять кетонну групу, – кетозами (фруктоза). Усі альдоза й кетози – ізомери. Вони мають відкриті ланцюги, однакову кількість атомів карбону в молекулі, а отже, й однакову молекулярну формулу. Усі моносахариди, які мають в окисній формі вільний глікозидний гідроксил, а у відкритій – вільну карбонільну групу, у тому числі глюкоза й фруктоза, у разі нагрівання в лужному розчині легко розщеплюються подібно до альдегідів і кетонів, утворюючи розчин чорного кольору. У результаті осмолювання утворюється складна суміш речовин, при цьому вуглеводи ізомеризуються в

різних напрямках. Зазначаючи впливу дуже слабких лугів, вуглеводи суттєво не змінюються, проте можуть ізомеризуватися. Так, глюкоза в таких умовах частково ізомеризується у фруктозу.

#### Хід роботи

Дослід провести одночасно з кількома різними вуглеводами, використавши готові 5 –10 % розчини моносахаридів. До 1 – 2 мл розчину вуглеводу додати удвічі менший об'єм концентрованого розчину лугу, нагріти суміш до кипіння і прокип'ятити 2 – 3 хв. Фіксують зміну забарвлення розчину (за наявності).

Потім охолодити рідину й підкислити її розбавленою сульфатною кислотою, при цьому забарвлення має посвітлішати і з'являється запах карамелі (паленого цукру).

### 6. Реакція Барфедда

Реакція Барфедда дозволяє відрізнити моносахариди від дисахаридів мальтозного типу, що мають відновлювальні властивості (лактоза, мальтоза, целобіоза). Вона заснована на тому, що відновлювальні властивості моносахаридів зберігаються також у кислому середовищі, у той час як дисахариди відновлюють метали тільки в лужному. У процесі взаємодії дисахаридів з реактивом Барфедда червоний осад з  $\text{Cu}_2\text{O}$  з'являється не відразу, а лише через деякий час (15–20 хв), у результаті їх гідролітичного розпаду, каталізованого кислотами.

#### Хід роботи

10 мл розчину глюкози нагріти з 1 мл реактиву Барфедда. Аналогічну операцію здійснити з розчином сахарози. Залишити пробірки на 15 – 20 хв, описати зміни, що відбулися.

### 7. Відновлювальна властивість лактози

У відновлювальних дисахаридів зв'язок між мономерами відбувається за рахунок спиртового і полуацетального гідроксилів. Таким чином, одна з моносахаридних ланок зберігає вільний полуацетальний гідроксил, який визначає відновлювальні властивості моносахаридам.

#### Хід роботи

У пробірку внести 1 мл молока і 5 крапель 10 % розчину натрію гідроксиду. Потім по краплях додати 2% розчин купруму сульфату до повного розчинення. Обережно нагріти, блакитний осад купрум гідроксиду переходить у жовто-оранжевий, а потім у червоно-коричневий осад.

#### **Контрольні питання:**

1. Обґрунтуйте відмінності структурної будови і хімічних властивостей відновлювальних (редукуючих) і невідновлювальних (нередукуючих) дисахаридів.
2. Назвіть види бродіння глюкози. Опишіть хімізм реакції бродіння та речовин які при цьому утворюються. Розкрийте їх технологічне та біологічне значення. Опишіть спиртове бродіння, його хімізм.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КРОХМАЛЮ

**Мета:** дослідити властивості крохмалю.

#### Експериментальна частина

**Обладнання і реактиви:** 1% розчин крохмалю, 1% розчин йоду, 1,5% розчин крохмалю, 10% розчин  $H_2SO_4$ , концентрована  $H_2SO_4$ , 5% розчин  $CuSO_4$ , 10% розчин  $NaOH$ , 0,004 н розчин йоду в  $KI$ , 0,1 н розчин  $NaOH$ , спиртовий розчин йоду, дистильована вода, картопля, відварений рис, мука, яблуко, лимон, рослинна олія, крохмаль картопляний, штатив із пробірками, водяна баня, рефрактометр РЛУ-3, апарат для струшування, мікроскопи, капілярний віскозиметр, конічні колби, мірні колби, хімічні стакани, дві скляні пластини розміром  $50 \times 50$  мм, предметні і покривні скельця, скляні палички, плитка електрична, піпет-дозатори.

#### 1. Якісна реакція ідентифікації крохмалю

Крохмаль утворює з розчином йоду забарвлену сполуку синього кольору.

##### Хід роботи

До 10 крапель розчину крохмалю додати 1-2 крапля йоду. Спостерігається яскраво-синє забарвлення.

#### 2. Виявлення крохмалю в продуктах харчування

Крохмаль, основний резервний вуглевод рослин, є сумішшю двох полісахаридів, лінійного (амілози) і розгалуженого (амілопектину), дає кольорову реакцію з розчином йоду – забарвлюється в темно-синій колір. Крохмаль – це біла аморфна речовина, нерозчинна у холодній воді; виділяють з картоплі.

##### Хід роботи

Тверді продукти розтерти до кашоподібного стану в ступці. В пробірки помістити по 0,5-1 г розтертих продуктів та додати у всі пробірки по 2-3 мл дистильованої води. Ретельно перемішати та додати в пробірки по 1-2 краплі розчину йоду.

Відмітьте пробірки, в яких спостерігалось синє забарвлення. Результати оформити у вигляді таблиці.

№ пробірки	Продукт, що досліджується	Забарвлення, що спостерігається	Вміст крохмалю

### 3. Гідроліз крохмалю

#### Хід роботи

Помістити в пробірку 10 крапель розчину крохмалю і додайте 2 краплі 10% розчину сірчаної кислоти. Поставити пробірку в киплячу водяну баню. Через 30 хв пробірку забрати. Розчин став прозорим.

До отриманого розчину додати 1 краплю розчину сульфату міді і по краплям додавати розчин гідроксиду натрію до появи інтенсивно-синього забарвлення.

Нагріти пробірку на водяній бані. З'являється оранжево-жовте забарвлення.

### 4. Вивчення зміни властивостей крохмалю під час сухого нагрівання.

Нагрівання сухого крохмалю часто необхідне в технологічній практиці, його супроводжує розщеплення полісахаридних ланцюгів із утворенням речовин меншої молекулярної маси (декстрини) і летких продуктів розпаду. Фізичні властивості крохмалю за сухого нагрівання змінюються: білий колір переходить спочатку в злегка кремовий (палевий), а потім – у коричневий різної інтенсивності, зростає розчинність полісахаридів, збільшується кількість летких продуктів розпаду, що зумовлює появу запаху, не властивого природному



крохмалю. Із нагріванням руйнується структура крохмальних зерен. Якщо прогріти крохмаль до температури понад 100°C, то його зерна розпадуться на окремі фрагменти.

Руйнування зерен і розщеплення крохмальних полісахаридів змінює реологічні показники виготовлених із них клейстерів. Важливі чинники таких змін – висока температура й тривалість нагрівання. Для більшої наочності такого процесу в цій лабораторній роботі необхідно використовувати картопляний крохмаль, оскільки його структура під час нагрівання руйнується швидше, ніж структура зернового.

### Хід роботи

#### **I. Визначення органолептичних показників.**

У три бюкси помістити по 30 г крохмалю і нагріти до температури 80°C, 120°C та 150°C відповідно. Колір термооброблених за різних температур зразків порівняти із кольором необробленого крохмалю. Для цього на скляну пластинку розміром приблизно 50x50 мм насипати по 3–5 г досліджуваних речовин. Ребрами пластинки скла розрівняти їх для одержання шару товщиною близько 3 мм. Крохмаль накрити накривним склом і злегка притиснути, спресувати, після цього зняти скло і візуально порівняти колір прогрітого крохмалю з непрогрітим. Для визначення запаху близько 10–15 г крохмалю полити такою ж кількістю теплої води (50°C). Через 30 с надлишок води злити і встановити запах (сирого або горілого крохмалю) чи його відсутність. Для характеристики зовнішнього вигляду зерен крохмалю кінцем змоченої у воді скляної палички взяти невелику кількість крохмалю (спочатку непрогрітого, а потім – прогрітого за різних температур), перенести на предметне скло, змочити краплею води і накласти накривне скло. Дослідити зразки під мікроскопом, зарисувати, звертаючи увагу на відмінності стосовно величини й зовнішнього вигляду зерен. У хімічні склянки об'ємом по 100 см<sup>3</sup> помістити по 2 г кожного зі зразків, залити їх 50 см<sup>3</sup> води, розмішати, нагріти до кипіння й витримати 1 хв. Препарати клейстерів для мікроскопічного дослідження приготувати аналогічно, зафарбовуючи їх 0,004 н

розчином йоду в калій йодиді й вивчити їх під мікроскопом. Зарисовують мікроскопічну картину, визначають розбіжності в зовнішньому вигляді зразків.

## II. Визначення фізико-хімічних показників.

### Розчинність.

У конічні колби об'ємом по 100 см<sup>3</sup> помістити по 1 г кожного із зразків, залити 20 см<sup>3</sup> дистильованої води, закрити гумовою пробкою, перемішати протягом 15 хв. Уміст кожної колби відфільтрувати і рефрактометрично визначити у фільтраті кількість сухих речовин.

### В'язкість.

У мірні колби об'ємом по 100 см<sup>3</sup> помістити по 2 г кожного зі зразків крохмалю, додати 0,1 н розчин натрій гідроксиду до позначки. Коли наважка крохмалю повністю розчиниться, за допомогою капілярного віскозиметра встановити значення в'язкості відносно води. Для цього слід обрахувати тривалість витікання дистильованої води, а згодом – тривалість витікання зразка відносно води. Результати досліджень занести в таблицю, зробити висновки.

### **Таблиця**

#### **Результати спостережень**

Тип зразка	Органолептичні показники			Фізико-хімічні властивості	
	зовнішній вигляд клейстеризованих зерен	запах	колір	концентрація розчинених сухих речовин, %	в'язкість розчину відносно води
контрольний					
прогрітий за температури 80°C					
прогрітий за температури 120°C					

прогрітий за температури 150°C					
--------------------------------	--	--	--	--	--

**Контрольні питання:**

1. Опишіть перетворення вуглеводів під час виробництва харчових продуктів: гідроліз крохмалю в результаті впливу кислот і ферментативний гідроліз крохмалю  $\alpha$ - та  $\beta$ -амілазами. Перелічить особливості застосування ферментативного гідролізу крохмалю в харчових технологіях.
2. Охарактеризуйте крохмаль і назвіть особливості використання його властивостей у технологічному процесі виробництва продуктів харчування (набухання крохмалю).
3. Охарактеризуйте основні види модифікованих крохмалів та їх використання в харчових технологіях.
4. Охарактеризуйте процес, що відбувається під час нагрівання крохмалю. Поясніть його сутність і значення.
5. Опишіть процес клейстеризації крохмалю. Вкажіть температуру клейстеризації. Поясніть процес старіння клейстеризованого крохмалю. Укажіть особливості застосування процесу клейстеризації в харчових технологіях.

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №14**  
**ВИВЧЕННЯ НАБУХАННЯ ПОЛІСАХАРИДІВ.**  
**ЕНЕРГЕТИЧНА ЦІННІСТЬ ВУГЛЕВОДІВ**

**Мета:** дослідити процес набухання ряду полісахаридів.

**Експериментальна частина**

**Обладнання і реактиви:** агар, агароїд, пектин, 2% розчин натрій цитрату (натрій ацетат або ксиліт), гліцерин, вода дистильована, лійка, циліндр об'ємом 100 см<sup>3</sup>, хімічні стакани, терези технохімічні, секундомір.

**1. Набухання полісахаридів**

Хід роботи

Наважки полісахаридів масою 3 г перенести в окремі хімічні склянки на 150 мл. Мірним циліндром відміряти по 100 мл водного розчину натрій цитрату (натрій ацетат або ксиліт), перелити у відповідні хімічні склянки й додати до кожного розчину краплю гліцерину. Відзначити швидкість набухання матеріалів у розчинах. Процес набухання вважають закінченим, якщо пластівці втратили крихкість і стали еластичні по всій товщині. Тривалість процесу визначити за допомогою секундоміра. Записати результати спостережень й оформити висновки.

**2. Енергетична цінність вуглеводів**

Енергетична цінність (калорійність) продукту характеризує ту частку енергії, яка може вивільнитися з харчових продуктів у процесі біологічного окиснення і бути використаною для забезпечення фізіологічних функцій організму. Енергетична цінність харчового продукту передусім залежить від його хімічного складу.

З'ясовуючи енергетичну цінність вуглеводів, можна застосувати коефіцієнт 4,1 ккал/г для суми моно-, дисахаридів і крохмалю. Утім одержані

дані будуть не зовсім точними. Для точного розрахунку енергетичної цінності вуглеводів необхідно застосувати коефіцієнт 3,8 ккал/г для суми моно- і дисахаридів, а для крохмалю – 4,1 ккал/г:

$$m(\text{вуглеводів}) \cdot 4,1 = \text{ЕЦ ккал.}$$

### **Контрольні питання:**

1. Охарактеризуйте пектинові речовини, їх структуру, протопектин, пектинову та пектову кислоти. Опишіть хімізм процесу переходу протопектину в пектин. Охарактеризуйте особливості використання пектину як драглеутворювача в харчових технологіях.
2. Наведіть класифікацію пектинових речовин і зазначте особливості їх будови.
3. Опишіть види пектинових речовин, властивості пектинових речовин використовувани у виробництві кондитерських виробів і морозива.
4. Опишіть полісахариди морських водоростей як структуроутворювальні агенти (агар, карагінан, альгінова кислота).
5. Охарактеризуйте високо- та низькоетерифіковані пектини та їх використання в харчових технологіях.
6. Опишіть процес драглеутворення пектинових речовин і фактори, що впливають на нього.

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №15**  
**ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ТА ЯКОСТІ СИРОЇ КЛЕЙКОВИНИ**  
**В ПШЕНИЦІ**

**Мета:** визначити кількість та якість клейковини в пшениці.

**Експериментальна частина**

**Обладнання і реактиви:** зерно, лабораторний млин, фарфорова ступка з товкачем, капронове або шовкове сито, дистильована вода, прилад ІДК -1,

**1. Виділення клейковини**

Вміст клейковини виражають в масових частках (%) до узятій наважки розмеленого зерна. Розрізняють клейковину сиру – (маса клейковини з поглинутою водою) і суху – (після висушування). Залежно від місту клейковини в зерні прийнята наступна класифікація пшениці.

Категорія	Вміст сирої клейковини в зерні, %
Високий вміст клейковини	Більше 30
Середній вміст клейковини	26 – 29,9
Вміст клейковини нижчий за середнє	20 – 25,9
Низький вміст клейковини	Нижче 20

Зерно сильної пшениці повинне містити сирої клейковини не менше 28%, за якістю не нижче І групи. Якість сирої клейковини характеризується пружними властивостями. Стандартом не передбачено але в практиці іноді визначають водо поглинальну здатність клейковини, її колір(світла, сіра, темна). Метод визначення вмісту клейковини заснований на нерозчинності білків клейковини зерна пшениці (гліадіну і глютеніну) у воді.

## Хід роботи

Розмолоте зерно (шрот) ретельно перемішують і виділяють наважку масою 25 г або більшу з таким розрахунком, щоб забезпечити вихід сирої клейковини не менше 4 г. Шрот поміщають у фарфорову ступку і заливають водою. Об'єм води для замісу залежно від маси наважки повинен бути наступним:

<b>Маса зразка, г</b>	<b>Об'єм води, мл</b>
25	14,0
30	17,0
35	20,0
40	22,0

Після цього товкачем або шпателем замішують тісто, поки воно не стане однорідним. Частинки, що пристали до товкача або ступки, приєднують до шматка тесту і добре переминають руками. Сформоване в кульку тісто поміщають в чашку і прикривають склом (або іншою чашкою) на 20 хв для того, щоб частинки розмолотого зерна просочилися водою і білки, створюючи клейковину, набубнявіли. Потім відмивають клейковину під слабким струменем водопровідної води над густим шовковим або капроновим ситом, злегка розминаючи тісто пальцями. Спочатку відмивання ведуть обережно, не допускаючи, щоб разом з крохмалем і оболонками відривалися шматочки клейковини, після видалення крохмалю і оболонок – енергійніше. Випадково шматочки клейковини, що відірвалися, збирають і приєднують до загальної маси клейковини. Тісто у воді розминають руками. Закінчення відмивання встановлюють, коли оболонки будуть повністю видалені, до цього часу вода, що стікає при віджиманні клейковини, стає майже прозорою. Якщо клейковина не відмивається, в результатах аналізу записують: що не «відмивається». Закінчивши відмивання клейковини її віджимають між долонями, які час від часу досуха витирають рушником.

При цьому клейковину кілька разів вивертають пальцями, кожного разу витираючи долоні рушником. Поступають так до тих пір, поки клейковина не

стане злегка прилипати до рук. Віджату клейковину зважують, ще раз промивають протягом 2...3 хв, знов віджимають і знов зважують. Відмивання клейковини вважають закінченим при різниці в масі між двома зважуваннями не більше 0,1 г. Сиру клейковину виражають в масових частках (%) до наважки подрібненого зерна (шроту). Розбіжності у визначенні кількості сирої клейковини при контрольних і арбітражних аналізах не більше  $\pm 2\%$ . Для замісу тесту, відмивання і визначення якості клейковини застосовують звичайну водопровідну воду, температура якої повинна бути  $18 \pm 2^\circ\text{C}$ .

## **2. Визначення якості сирої клейковини**

### **Хід роботи**

З відмитої клейковини відбирають наважку масою 4 г, обминають її 3-4 рази пальцями, після чого формують кульку і поміщають її на 15 хв в посудину з водою, температура якої повинна бути  $18 \pm 5^\circ\text{C}$ . Якщо клейковина після відмивання стає губчатою, легкою масою, що рветься, і не формує кульку, то її відносять до III групи без визначення якості на приладі.

При недостатній масі клейковина (менше 4 г) збільшує наважку муки і заново відмиває клейковину.

Після 15-хвилинного перебування у воді, кульку клейковини поміщають в центр столика приладу і натискають кнопку включення реле часу «Пуск», яку тримають в натиснутому стані 1-2 сек. Пуансон вільно опускається на клейковину і здійснює її стиснення.

Через 30 сек переміщення пуансона автоматично припиняється і запалюється лампочка «Робота». На шкалі приладу стрілка показує величину пружності і випробовуваного зразка клейковини в умовних одиницях шкали.

Покази приладу записують з точністю до одного розподілу шкали (5 умовних одиниць), після чого включається гальмівний механізм і вантаж повертається в початкове крайнє верхнє положення. Зразок клейковини знімають із столика приладу, який протирають як і пуансон сухою тканиною для того, щоб видалити вологу і залишки клейковини.



Прилад ІДК – 1 рекомендується протягом всього робочого дня тримати включеним.

При паралельних контрольних і арбітражних аналізах допускається відхилення 5 умовних одиниць приладу (один розподіл шкали).

Характеристику клейковини за якістю дають відповідно таблиці:

<b>Покази приладу ІДК-1 (в ум. одиницях)</b>	<b>Група якості</b>	<b>Характеристика клейковини</b>
від 0 до 12	ІІІ	Незадовільна клейковина
від 20 до 40	ІІ	Задовільна клейковина
від 45 до 75	І	Добра – гарна
від 80 до 100	ІІ	Задовільна клейковина
від 105 до 120	ІІІ	Незадовільна клейковина

**Контрольні питання:**

1. Які види клейковини розрізняють?
2. Класифікація пшениці за вмістом клейковини.
3. Які фізичні властивості клейковини складають її якість?

## РОЗДІЛ 6. БІОХІМІЯ ВІТАМІНІВ

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №16 КІЛЬКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВІТАМІНІВ

**Мета:** оволодіти методиками визначення вітамінів.

#### Теоретичні відомості

Вітаміни — низькомолекулярні органічні сполуки різної хімічної природи, що не синтезуються в організмі, але необхідні для нормальної життєдіяльності організму в малих кількостях.

Вітаміни ділять на дві групи: водорозчинні і жиророзчинні. Біологічна роль більшості вітамінів полягає в тому, що вони та їх похідні є складовою частиною коферментів. До таких коферментних вітамінів відносяться вітаміни В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, РР, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, фолієва кислота, біотин. Ряд вітамінів регулює окремі біохімічні і фізіологічні процеси (С, А, D, Е, К, F, U).

Відсутність або недостатність вітамінів в їжі призводить до авітамінозів і гіповітамінозів. До них відносяться цинга, рахіт, куряча сліпота, пелагра, бері-бері. Причиною авітамінозів можуть бути не лише недостатність вітамінів в їжі і незбалансоване харчування, але й різні порушення обміну вітамінів, дія антивітамінів.

Потреба людини у вітамінах збільшується при вагітності, лактації, важкій фізичній праці, перегріванні, охолодженні, гіпоксії, при різних захворюваннях, а також при довготривалому введенні лі карських препаратів (антибіотиків, сульфаніламідних препаратів).

Джерелом вітамінів є продукти харчування тваринного і рослинного походження. Для виявлення та визначення вітамінів у харчових продуктах, біологічних рідинах (кров, сеча, слина) і тканинах користуються характерними кольоровими реакціями вітамінів з хімічними реактивами.

## Експериментальна частина

**Обладнання і реактиви:** 2 % розчин соляної кислоти, 0,001м розчин 2,6-дихлорфеноліндофенолу, харчовий продукт (капуста, картопля, шипшина), ваги, терка, ніж, кварцовий пісок, фарфорова ступка з товчачиком, конічні колби, піпетки.

### 1. Кількісне визначення вітаміну С.

Метод полягає у відновленні 2,6-дихлорфеноліндофенолу за допомогою вітаміну С. 2,6-дихлорфеноліндофенол в кислому середовищі має червоний колір, в лужному – синій, при відновленні – безбарвний.

#### Хід роботи

Зважують 1 г харчового продукту (капуста, картопля, шипшина), ретельно подрібнюють і розтирають в ступці з піском. До розтертої маси додають 9 мл 2% розчину соляної кислоти, перемішують, фільтрують. Для кількісного визначення беруть 3 мл витяжки, вміщують у конічну колбу і титрують 0,001 М розчином 2,6-дихлорфеноліндофенолу до появи рожевого кольору, який зберігається 30 с. Кількість вітаміну С розраховують за формулою:

$$X = \frac{a \cdot 0,088 - 10 - 100}{3 \cdot 1}, \text{ де}$$

X – кількість вітаміну С (мг);

a – кількість індикатора 2,6-дихлорфеноліндофенолу, витраченого на титрування (мл);

0,088 – кількість аскорбінової кислоти, що еквівалентна 1 мл 0,001 М розчину натрієвої солі 2,6-дихлорфеноліндофенолу;

10 – загальна кількість фільтрату (мл);

100 – коефіцієнт перерахунку (%);

3 – кількість витяжки, взятої для титрування (мл);

1 – наважка харчового продукту (г).

Розрахунок кількості аскорбінової кислоти в пробі переведіть виходячи із того, що 1 мл 0,001 М розчину 2,6-дихлорфеноліндофенолу відповідає 0,088 мг аскорбінової кислоти. При розрахунку на 100 г речовини необхідно брати до уваги також розведення і кількість вихідної речовин.

## **2. Кількісне визначення вітаміну С методом йодометричного титрування**

Аскорбінова кислота є сильним відновником і може бути виявлена йодометрично при певному значенні рН розчина (наприклад, рН 7). У разі титрування йодом аскорбінова кислота окислюється, утворюючи дегідроаскорбінову кислоту.

### **Хід роботи**

2 г харчового продукту (капусти або картоплі) дрібно порізати й розтерти в ступці з невеликою кількістю піску, додати 10 мл 2% розчину НСІ. Добре перемішану масу відфільтрувати через скляну лійку з ватою в конічну колбу. У фільтрат додати 1 мл 0,5% розчину крохмалю і титрувати робочим розчином 0,003 н I<sub>2</sub> до появи синього кольору.

У розрахунку вмісту вітаміну С в продукті використати формулу визначення маси:

$$M = \frac{n \cdot E \cdot V}{1000}$$

n – молярна концентрація еквівалента йоду;

E – молярна маса еквівалента аскорбінової кислоти в г, яка в даному випадку дорівнює 88 г;

V – об'єм витраченого на титрування йоду, у мл.

Для перерахування на вміст вітаміну С в 100 г продукту (X) використати формулу:

$$X = \frac{M \cdot 1000}{2} \text{ (г)}$$

Приготуйте соки з яблука, апельсину, лимону та ківі. Відберіть по 5 мл соку і відтитруйте розчином I<sub>2</sub> в присутності крохмалю до появи синього кольору. Розрахуйте вміст аскорбінової кислоти в соках.

**Контрольні питання.**

1. Що являють собою вітаміни і чому вони так називаються?
2. Як класифікують вітаміни?
3. Складіть таблицю водорозчинних вітамінів:

Назва вітаміну	Біологічна роль	Прояви авітамінозу або гіповітамінозу	Прояви гіпервітамінозу	Джерела	Добова потреба
Вітамін В <sub>1</sub> (тіамін)					
Вітамін В <sub>2</sub> (рибофлавін)					
Вітамін В <sub>3</sub> (пантотенова кислота)					
Вітамін В <sub>5</sub> (нікотинамід, нікотинова кислота)					
Вітамін В <sub>6</sub> (піридоксин)					
Вітамін В <sub>9</sub> (Н) (біотин)					
Вітамін В <sub>12</sub> (ціанокобаламін)					

Вітамін В <sub>с</sub> (фолієва кислота)					
Вітамін С (аскорбінова кислота)					
Вітамін Р (біофлавоноїди)					

4. Складіть таблицю жиророзчинних вітамінів:

Назва вітаміну	Біологічна роль	Прояви авітамінозу або гіповітамінозу	Прояви гіпервітамінозу	Джерела	Добова потреба
Вітамін А					
Вітамін D					
Вітамін Е					
Вітамін К					
Вітамін F					

5. Дайте визначення вітаміноподібним речовинам. Наведіть приклади водорозчинних і жиророзчинних вітаміноподібних речовин, поясніть їх роль в життєдіяльності клітини і організму.

6. Яйця можна зберігати в холодильнику від 1 до 1,5 місяця. Якщо ж відокремити жовтки від білків, то перші швидко псуватимуться навіть при низькій температурі. Поясніть, чому псуються жовтки і яким чином наявність білків запобігає їх псуванню.

## РОЗДІЛ 7. БІОХІМІЯ ЛІПІДІВ

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №17

#### ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЖИРУ: ПОКАЗНИКА ЗАЛОМЛЕННЯ ТА ЙОДНОГО ЧИСЛА РОСЛИННОЇ ОЛІЇ. БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ ЛІПІДІВ

**Мета:** дослідити фізичні та хімічні властивості ліпідів, визначити біологічну цінність ліпідів.

#### Теоретичні відомості

Біологічна цінність жиру визначається:

- вмістом поліненасичених жирних кислот (ПНЖК);
- низькою температурою плавлення, тобто легкою засвоюваністю;
- вмістом жиророзчинних вітамінів;
- відсутністю продуктів окислення.

ПНЖК (вітамін F) виконують широкий спектр біологічних функцій тільки у формі цис-ізомерів. Завдяки неміцним подвійним зв'язкам між атомами вуглецю ненасичені жирні кислоти легко вступають в хімічні реакції. Шляхом гідрогенізації рослинних жирів в промисловості одержують маргарини. Лабільність подвійних зв'язків в ненасичених жирних кислотах є однією з причин накопичення в жирах продуктів окислення, що зумовлює їх псування.

Лінолева і ліноленова кислоти не синтезуються в організмі людини, арахідонова – синтезується з лінолевої кислоти за участю вітаміну B<sub>6</sub>.

Одним з важливих показників біологічної цінності жирів є перетравлюваність, вона виражається кількістю триацилгліцеридів, що всмокталися в лімфу і кров. Більшість природних жирів в організмі людини характеризується високим коефіцієнтом перетравлювання. Всмоктуваність жиру залежить від складу жирних кислот. Засвоюваність жирів з температурою плавлення нижчою, ніж температура людського тіла, рівна 97-98 %, якщо ж цей показник вищий 37°C,

то засвоюваність жирів рівна 90 %. Жири з температурою плавлення 50-60°C засвоюються тільки на 70-80 %. При змішаному живленні засвоюється 96-98 % свинячого жиру, 93-98 % вершкового масла, 80-94 % яловичого жиру, 86-90 % соняшникової олії, 94-98 % маргарину.

Виражену біологічну дію надає група жироподібних речовин (фосфоліпіди, холестерин, жиророзчинні вітаміни та ін.). Найбільшою біологічною активністю володіють такі фосфатиди (фосфотидилхоліни, фосфоліпіди), як лецитин, кефалін, сфінгомієлін. Ними особливо багаті нерафіновані рослинні масла.

Показником біологічної цінності жирів є також наявність в них вітамінів А, D, Е, К. Вершкове масло, що містить ці вітаміни, не дивлячись на низький рівень ПНЖК, є продуктом високої біологічної цінності. Воно може бути замінено тільки риб'ячим жиром, оскільки в його склад також входить ретинол і кальциферол. У рослинних маслах містяться токофероли, в решті жирів вони практично відсутні.

Біологічна цінність жирової частини може бути забезпечена тільки відповідною сумішшю жирів.

Серед жиророзчинних пігментів – речовин, що визначають забарвлення марселя жирів, – найбільш поширені каротиноїди і хлорофіли. В бавовняному насінні, листі, стеблах міститься пігмент госипол (токсична речовина), який обумовлює темно-жовтий або коричневий колір. Каротиноїди – це рослинні червоно-жовті пігменти, що визначають забарвлення ряду жирів, а також овочів і фруктів, яєчного жовтка і багатьох інших продуктів. Другою групою природних жиророзчинних пігментів, що додають зелене забарвлення маслам і жирам, а також багатьом овочам (цибуля, салат, кріп і т.ін.), є хлорофіли.

Здатність жирних кислот, що входять до складу ліпідів, якнайповніше забезпечувати синтез структурних компонентів клітинних мембран характеризують за допомогою спеціального коефіцієнта, що відображає співвідношення кількості арахідонової кислоти, яка є головним представником поліненасичених жирних кислот з 20 і 22 атомами вуглецю, і інших жирних кислот. Цей коефіцієнт



одержав назву коефіцієнта ефективності метаболізації есенціальних жирних кислот (КЕМ).

Найбільш доцільно використовувати в їжу жири, що мають збалансований склад, а не споживати жирові продукти різного складу протягом доби.

При отриманні продуктів харчування, як в промисловості, так і в домашніх умовах, в ході технологічного процесу, а також в процесі зберігання ліпиди початкової сировини зазнають різноманітних перетворень. Найбільш легко окислюються жири деяких морських риб, найважче – жири з високим змістом насичених жирних кислот (сало). При зберіганні жирної риби або риб'ячого жиру з'являється неприємний згірклий запах. Змінюється і колір продуктів, що окислювалися, наприклад, вершкове масло темніє, сало при тривалому зберіганні жовтіє. Окиснення жирів залежить від багатьох чинників, зокрема від температури (чим вище температура, тим швидше йде окиснення), наявності кисню, слідів металів (зберігати жири в мідній, залізній або оцинкованій тарі не можна). Полімерні продукти окислення жирів володіють токсичною дією. Їх граничний вміст в жирах не повинен перевищувати 1 %.

Рослинні масла рекомендується використовувати для салатів, підігрівання (короткотривалого) або смаження. При тепловій обробці харчових продуктів в жирах відбуваються різні хімічні процеси. Інтенсивніше протікають гідролітичні процеси, зумовлені дією на жир води, високої температури і кисню повітря з утворенням кінцевого продукту – гліцерину і вільних жирних кислот. Одночасно відбувається термічний розпад самих жирних кислот (піроліз) з утворенням різноманітних сполук, зокрема альдегідів. Для смаження у фритюрі (в киплячому шарі масла) доцільно використовувати такі тваринні жири, як сало, а також спеціальні види кулінарного жиру. Повторне, багатократне використання одного і того ж масла для смаження, навіть з додаванням свіжого масла, не рекомендується. При смаженні продуктів витоплюється деяка кількість жиру, відбувається частковий термічний розпад, а також частковий гідроліз жирів; частина жиру розбризкується і випаровується з частинками води. Продукти розпаду і гідролізу жирів знижують температуру його димоутворення. Тому, у

міру смаження масло все більше «чадить». Масло, що довго нагрівається, стає темним і трохи гірчить (в результаті утворення акролеїну). При вариві частина жиру переходить в бульйон і збирається (до 90 % і більше) на поверхні. Деяка кількість жиру при вариві гідролізується і в частково гідролізованому вигляді знаходиться в бульйоні. Продукти гідролізу жирів додають бульйону неприємний «сальний» присмак. Тому в кулінарній практиці жир звичайно знімають і використовують для приготування других страв. При смаженні продукту на жирі, відбувається часткове вбирання в нього жиру. Оскільки він вбирається поверхнею продукту і на невелику глибину, кількість ввібраного жиру залежить від розмірів шматків продукту: чим він менше, тим за інших рівних умов вбирається більше жиру. Ступінь вбирання залежить і від жирності продукту: чим менш жирний продукт, тим більше жиру вбирається. При смаженні жирної риби і м'яса доданий жир може взагалі не вбиратися. Для запобігання згіркнення жирів або продуктів, які містять жири, до них додають антиоксиданти, які затримують процес окислення. Найактивнішим антиоксидантом є вітамін Е. Зберігання жирів у в темноті, на холоді або в умовах вакууму також затримує їх окислення.

### **Експериментальна частина**

**Обладнання і реактиви:** рослинні олії, нерафінована рослина олія, вершкове масло, 2,5% спиртовий розчин йоду, 1% розчин крохмалю, 0,05 М розчин гіпосульфїту натрію  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , конічні колби по 50 мл, скляна паличка, лійка, фільтри, піпет-дозатори, піпетки, ваги, титрувальна установка, рефрактометр РЛУ або РФ-22.

#### **1. Визначення показника заломлення рослинної олії.**

Показник заломлення характеризує чистоту, ненасиченість, ступінь окислення жирів. Цей показник зростає при наявності оксигруп, збільшені молекулярної маси і кількості ненасичених жирних кислот, що входять до складу жиру. Визначити показник заломлення рослинної олії при температурі 20°C

( $n^{20^{\circ}\text{C}}$ ), або шляхом перерахунку привести до  $20^{\circ}\text{C}$  (з підвищенням температури на  $1^{\circ}\text{C}$  густина знижується в середньому на 0,000387).

#### Хід роботи

Добре перемішати пробу і профільтрувати її через складчастий фільтр. Нанести на призму рефрактометра 2-3 краплі олії, встановивши певну температуру, по закінченню 5 хвилин відрахувати з точністю до 0,0002 показник заломлення.

Якщо показник заломлення визначається при температурі вищій, чи нижчій ніж  $20^{\circ}\text{C}$ , то його перераховують на  $20^{\circ}\text{C}$  за формулою:

$$n^{20^{\circ}\text{C}} = n^t + (t - 20) \cdot 0,00035, \text{ де:}$$

$n^{20^{\circ}\text{C}}$  – показник заломлення при  $20^{\circ}\text{C}$ ;

$n^t$  – показник заломлення при  $t$  досліді;

0,00035 – коефіцієнт для показника заломлення при зміні температури на  $1^{\circ}\text{C}$ .

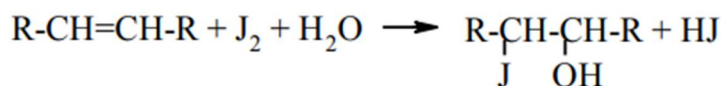
Час проведення визначення – 10 хвилин. Порівняти отриманий результат зі стандартним значенням. Для світлої рослинної олії

$$n^{20^{\circ}\text{C}} = 1,4736 - 1,4762.$$

В окисленій олії показник заломлення вищий, ніж у світлій внаслідок збільшення молекулярної маси (за рахунок приєднання кисню, оксигруп тощо).

## 2. Визначення йодного числа жиру.

**Йодним числом** називається кількість грамів йоду, яка прореагувала зі 100 г жиру. Йодне число вказує на вміст ненасичених жирних кислот в жирі. Визначення йодного числа базується на реакції приєднання йоду за місцем подвійного зв'язку, яка описується рівнянням:



#### Хід роботи

В першу колбу поміщають навіску жиру 0,1 г (дослідна проба), в другу – 0,1 мл води (контрольна проба). Додають по 10 мл спиртового розчину йоду і перемішують. Через 15 хв. вміст колб титрують розчином  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  спочатку до

появи слабко-жовтого забарвлення, а потім, після додавання 1 мл розчину крохмалю, титрують до зникнення синього забарвлення (до знебарвлення). Розраховують йодне число за формулою:

$$\text{ЙЧ} = T \cdot (V - V_1) \cdot 0,0127 \cdot 100 / m, \text{ де}$$

T – титр 0,1 н Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, мг;

V – об'єм Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на титрування контрольної проби, мл;

V<sub>1</sub> – об'єм Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на титрування дослідної проби, мл;

m – маса наважки, г;

0,0127 – кількість йоду (г), еквівалентне 1 мл 0,1 н Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

### 3. Біологічна цінність харчових ліпідів

**Біологічна ефективність** – показник якості жирових компонентів харчових продуктів, що відображає вміст у них поліненасичених жирних кислот. Існує розрахунковий спосіб визначення біологічної ефективності ліпідів – це метод порівняння складу його фракцій (Ф) з відповідним фракційним складом «ідеального» ліпиду за допомогою розрахунку **скорі ліпідних фракцій (СЛФ)**, %:

$$\text{СЛФ} = \frac{\text{г фракцій в 100г досліджуваного}}{\text{г фракцій а 100г ідеального ліпиду}} \cdot 100$$

Як ідеальний ліпід прийнято використовувати гіпотетичний ліпід, в 100 г якого фракція насичених жирних кислот (Ф<sub>нжк</sub>) становить 20 г, фракція поліненасичених жирних кислот (Ф<sub>пнжк</sub>) – 6 г, фракція олеїнової кислоти (Ф<sub>ок</sub>) – 35 г. Біологічна ефективність ліпиду встановлюється за коефіцієнтом його ефективності (використання), ψ, %, що відображає ступінь засвоєння ліпиду відповідно до найменшого зі скорів ліпідних фракцій і розраховується за такою формулою:

$$\psi = \frac{3 \times \text{СЛФ}_{\min}}{\sum_{i=1}^3 \text{СЛФ}_i} \times 100$$

СЛФ<sub>min</sub> – найменшій зі скорів ліпідних фракцій, %;

$\sum_{i=1}^3 \text{СЛФ}_i$  – сума скорів усіх трьох ліпідних фракцій, %.

Надлишок ліпідних фракцій, що мають скор, більший за  $СЛФ_{min}$ , депонується в організмі або витрачається на його енергетичні потреби.

***Контрольні питання:***

1. Опишіть фізичні та хімічні константи якості жиру.
2. Каталітичне гідрування, яке використовується в харчовій промисловості, призводить до перетворення подвійних зв'язків жирних кислот в зв'язки –  $CH_2$  –  $CH_2$  – . Як ця зміна впливає на фізичні властивості олій?
3. Що таке транс-жири? Як утворюються транс-жири? Який вплив на організм мають транс-жири? Проаналізуйте вміст транс-жирів у різних продуктах харчування та за різних способів приготування їжі.
4. В яких харчових продуктах необхідна присутність фосфоліпідів? Яка їхня властивість має особливе значення?
5. Який жир легше засвоюється організмом людини: соняшникова олія або свинячий смалець? Відповідь обґрунтуйте.

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №18**  
**ВИВЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЖИРУ:**  
**ПЕРЕКИСНЕ, КИСЛОТНЕ, ЕФІРНЕ ЧИСЛО ТА ЧИСЛО ОМИЛЕННЯ**  
**ЖИРУ**

**Мета:** навчитися визначати показники якості жиру.

**Теоретичні відомості**

**Ліпіди** – це біологічно важливі органічні сполуки рослинного або тваринного походження різноманітної хімічної структури, нерозчинні у воді і розчинні в малополярних органічних розчинниках (ефірі, спирту, хлороформі, ацетоні тощо). Ліпіди поділяють на прості і складні: прості ліпіди – це сполуки, у молекулі яких містяться залишки тільки жирних кислот і спиртів; у молекулах складних ліпідів є ще й залишки фосфатної кислоти, моно- або олігосахаридів, нітрогеновмісних сполук та ін. У живих організмах ліпіди виконують функцію структурних компонентів клітинних мембран. Вони є формою, в якій депонуються запаси метаболічного «палива» і здійснюється його транспорт; виконують захисну роль, обволікаючи органи, судини, нерви і запобігаючи їх механічним ушкодженням. Саме неполярність, гідрофобність ліпідів дозволяє біологічним мембранам виконувати їх функції. Ліпіди або їх похідні можуть виконувати функції біологічно активних речовин, таких як гормони, вітаміни, простагландини. Оскільки ліпіди поряд з білками відіграють важливу роль у структурній організації клітинних мембран, з ними пов'язано багато ефектів лікарської терапії. Харчові жири — рослинні, тваринні чи гідрогенізовані жири, а також їх композиції, використовувані в смаженні, випічці та інших видах приготування їжі.

**Експериментальна частина**

**Обладнання і реактиви:** дистильована вода, рослинні олії, льодяна оцтова кислота, хлороформ (хч), насичений розчин KI, 0,005 М розчин Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,1% розчин крохмалю, 0,2 н спиртовий розчин КОН, HCl 0,5 моль/л, спиртовий

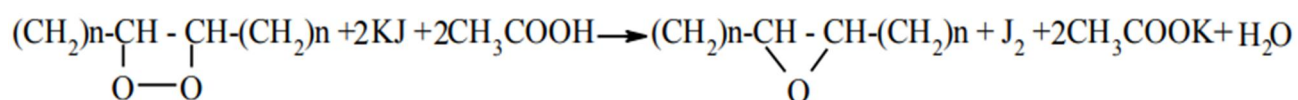
розчин КОН 0,5 моль/л, фенолфталеїн, етанол, конічні колби на 50 мл, хімічні стакани, скляні палички, лійка, штатив з пробірками, піпет-дозатори, піпетки, ваги, титрувальна установка, зворотний холодильник, водяна баня,

### 1. Визначення перекисного числа в прогрітлому жирі.

Одним із методів визначення якості жиру є вивчення вмісту продуктів окислення жиру: пероксидів, гідроперекисів. Ці показники можна виявити за допомогою встановлення перекисного числа.

**Перекисним числом** називають кількість мілілітрів розчину тіосульфату натрію ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), що необхідна для титрування вільного йоду, який виділяється при окисленні калію йодиду (КІ) перекисною групою 1 г жиру.

Метод оснований на взаємодії перекисних груп жиру з КІ в кислому середовищі.



Утворення йоду можливе також при окисленні КІ киснем повітря, тому необхідно проводити контрольні проби.

#### Хід роботи

В першу колбу (дослідний зразок) ємністю 50 мл поміщають наважку жиру вагою 1г, в другу (контрольний зразок) – 1мл води. Після цього в обидві колби додають по 5 мл льодяної оцтової кислоти, 6 мл хлороформу та 1 мл свіжоприготовленого насиченого розчину КІ. Після цього колби струшують протягом 5 хвилин і титрують розчином  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , додаючи 10 крапель розчину крохмалю в якості індикатора.

Перекисне число (мл) розраховують за формулою:

$$\text{ПЧ} = (\text{A}-\text{B}) \cdot 0,0002538 \cdot 100 \cdot f, \text{ де:}$$

(A-B) – різниця результатів титрування контрольного і дослідного зразків розчином  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,

f – коефіцієнт поправки на титр розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (0,05 моль/л),

0,0002538 – титр 0,002 н розчину натрій тіосульфату за йодом.

## 2. Визначення кислотного числа жиру.

Кислотність олії характеризує вміст в ній вільних жирних кислот та інших речовин, що титруються лугом у перерахунку на олеїнову кислоту (ДСТУ 2575-94).

**Кислотне число** показує вміст в 1 г жиру вільних жирних кислот та інших речовин, що титруються лугом, виражене в міліграмах КОН, необхідного для їх нейтралізації. Кислотні числа деяких олій згідно з ДСТУ (мг-КОН) наведені в таблиці.

Таблиця. Кислотні числа деяких олій згідно з ДСТУ

Назва олії	Вид і гатунок олії							
	Рафіноване		Гідратоване			Нерафіноване		
	дезодороване	недезодороване	вищий	I	II	вищий	I	II
соняшникова	0,4	0,4	1,5	2,25	6,0	1,5	2,25	6,0
кукурудзяна	0,4	0,4	-	-	-	5,0	Сортів не має	
соєва	0,3	-	-	1,0	1,5	-	2,0	4,0
льняна	0,7	-	-	-	-	-	2,5	5,0
гірчична	-	-	-	-	-	1,5	2,3	6,0
арахісова	0,4	0,4	1,5	2,25	6,0	1,5	2,25	6,0

Кислотне число є одним з показників торгового сорту жиру, так як воно зростає в результаті окиснення та гідролітичного розпаду нейтральної молекули тригліцериду до вільних жирних кислот.

За кількістю вільних жирних кислот, що містяться в олії, можна визначити її свіжість, так як в природних жирах їх мало.

При неправильному зберіганні жиру кількість вільних жирних кислот збільшується. Подальше їх окиснення призводить до появи дефектів смаку і



запаху, а при більш глибоких процесах – до непридатності жиру для харчового використання.

#### Хід роботи

Зважити пусту колбу, потім обережно додати невелику кількість рослинної олії (1 г).

В колбу з олією доливаємо 15 мл етанолу, додаємо 2–3 краплі фенолфталеїну і ретельно перемішуємо. Потім титруємо отриманий розчин 0,2 н спиртовим розчином лугу до появи забарвлення. В якості контролю відтитрувати 15 мл етанолу з 2–3 краплями фенолфталеїна тим же розчином лугу.

Кислотне число (КЧ) розрахуйте за формуло:

$$\text{КЧ} = 5,611 \cdot V \cdot K / m, \text{ де}$$

5,611 – кількість мг КОН, що міститься в 1мл 0,1н розчину лугу,

V – об'єм 0,1 н розчину КОН, витраченого на титрування дослідної проби, мл

K – коефіцієнт поправки до титру КОН для перерахунку на точну концентрацію лугу,

m – маса наважки жиру, г.

### **3. Визначення числа омилення жиру.**

*Числом омилення жиру* називається кількість міліграмів їдкого калію, необхідне для нейтралізації всіх вільних жирних кислот та тих, що входять до складу триацилгліцеролів, що містяться в 1 г жиру.

#### Хід роботи

В першу колбу (досліджувана проба) поміщають 2 г жиру, в іншу (контрольна проба) – 0,5 мл води. В обидві колби додають по 30 мл спиртового розчину КОН і кип'ятять із зворотним холодильником на водяній бані протягом 60 хвилин до повного омилення гліцеридів та нейтралізації вільних жирних кислот, періодично перемішують вміст колб. Після цього в обидві колби додають по 10 крапель розчину фенолфталеїну і титрують ще теплі колби розчином НСІ до зникнення рожевого забарвлення (нейтральна реакція).

*Примітка:* свіжий жир набуває світло-жовтого, старий жир – червонобурого забарвлення.

Кількість КОН (міліграм) або число омилення (ЧО), що витрачено на нейтралізацію вільних жирних кислот в 1 г жиру, визначається за формулою:

$$\text{ЧО} = (B-A) \cdot f \cdot 28,05/m, \text{ де}$$

(B-A) – різниця результатів титрування контрольного і дослідного зразків розчином соляної кислоти, мл;

f – коефіцієнт поправки на титр розчину НСl(0,5 моль/л);

28,05 – кількість КОН в міліграмах, еквівалентна 1 мл розчину КОН.

#### **4. Визначення ефірного числа жиру.**

**Ефірним числом** називається кількість мг КОН, яка необхідна для нейтралізації всіх жирних кислот, що утворюються при омиленні триацилгліцеролів (тригліцеридів), що містяться в 1 г жиру. Це число визначають як різницю між числом омилення даного жиру і його кислотним числом.

$$\text{ЕЧ} = \text{ЧО} - \text{КЧ}$$

#### **Контрольні питання:**

1. Які фізичні та хімічні константи визначають якість і чистоту жиру?
2. Що таке перекисне число жиру?
3. Що таке кислотне число жиру?
4. Що таке ефірне число жиру? Як воно пов'язане з кислотним числом?
5. Що таке число омилення жиру?

## ЧАСТИНА II. ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

### РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХІМІЇ

1. Визначити масову частку ( $\omega$ ) у (%), молярність, титр розчину і мольну частку розчиненої речовини внаслідок розчинення 8 г натрій гідроксиду в 200 г води,  $\rho = 1,01$  г/мл.
2. Для визначення кислотності хліба методом кислотного-основного титрування використовують робочий розчин натрій гідроксиду. Яку масу натрій гідроксиду треба взяти для приготування 250 мл 1 моль·екв/л цього розчину.
3. Обчислити скільки цукру та води потрібно для приготування сиропу масою 400г, якщо масова частка цукру в ньому 0,625.
4. Обчисли масову частку цукру ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) в чаї, добутому при додаванні в чашку двох чайних ложок цукру (в одній чайній ложці 10 г цукру). Маса води в чашці становить 230 г.
5. Обчисліть масу солі й води, необхідні для приготування розчину масою 450 г з масовою часткою розчиненої речовини 16%.
6. У продаж надходять оцтова есенція – водний розчин з масовою часткою кислоти 80% і столовий оцет – водний розчин з масовою часткою оцтової кислоти 9%. Їх широко використовують у харчовій промисловості і домашньому побуті, як приправу до їжі і для консервування харчових продуктів (виготовлення маринадів). Обчисліть масу оцтової кислоти і води в оцтовій кислоті і столовому оцті масою 250г.
7. На титрування янтарної кислоти масою 0,1560 г витрачено 26,00 см<sup>3</sup> розчину КОН. Визначити молярну концентрацію еквіваленту і титр розчину КОН.

## РОЗДІЛ 2. ХАРЧОВІ КИСЛОТИ

8. рН розчину 4,6. Обчислити концентрацію  $H^+$ .
9. рН розчину 10,8. Обчислити концентрацію  $OH^-$ .
10. Обчислити рН 0,1 н розчину хлоридної кислоти.
11. Обчислити константу гідролізу нітрита натрія ( $NaNO_2$ ). Визначити ступінь гідролізу за концентрацій 0,1 М і  $10^{-5}$  М. визначте водневий показник (рН) 0,1М розчину.
12. Натрій нітрит (E249) використовують при обробці (посолі) м'яса та м'ясних продуктів для збереження червоного кольору. Знайти масу  $NaNO_2$ , необхідну для приготування 300 мл 0,2М розчину  $NaNO_2$ , та визначити реакцію такого розчину ( $pH < 7, = 7, > 7$ ).
13. Натрій гідрокарбонат (харчова сода) використовується в виробництві різноманітних борошняних кондитерських виробів. Який об'єм 2М розчину  $NaHCO_3$  необхідно взяти для приготування 1 л 0,25н розчину?

## РОЗДІЛ 3. БІОХІМІЯ АМІНОКИСЛОТ ТА БІЛКІВ

14. Складіть таблицю заміennих, незамінних та умовно заміennих амінокислот. Охарактеризуйте значення незамінних амінокислот у харчуванні людини.
15. Залежно від фізико-хімічних властивостей R-груп в молекулах амінокислот, на які групи можна поділити всі амінокислоти? Розділіть всі протеїногенні амінокислоти на групи. Напишіть їх формули.
16. Напишіть формулу пептиду, який складається із: серин-гліцин-тирозин-аланін-лейцин. Позначте в пептиді N- і C-кінці. Підкресліть пептидні зв'язки.
17. Які амінокислоти можна добути при повному гідролізі трипептиду гліцилвалілфенілаланіну? Яку кольорову реакцію можна використати для виявлення ароматичного кільця у складі цього трипептиду?
18. Який з двох трипептидів: аланіл-цистеїл-триптофан або гліциллізіл-валін відкривається якісною реакцією з  $Pb^{2+}$ ?
19. Який з пептидів: аланілцистеїн, гліцилтриптофан, аланілметіонін дає якісну реакцію з нітратною кислотою?

20. Оцінити біологічну цінність сніданку за вмістом у ньому незамінних амінокислот, розрахувати амінокислотний скор незамінних амінокислот, лімітувальну амінокислоту й індекс незамінних амінокислот, якщо до складу сніданку входять: макаронні вироби вищого сорту – 150 г, масло «Селянське» несолоне – 35 г, філе куряче – 30 г, кефір жирний – 100 г. При розрахунках потрібно урахувати втрати при тепловій обробці (руйнування білка в макаронах – 5%, у курячому філе – 8%).

#### Вміст білка у продуктах

Найменування продукту	Маса продукту нетто, г	Білок	
		%	г
Макаронні вироби вищого сорту	150	10,4	16,00
Масло «Селянське» несолоне	35	0,8	0
Філе куряче	30	23,6	10,08
Кефір жирний	100	2,8	28

#### Вміст незамінних амінокислот у продуктах

Харчовий продукт	Незамінні амінокислоти, мг/100 г продукту									
	Ile	Leu	Lys	Met	Cys	Phe	Tyr	Thr	Trp	Val
Макаронні вироби вищого сорту	435	815	253	155	202	506	253	314	101	476
Масло вершкове	41	76	45	17	10	42	42	47	43	42
Філе куряче	1133	1982	2643	448	425	1062	897	1109	378	1298
Кефір жирний	160	277	240	71	20	141	155	110	43	135

(Хід розв'язання: 1. Розраховуємо масу кожної амінокислоти в кожному продукті та у сніданку, 2. Розраховуємо масу білка у сніданку з урахуванням втрат при обробці, 3. Розраховуємо вміст амінокислоти у сніданку (на 1 г білка – масу амінокислоти / масу білка), 4. Розраховуємо співвідношення вмісту

*амінокислоти у сніданку стосовно ідеального білка). 5. Розраховуємо амінокислотний Скор. 6. Розраховуємо індекс незамінних амінокислот (ІНАК)).*

21. Визначте головну лімітуючу амінокислоту за умови, що в 1 г досліджуваного білка знайдено, мг: лізину – 30, глютамінової кислоти – 60, триптофану – 20, фенілаланіну – 35, аланіну – 45, лейцину – 35, метіоніну – 57, ізолейцину – 30, тирозину – 12.

#### **РОЗДІЛ 4: БІОХІМІЯ ФЕРМЕНТІВ**

22. У 2 пробірки (у першій – крохмаль, у другій – сахароза) внесли фермент. Після 10-хвилинної інкубації суміш у першій пробірці дає позитивну реакцію Тромера, у другій – негативну. Який внесено фермент?

23. Солодкий смак зерен у свіжозібраних початках кукурудзи обумовлений високим вмістом в них цукру. Через декілька днів після збирання кукурудза вже не така солодка, оскільки за один день зберігання біля 50% вільного цукру в зернах перетворюється на крохмаль. Щоби краще зберегти солодкий смак свіжозібраної кукурудзи очищені початки на декілька хвилин поміщають в киплячу воду, а потім охолоджують в холодній воді. Кукурудза, яка оброблена таким чином і зберігається у замороженому вигляді, зберігає свій солодкий смак. В чому біологічний сенс такої процедури?

24. Вкажіть фізичні та хімічні фактори, які впливають на ферментативну активність (температура, рН, концентрація субстрату).

25. Опишіть активатори та інгібітори ферментів. Поясніть, що таке інактивація ферментів під дією різних технологічних факторів.

26. Охарактеризуйте хімічну природу й біологічну роль ферментів, що входять до складу харчових продуктів.

27. Охарактеризуйте ферменти як біологічні каталізатори. Наведіть характеристику та промислове значення гідролітичних ферментів.

28. Опишіть ферменти як біологічні каталізатори. Наведіть характеристику й промислове значення окисно-відновних ферментів.

29. Назвіть ферменти в харчовій промисловості. Напишіть загальну характеристику й класифікацію. Покажіть, яку роль виконують ферменти у процесах переробки харчових продуктів.
30. Покажіть застосування амілаз у харчових виробництвах. Опишіть ферментативний гідроліз крохмалю. Покажіть механізм ферментативної дії  $\alpha$ - та  $\beta$ -амілаз.
31. Поясніть, як змінюється якість й харчова цінність продовольчих товарів під впливом ферментів при зберіганні.
32. Покажіть, які процеси харчових виробництв засновані на дії ферментів. Наведіть ферменти, які застосовуються в консервній, м'ясопереробній, крохмало-патоковій промисловості.

## **РОЗДІЛ 5. БІОХІМІЯ ВУГЛЕВОДІВ**

33. Целобіоза, також як і мальтоза (солодовий цукор), має відновлюючі властивості, а при гідролізі дає дві молекули глюкози. У чому полягає різниця між будовою целобіози і мальтози? Напишіть їх перспективні формули і дайте їм назву.
34. Які моносахариди утворюються при гідролізі лактози (молочного цукру)? Напишіть рівняння відповідних реакцій і назвіть ці моносахариди. Якими реакціями можна підтвердити наявність продуктів гідролізу? Наведіть схеми реакцій, назвіть продукти реакцій.
35. Дисахарид, який є або мальтозою, або сахарозою, обробляють розчином Фелінга. Утворюється червоне забарвлення. Який дисахарид був в розчині? Відповідь поясніть.
36. Виготовлення шоколаду з рідкою начинкою можна розглядати як цікаве використання ферментів в харчовій промисловості. Ароматизована рідка начинка є водним розчином цукрів, збагаченому для солодкості фруктозою. Існує технічна проблема: для виготовлення шоколадної оболонки тверду (або майже тверду) центральну частину потрібно оточити гарячим розплавленим шоколадом, але в готовому продукті під твердою оболонкою повинно

- знаходиться рідке наповнення. Запропонуйте спосіб вирішення цієї задачі. (Підказка: сахароза розчиняється набагато гірше, ніж суміш глюкози і фруктози).
37. Визначте кількість глюкози й фруктози, яку можна отримати в результаті гідролізу 360 г сахарози, що містить 5% домішок.
38. Охарактеризуйте вуглеводи, їх біологічне значення і харчову цінність. Назвіть продукти з простими (швидкими) і складними (повільними) вуглеводами. Перелічіть вуглеводи, які є джерело глюкози для людини.
39. Для чоловіка 35 років, який працює будівельником, добова потреба у вуглеводах становить 592 г. Яку частку енергії задовольняє така кількість спожитих вуглеводів, якщо добова потреба в енергії – 3700 ккал?
40. Розрахуйте добову потребу у вуглеводах людини масою 120 кг, зайняту важкою працею (комбайнер, вантажник КФА 1,9).
41. Визначте, яку частку енергії задовольняє 472 г спожитих вуглеводів, якщо добова потреба в енергії для чоловіка 40 років, який працює залізничником, – 2950 ккал.
42. З'ясуйте, яку частку енергії задовольняє 304 г спожитих вуглеводів, якщо добова потреба в енергії для жінки 40 років, яка працює контролером, – 1900 ккал.
43. Розрахуйте кількість цукру і води для приготування 100 л цукрового сиропу із концентрацією 65 %, якщо густина сиропу – 1,3163 кг/л, вологість цукру – 0,14 %, втрата води – 10 %.
44. Визначити вміст цукру в кремні, якщо за даними лабораторного аналізу вологість кремні 25 % із вмістом цукру на суху речовину 51,6 %.
45. Обчисліть масу глюкози, необхідну для отримання 276 г спирту, якщо вихід продукту становить 80 % (фруктовий сік у результаті впливу ферментів зазнає бродіння):  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ .
46. Визначте кількість глюкози й фруктози, яку можна отримати в результаті гідролізу 360 г сахарози, що містить 5% домішок.

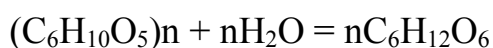


47. Обчисліть необхідну кількість цукру і води для приготування 150 л цукрового сиропу із концентрацією 67 %, якщо густина сиропу – 1,3313 кг/л, вологість цукру – 0,14 %, втрати води під час варіння сиропу – 10 %.

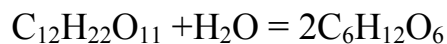
48. Розрахуйте потрібну кількість цукру і води для приготування 180 л цукрового сиропу із концентрацією 64 %, якщо густина сиропу – 1,313 кг/л, вологість цукру – 0,14 %, втрати води – 10 %.

49. Обчисліть необхідну кількість цукру і води для приготування 250 л цукрового сиропу із концентрацією 70 %, якщо густина сиропу – 1,35 кг/л, вологість цукру – 0,14 %, втрати води – 10 %.

50. Визначте теоретичний вихід безводного спирту з 1 т картоплі, якщо густина спирту – 0,79 кг/л, гідроліз і зброджування відбуваються відповідно до таких реакцій:



51. З'ясуйте теоретичний вихід безводного спирту з 1 т мальтози, якщо густина спирту – 0,79 кг/л, гідроліз і зброджування відбувається відповідно до рівнянь



## РОЗДІЛ 6. БІОХІМІЯ ВІТАМІНІВ

52. Розрахуйте, яка кількість чорної смородини необхідно вжити в їжу, щоб задовольнити добову потребу людини у вітаміні С. Відомо, що в ній міститься в середньому 450 мг % цього вітаміну.

53. Розрахуйте, яка кількість кукурудзяного масла необхідно вжити в їжу, щоб задовольнити добову потребу людини у вітаміні Д, якщо відомо, що воно містить в середньому 1,4 мг % цього вітаміну.

54. Чому здоровій людині не рекомендується вживати з профілактичною метою фармакологічні препарати вітамінів?

55. Розрахуйте, яка кількість сиру необхідно вжити в їжу, щоб задовольнити добову потребу людини у вітаміні В<sub>2</sub>, якщо відомо, що в ньому міститься в середньому 0,3 мг % цього вітаміну.
56. Розрахуйте, яка кількість цвітної капусти необхідно вжити в їжу, щоб задовольнити добову потребу людини у вітаміні К, якщо відомо, що в ній міститься в середньому 40 мкг / г даного вітаміну.
57. Визначте вміст вітаміну С в яблуках (%), якщо відомо, що на титрування 25 мл екстракту, взятого з 50 мл витяжки (отримана з 10 г яблука), пішло 5,2 мл 0,001 н розчину 2,6-дихлорфенолиндофенола.
58. В 100 г моркви вітаміну А міститься 5000 мкг. У 100 г помідорів в 20 разів менше, ніж у моркві. Скільки мікрограмів вітаміну А міститься в салаті, приготованому з 50 г моркви і 100 г помідорів?
59. У 100 г хвої сосни міститься 250 мкг вітаміну С. У 100 г шипшини на 100 мкг менше, ніж в хвої. Скільки мікрограмів вітаміну С міститься в фітозборі, що складається з 50 г хвої сосни і 100 г шипшини?
60. У 100 гр білокачанної капусти міститься 76 мкг вітаміну К. У квашеній капусті цього вітаміну зменшується на 40 мкг. Скільки мікрограмів вітаміну К всього міститься в 50 гр білокачанної капусти і 100 гр квашеної капусти?
61. У 100 г мандаринів міститься 200 мкг вітаміну Е. А в 100 г яблук на 20 мкг менше, ніж в мандаринах. Скільки мікрограмів вітаміну Е міститься в смузі, приготованому з додаванням води з 50 г мандаринів і 10 г яблук?
62. Визначити відсоток забезпеченості середньої фізіологічної норми організму чоловіка и жінки водорозчинними вітамінами за рахунок 150 г капусти, 200 г картоплі, 100 г яблук, в яких вітаміни С, В<sub>2</sub> та РР містяться відповідно в таких кількостях, мг: в яблуках – 25; 0,08; 0,2, у картоплі – 30; 0,2; 0,9, у капусті – 27; 0,05; 16,5.
63. Розрахувати, яку кількість картоплі на добу необхідно з'їсти чоловікові восени, взимку та на весні, щоб задовольнити потребу організму в вітаміні С за умови, що цей вітамін надходить до організму людини тільки з картоплею. Вміст вітаміну С у свіжовикопаній картоплі становить 20 мг %, через 3,5 місяці – 50 %

від початкового, в кінці сезону – 7,5 % від початкового. Добова потреба чоловіків у вітаміні С становить 100 мг.

64. Визначити відсоток забезпеченості середньої фізіологічної норми організму чоловіка і жінки. Визначте масу (г) яловичої печінки, яку повинен з'їдати доросла людина в день, щоб заповнити норму вітаміну А, рівну 2,5 мг, з огляду на те, що при термічній обробці втрачається 25 % вітаміну А, а зміст його в печінці масою 100 г складає 10 мг.

65. Доросла людина влітку вживає в їжу приблизно 400 г помідорів, в 100 г яких міститься 2 мг вітаміну А, при його нормі 3,0 мг / день. При цьому каротин, що знаходиться в рослинній їжі всмоктується в кишківнику лише на 35 %. Чи достатньо цієї кількості помідор для підтримки вітамінної норми? Відповідь підтвердити розрахунками.

## РОЗДІЛ 7. БІОХІМІЯ ЛІПІДІВ

66. Йодне число – число грамів йоду, що приєдналася до 100 г жиру. Маргарин – твердий харчовий продукт, одержуваний вичерпним каталітичним гідруванням рідких (ненасичених) рослинних масел. Скільки літрів водню піде на виробництво маргарину з 1 кг олії з йодним числом 50?

67. Зразок соєвого масла містить в складі триацилгліцеринів 15% насичених кислот, 25% олеїнової, 50% лінолевої і 10% ліноленової кислот. Яку консистенцію матиме продукт, якщо при гідруванні 100 г цього масла поглинулося 2 л водню при нормальних умовах? Прийміть усереднену молекулярну масу триацилгліцеринів, рівну 870, а йодне число – 130.

68. Триацилгліцерини оливкової, соняшникової та льняної олії містять практично однакову кількість насичених (8-14 %) і ненасичених (86-92 %) жирних кислот, проте їх йодні числа помітно різняться: 75-94, 110-144 і 174-184 відповідно. У тому ж ряду знижується і температура застигання названих олій. Поясніть ці факти.

69. При гідролізі деякого жиру отримані гліцерин, пальмітинова і олеїнова кислоти. Які триацилгліцерини можуть входити до складу даного жиру?

70. При повному гідролізі деякого триацилгліцерина отримана суміш, що складається з гліцерину, масляної, стеаринової і олеїнової кислот. Визначте будову вихідного триацилгліцерина.
71. Один із сортів маргарину містить тристеарат масовою часткою 60% і триолеат – 40%. Який об'єм водню, виміряний за нормальних умов, буде потрібно для отримання даного сорту маргарину масою 1 т з триолеат?
72. Стеарат калію – важливий компонент рідкого мила. Яка маса гідроксиду калію і тристеарат потрібно для отримання стеарата калію вагою 100 кг, якщо вихід продукту становить 90% через виробничі втрати?
73. Написати формулу ліпиду, в результаті кислотного гідролізу якого утворюються пальмітинова кислота і цериловий спирт ( $C_{26}H_{53}OH$ ). До якого типу ліпідів він відноситься?
74. Для триацилгліцерина, що містить послідовно залишки пальмітинової, лінолевої і ліноленової кислот: 1) скласти формулу і дати назву; 2) написати рівняння реакції лужного гідролізу та розрахувати число омилення ліпиду; 3) написати рівняння реакції гідрогенізації і назвати продукт; 4) написати рівняння реакції йодування і розрахувати йодне число ліпиду.
75. Навішування жиру склала 0,2 г обсягу розчину  $Na_2S_2O_3$ , який пішов на титрування контролю – 20,2  $cm^3$ , досліді – 5,6  $cm^3$ . Розрахувати йодне число.
76. Дати характеристику видів псування жирів (прокисання, згіркнення, осалювання).
77. Наважку розплавленого жиру птаха масою 0,9876 г розчинили у попередньо нейтралізованій спиртово-ефірній суміші і швидко від титрували у присутності фенолфталеїну 0,1000 М ( $k=0,924$ ) розчином калій гідроксиду, витративши 3,50 мл. Розрахувати кислотне число жиру у міліграмах калій гідроксиду і визначте, чи є жир птаха свіжим.
78. Наважку жиру від охолодженої тушки курчати масою 0,5283 г помістили у конічну колбу з притертою кришкою і розплавляли на водяній бані, додали хлороформ, льодяну оцтову кислоту і свіжовиготовлений насичений розчин калій йодиду, перемішали і залишили у темному місці. Через п'ять хвилин вміст

колби від титрували 0,0020 М ( $k=1,0254$ ) розчином натрій триоксотіосульфату у присутності 1% розчину крохмалю. Розрахувати перекисне число жиру у відсотках йоду, якщо на титрування проби було витрачено 4,10 мл  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , а на титрування контрольної проби – 0,04 мл того ж розчину. Зробити висновок про свіжість жиру.

79. Визначити фракції ліпідів соняшникової олії, ідентифіковані методом тонкошарової хроматографії, якщо проявлені плями на хроматографічній пластинці з силікагелю знаходяться на відстані 110 мм і 144 мм від лінії старту, а відстань, пройдена фронтом розчинника гексан:діетиловий етер:оцтова кислота (80:17:3) складає 200 мм. Відповідь обґрунтувати.

80. Визначити фракції ліпідів харчового емульгатору, одержаного на основі соняшникової олії, ідентифіковані методом тонкошарової хроматографії, якщо проявлені плями на хроматографічній пластинці з силікагелю знаходяться на відстані 6,5 мм, 29 мм, 43 мм, 74 мм від лінії старту, а відстань, пройдена фронтом розчинника гексан:діетиловий етер:оцтова кислота (80:17:3) складає 195 мм. Відповідь обґрунтувати.

81. Обґрунтувати груповий склад ліпідів харчового емульгатору, одержаного на основі соняшникової олії, визначений методом тонкошарової хроматографії у системі гексан:діетиловий етер:оцтова кислота (80:17:3), якщо на хроматографічній пластинці з силікагелю було виявлено 7 плям: на старті, відстані 5,5 мм, 29 мм, 47 мм, 75 мм, 109 мм, 143 мм від лінії старту. Відстань, пройдена фронтом розчинника складає 196 мм. Відповідь обґрунтувати.

82. Під час визначення групового складу ліпідів соняшникової олії методом тонкошарової хроматографії у системі гексан:діетиловий етер:оцтова кислота (80:17:3) на хроматографічній пластинці з силікагелю було виявлено 5 плям: на старті, відстані 47 мм, 78 мм, 111 мм, 145 мм від лінії старту. Відстань, пройдена фронтом розчинника складає 200 мм. Обґрунтувати груповий склад ліпідів дослідженого зразка соняшникової олії.

83. Перекисне число досліджуваної олії соняшникової становить 7 ммоль/кг, а кислотне – 5 мг КОН/г. Визначте придатність до використання даного продукту, спираючись на стандарт України.
84. Маргарин складається в основному з рослинних жирів. Чому за нормальних умов (температура 20°C, вологість 80 %, атмосферний тиск – 760 мм рт. ст.) маргарин твердий?
85. Біологічна цінність харчових ліпідів.
86. Середні норми жирів у добовому раціоні.
87. Який жир ви порадите для дієтичного харчування, при якому рекомендують знижену калорійність раціону: маргарин або соняшкову олію. Чому?
88. В їжі відсутні рідкі рослинні жири. Якими будуть наслідки для організму людини?
89. Під час приготування соуса Bearnaise яєчні жовтки вбиваються у розплавлене масло, щоби стабілізувати соус та попередити розділення фаз. Стабілізуючим агентом в яєчному жовтку є лецитин (фосфатидилхолін). Передбачте, чому він так діє.
90. Подруги Світлана й Наталя посперечалися. Світлана, аби набути стрункості й витонченості, вирішила повністю вилучити зі свого раціону жири. Наталя застерігала її від цього. Яка ваша позиція з цього питання? Уявіть себе на місці кожної з дівчат і наведіть по три найвагомші, як на вашу думку, аргументи, аби переконати подругу.

## ДОДАТОК А

### ПРИГОТУВАННЯ РЕАКТИВІВ ТА РОЗЧИНІВ

**Амонію молібдату розчин у нітратній кислоті** – 7,5 г амонію молібдату розчиняють у 100 мл води і додають 100 мл 32 % нітратної кислоти.

**Реактив Бенедикта** – 17,3 г натрію цитрату ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 11 \text{H}_2\text{O}$ ) і 10 г безводного (або 20 г кристалічного) натрію карбонату розчиняють при нагріванні в 50 мл води (не доводячи до кипіння), додають 10 мл 17,3% розчину купруму сульфату, перемішують, кількісно переносять у мірну колбу на 100 мл і доводять об'єм водою до мітки.

**Біуретовий реактив.** 4,5 г сегнетової солі ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ) розчиняють у 40 мл 0,2 н розчину натрій гідроксиду. Після розчинення додають 1,5 г кристалогідрату купрум (II) сульфату ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), 0,5 г калій йодиду (KI) та доводять до 100 мл 0,2 н розчином натрій гідроксиду. Зберігають у темному місці (або в посуді з темного скла). Реактив придатний для використання впродовж одного місяця.

**Молібденовий реактив.** 7,5 г молібдату амонію розчинити в 100 мл води та додати 100 мл концентрованої нітратної кислоти.

**0,1н розчин гіпосульфїту натрію  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$**  – 0,14 г  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  розвести до 20 мл  $\text{H}_2\text{O}$ .

**0,2н спиртового розчину КОН:** зважити 1,12 г луку і розчинити в мінімальність кількості води (1–1,5 мл); після розчинення довести об'єм 96 % етанолом до 100 мл.

**Реактив Селіванова** до 20 мл дистильованої води добавляють 50 мл концентрованої хлоридної кислоти, 0,05 г резорцину і суміш перемішують.

**Ваніліновий реагент.** Розчинити 0,2 г ваніліну в суміші 25 мл концентрованої хлоридної кислоти, 75 мл 85% фосфатної кислоти, зберігати в закритій темній склянці.

**Реактив Гайнеса.** 13,3 г кристалічного купруму сульфату розчинити в 400 мл води; 15 г гліцерину розвести в 200 мл води, 50 г NaOH розчинити в 400 мл води, змішати перший і третій розчини і долити другий.

**Реактив Фелінга** складається з двох розчинів. Для виготовлення першого розчину 200 г сегнетової солі (тарترات  $K^+-Na^+$ ) та 150 г гідроксиду натрію розчиняють у дистильованій воді до об'єму 1 л. Для виготовлення другого розчину 40 г перекристалізованого сульфїду міді розчиняють у дистильованій воді до об'єму 1 л. Рівні об'єми першого та другого розчинів змішують перед роботою.

**Реактив Фелінга** – змішують рівні об'єми лужного розчину сегнетової солі (34,6 г  $C_4H_4O_6KNa \times 4H_2O$  і 14,0 г NaOH в 100 мл води) та розчину мідного купоросу (6,928 г  $CuSO_4 \times 5 H_2O$  в 100 мл води).

**Реактив Фелінга** (розчин  $CuSO_4$  і калію, натрію-тартрату в 10% розчині NaOH)

**Реактив Барфедда.** 3,3 г ацетату міді розчинити в 200 мл гарячої води температурою 70 °С. Суміш фільтрують і до фільтрату добавляють 1,9 мл льодяної оцтової кислоти.

**Дифеніламіновий реактив** – 1 г дифеніламіну розчиняють у 100 мл льодяної оцтової кислоти. До розчину додають 2,75 мл концентрованої сульфатної кислоти.

**0,001н 2,6-дихлорфеноліндофенол.** 60 мг сухої фарби 2,6-дихлорфеноліндофенолу розчиняють в мірній колбі на 200 мл, додаючи 100-150 мл теплої дистильованої води і 4-5 крапель 0,01н розчину NaOH. Після сильного збовтування протягом 10 хв доливають колбу водою до мітки і, перемішавши фільтрують через щільний фільтр в суху колбу.



# ДОДАТОК Б

## ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ Д.І. МЕНДЕЛЄЄВА

ПЕРІОДИ	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII				
	a	ba	ba	ba	ba	ba	ba	ba	ba	ba	ba	ba	ba	ba	ba	b			
1	<b>H</b> 1 1.00794 ВІДРОГЕН															<b>He</b> 2 4.0026 ГЕЛІЙ			
2	<b>Li</b> 3 6.941 ЛІТІЙ	<b>Be</b> 4 9.0122 БЕРИЛІЙ	<b>B</b> 5 10.81 БОР	<b>C</b> 6 12.0108 КАРБОН	<b>N</b> 7 14.0067 НІТРОГЕН	<b>O</b> 8 15.9994 ОКСИГЕН	<b>F</b> 9 18.998 ФЛУОР	<b>Ne</b> 10 20.179 НЕОН									<b>Ar</b> 18 39.948 АРГОН		
3	<b>Na</b> 11 22.989 НАТРІЙ	<b>Mg</b> 12 24.305 МАГНІЙ	<b>Al</b> 13 26.982 АЛЮМІНІЙ	<b>Si</b> 14 28.086 СИЛІЦІЙ	<b>P</b> 15 30.974 ФОСФОР	<b>S</b> 16 32.06 СУЛЬФУР	<b>Cl</b> 17 35.453 ХЛОР	<b>Ar</b> 18 39.948 АРГОН	<b>K</b> 19 39.102 КАЛІЙ	<b>Ca</b> 20 40.078 КАЛЬЦІЙ	<b>Sc</b> 21 44.956 СКАНДІЙ	<b>Ti</b> 22 47.867 ТИТАН	<b>V</b> 23 50.941 ВАНАДІЙ	<b>Cr</b> 24 51.996 ХРОМ	<b>Mn</b> 25 54.938 МАНГАН	<b>Fe</b> 26 55.847 ФЕРУМ	<b>Ni</b> 28 58.693 НІКОЛ		
4	<b>Rb</b> 37 85.468 РУБІДІЙ	<b>Sr</b> 38 87.62 СТРОНЦІЙ	<b>Zn</b> 30 65.38 ЦИНК	<b>Ga</b> 31 69.72 ГАЛІЙ	<b>Ge</b> 32 72.59 ГЕРМАНІЙ	<b>As</b> 33 74.922 АРСЕН	<b>Se</b> 34 78.96 СЕЛЕН	<b>Br</b> 35 79.904 БРОМ	<b>Kr</b> 36 83.80 КРИПТОН	<b>Rb</b> 37 85.468 РУБІДІЙ	<b>Sr</b> 38 87.62 СТРОНЦІЙ	<b>Y</b> 39 88.906 ІТРИЙ	<b>Zr</b> 40 91.224 ЦИРКОНІЙ	<b>Nb</b> 41 92.906 НОБІЙ	<b>Mo</b> 42 95.94 МОЛІБДЕН	<b>Tc</b> 43 98 ТЕХНЕЦІЙ	<b>Ru</b> 44 101.07 РУТЕНІЙ	<b>Rh</b> 45 102.906 РОДІЙ	<b>Pd</b> 46 106.42 ПАЛАДІЙ
5	<b>Ag</b> 47 107.868 АРГЕНТУМ	<b>Cd</b> 48 112.41 КАДМІЙ	<b>In</b> 49 114.82 ІНДІЙ	<b>Sn</b> 50 118.69 СТАНУМ	<b>Sb</b> 51 121.75 СТУБІЙ	<b>Te</b> 52 127.60 ТЕЛУР	<b>I</b> 53 126.9045 ІОД	<b>Xe</b> 54 131.29 КСЕНОН	<b>Cs</b> 55 132.905 ЦЕЗІЙ	<b>Ba</b> 56 137.327 БАРИЙ	<b>La*</b> 57-71 ЛАНТАНОЇДИ	<b>Hf</b> 72 178.49 ГАФНІЙ	<b>Ta</b> 73 180.948 ТАНТАЛ	<b>W</b> 74 183.84 ВОЛЬФРАМ	<b>Re</b> 75 186.207 РЕНІЙ	<b>Os</b> 76 190.20 ОСМІЙ	<b>Ir</b> 77 192.22 ІРІДІЙ	<b>Pt</b> 78 195.078 ПЛАТИНА	
6	<b>Au</b> 79 196.967 АУРУМ	<b>Hg</b> 80 200.59 МЕРКУРІЙ	<b>Tl</b> 81 204.37 ТАЛІЙ	<b>Pb</b> 82 207.2 ПЛОМБУМ	<b>Bi</b> 83 208.980 БІСМУТ	<b>Po</b> 84 209 ПОЛОНІЙ	<b>At</b> 85 [210] АСТАТ	<b>Rn</b> 86 [222] РАДОН	<b>Fr</b> 87 [223] ФРАНЦІЙ	<b>Ra</b> 88 [226] РАДІЙ	<b>Ac**</b> 89-103 АКТИНОЇДИ	<b>Rf</b> 104 [261] РЕЗЕРФОРМІЙ	<b>Db</b> 105 [262] ДУБНІЙ	<b>Sg</b> 106 [263] СІВБОРГІЙ	<b>Bh</b> 107 [272] БОРЖІЙ	<b>Hs</b> 108 [278] ХАРЗМІЙ	<b>Mt</b> 109 [278] МАЙТНЕРІЙ	<b>Uun</b> 110 [282] УНУНІЙ	
7	<b>Rg</b> 111 [272] РЕНТГЕНІЙ																		
ВИЩІ ОКСИДИ	<b>RO</b>	<b>RO</b>	<b>RO<sub>2</sub></b>	<b>RO<sub>2</sub></b>	<b>RO<sub>2</sub></b>	<b>RO<sub>2</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>4</sub></b>
ЛЕТКІ ВОДНЕВІ СПОЛУКИ			<b>RH<sub>4</sub></b>	<b>RH<sub>4</sub></b>	<b>RH<sub>4</sub></b>	<b>RH<sub>3</sub></b>	<b>RH<sub>3</sub></b>	<b>H<sub>2</sub>R</b>	<b>H<sub>2</sub>R</b>	<b>H<sub>2</sub>R</b>	<b>HR</b>	<b>HR</b>	<b>HR</b>	<b>HR</b>	<b>HR</b>	<b>HR</b>	<b>HR</b>	<b>HR</b>	<b>HR</b>

**Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb H<sub>2</sub>Sb Bi Cu Hg Ag Pd Pt Au**  
 ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ РЯД НАПРУГ МЕТАЛІВ  
 ПОСИПЕННЯ ВІДНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ, АКТИВНОСТІ

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Альохіна Т.М. Лабораторний практикум з біохімії: Білки та ферменти. Кривий Ріг: Криворізький державний педагогічний університет, 2022. 77 с.
2. Біохімія. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Харчова хімія. Розділ: Основи біохімії» для студентів спеціальності 181 Харчові технології / уклад. О.М. Савченко, О.І. Сиза. Чернігів: НУЧК імені Т.Г. Шевченка, 2023. 125 с.
3. Біохімія. Практикум / Л.І. Остапченко, І.В.Компанець, О.В. Скопенко та ін. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2018. 296 с.
4. Буря О.І. Органічна хімія. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 174 с.
5. Горяйнова Ю.А. Харчова хімія та біохімія. 1 частина: навч. пос. / Ю.А.Горяйнова. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2020. 101 с.
6. Горяйнова Ю.А. Харчова хімія та біохімія. 2 частина: навч. пос. / Ю.А.Горяйнова. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2023. 134 с.
7. Горяйнова Ю.А. Харчова хімія та біохімія: метод. рек. до вивч. дисц. / Ю.А.Горяйнова; Донец. Нац. Ун-т економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського, каф. техн. в рест. госп. та гот. і рест. справи. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2019. 41 с.
8. Загальна хімія: підручник / Панасенко О. І. [та ін.]. Запоріжжя, 2015. 422 с.
9. Лабораторний практикум із дисципліни «Харчова хімія» / Укл. О.О. Чернушенко, О.В. Саєвич. Дніпро: РВВ ДНУ, 2019. 59 с.
10. Лашко Н.П., Ткачук О.В. Хімія харчових продуктів: навчально-методичний посібник до Великого практикуму для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напряму підготовки «Хімія». Частина 1. Запоріжжя: ЗНК, 2014. 83 с.
11. Мороз І.А., Гулай О.І., Шемет В.Я. Харчова хімія: навч. пос. Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2022. 236 с.

12. Нельсон, Дейвід Лі, Основи біохімії за Ленінджером / Дейвід Л. Нельсон, Майкл М. Кокс ; [пер. з англ. О. Матишевська та ін. ; наук. ред. пер. С. Комісаренко та ін. ; ред. М. Мартиняк]. – Львів : БаК, 2015. 1256 с.
13. Петрушина Г.О. Загальна та неорганічна хімія. Курс лекцій. Дніпро: ВТК «Друкар», 2022. 260 с.
14. Прилуцька С.В., Гринюк І.І., Ткаченко Т.А. Біохімія. Навчальний посібник. Київ: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України. 2022. 192 с.
15. Прилуцька С.В., Демчук Т.Л., Бойко О.А., Коломієць Ю.В. Навчально-методичні рекомендації з «Біохімії». Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2012. 44 с.
16. Харчова хімія : навчальний посібник / Л. В. Дуленко, Ю. А. Горяйнова, А.В. Полякова, В. Д. Малигіна, І. В. Дітріх, Д. О. Борзенко. К.: Кондор, 2012. 248 с.
17. Nelson D.L., Cox M.M. Lehninger Principles of Biochemistry. Publisher: W.H. Freeman (15th Edition), 2022, ISBN-10: 0-7167-7108-X. ISBN-13: 978-0-7167-7108-1. 1100 p.

Навчальне видання

**О. Б. КУЧМЕНКО, Ю. М. ПАЛИВОДА**

**БІОХІМІЯ  
З ОСНОВАМИ ХАРЧОВОЇ ХІМІЇ**

Частина 1

*Навчально-методичний посібник  
для виконання лабораторних  
робіт та самостійної роботи студентів*

Технічний редактор – І. П. Борис  
Верстка, макетування – О. В. Борщ

*Книга друкується в авторському редагуванні.*

---

Підписано до друку 16.01.25 р.	Формат 60x84/16	Папір офсетний
Гарнітура Times	Обл.-вид. арк. 3,71	Електронне вид-ня
Замовлення № 02	Ум. друк. арк. 6,68	

---



Ніжинський державний університет  
імені Миколи Гоголя.  
м. Ніжин, вул. Воздвиженська, 3<sup>А</sup>  
(04631) 7–19–72  
E-mail: [vidavn\\_ndu@ukr.net](mailto:vidavn_ndu@ukr.net)  
[www.ndu.edu.ua](http://www.ndu.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 2137 від 29.03.05 р.