

Житомирський державний університет імені Івана Франка  
Факультет природничий  
Кафедра хімії

**ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ**

**вибіркової освітньої компоненти**

**БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ З ОСНОВАМИ БІОХІМІЇ**

**для підготовки здобувачів  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>102 Хімія</i>
Предметна спеціальність	-
Спеціалізація	-
Освітня програма	<i>Хімія з основами викладання</i>
Факультет / ННІ	<i>Природничий</i>

Укладачі: кандидат хімічних наук, доцент **Листван Віталій**

кандидат хімічних наук **Янович Ірина**

асистент кафедри хімії **Матвієнко Олена**

Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри хімії

Протокол від «28» листопада 2022 р. № 08

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ **Олена АНІЧКІНА**

**Житомир 2022**

*Рекомендовано до друку вченою радою  
Житомирського державного університету імені Івана Франка  
(протокол №22 від 27 грудня 2022 р.)*

**Рецензенти:**

**Ірина Шелюк** – кандидат хімічних наук, голова циклової комісії хімічних дисциплін Житомирського базового фармацевтичного коледжу Житомирської обласної ради.

**Віктор Дорохов** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри ґрунтознавства та землеробства Поліського національного університету;

**Наталія Кусяк** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету ім.Івана Франка.

**Листван Віталій, Янович Ірина, Матвієнко Олена**

**Л63** Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять вибіркової освітньої компоненти «Біоорганічна хімія з основами біохімії» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти / В.В.Листван, І.В.Янович, О.В.Матвієнко – Житомир: Вид-во ЖДУ ім.І. Франка, 2022. – 39 с.

У інструктивно-методичних матеріалах наведено перелік запитань і завдань для підготовки до лабораторних робіт, пов'язаних з біоорганічною хімією та біохімією, задачі для самостійної роботи та інструкції до виконання дослідів відповідно до програми. Підготовленні форми для запису даних результатів виконання дослідів та вправ.

ЗМІСТ

<b>Вступ</b>	4
<b>Правила роботи в лабораторії та надання першої медичної допомоги.</b>	<b>4</b>
<b>Критерії оцінювання</b>	<b>5</b>
Лабораторне заняття № 1. <b>АМІНОКИСЛОТИ І БІЛКИ. ЯКІСНІ РЕАКЦІЇ НА АМІНОКИСЛОТИ.</b>	6
Лабораторне заняття № 2. <b>АМІНОКИСЛОТИ І БІЛКИ. ВИЗНАЧЕННЯ ОКРЕМИХ АМІНОКИСЛОТ ХРОМАТОГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ.</b>	8
Лабораторне заняття № 3. <b>АМІНОКИСЛОТИ І БІЛКИ. ВЛАСТИВОСТІ БІЛКІВ.</b>	10
Лабораторне заняття № 4. <b>АМІНОКИСЛОТИ І БІЛКИ. КОЛЬОРОВІ РЕАКЦІЇ НА БІЛКИ.</b>	13
Лабораторне заняття № 5. <b>АМІНОКИСЛОТИ І БІЛКИ. КІЛЬКІСНИЙ ВМІСТ БІЛКІВ У БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТАХ.</b>	15
Лабораторне заняття № 6. <b>БІОЛОГІЧНА РОЛЬ БІЛКІВ. ГОРМОНИ ТА ФЕРМЕНТИ.</b>	16
Лабораторне заняття № 7. <b>БІОЛОГІЧНА РОЛЬ БІЛКІВ. ФЕРМЕНТИ</b>	18
Лабораторне заняття № 8. <b>НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ. НУКЛЕОПРОТЕЇДИ</b>	21
Лабораторне заняття № 9. <b>НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ. КІЛЬКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ РНК.</b>	23
Лабораторне заняття № 10. <b>ВУГЛЕВОДИ. ЯКІСНІ РЕАКЦІЇ НА МОНОСАХАРИДИ</b>	24
Лабораторне заняття № 11. <b>ВУГЛЕВОДИ. ЯКІСНІ РЕАКЦІЇ НА ДИ- ТА ПОЛІСАХАРИДИ циклами.</b>	27
Лабораторне заняття № 12. <b>ВУГЛЕВОДИ. КІЛЬКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МОНОСАХАРИДІВ.</b>	29
Лабораторне заняття № 13. <b>ЛІПІДИ</b>	31
Лабораторне заняття № 14. <b>БІОЛОГІЧНІ МЕМБРАНИ</b>	33
Лабораторне заняття № 15. <b>НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНІ БІОРЕГУЛЯТОРИ. ВОДОРОЗЧИННІ ВІТАМІН</b>	34
Лабораторне заняття № 16. <b>НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНІ БІОРЕГУЛЯТОРИ. ЖИРОРОЗЧИННІ ВІТАМІНИ</b>	36
Лабораторне заняття № 17. <b>НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНІ БІОРЕГУЛЯТОРИ. ГОРМОНИ</b>	37
<b>Рекомендована література</b>	<b>38</b>

## ВСТУП

Навчальний курс з дисципліни «Біоорганічна хімія з основами біохімії» передбачає ознайомлення студентів з основними класами природних високо- та низькомолекулярних сполук, що відіграють ключову роль в будові і функціонуванні живих організмів. Метою вивчення дисципліни є здобуття студентами знань про будову та хімічні властивості як основу для розуміння метаболічних перетворень та взаємозв'язку з біологічними функціями, найважливіших класів природних сполук – вуглеводів, ліпідів, нуклеїнових кислот, пептидів, а також деяких низькомолекулярних природних біорегуляторів.

Інструктивно-методичні матеріали містять методики виконання лабораторних робіт і передбачені місця для запису студентами спостережень при виконанні дослідів і рівнянь проведених реакцій. Окрім того, тут наведено тексти задач для домашнього розв'язування, питання для самоперевірки з усіх тем, що вивчаються протягом семестру, а також перелік рекомендованої літератури.

### ПРАВИЛА РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ ТА НАДАННЯ ПЕРШОЇ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ

1. Приступати до виконання завдання тільки після ознайомлення з його детальним описом.
2. Уважно прочитати написи на етикетках, перш ніж узяти потрібний реактив.
3. Не дозволяється визначати хімічні речовини на смак.
4. Усі реакції, що супроводжуються виділенням диму або газів (випарювання, кип'ятіння), концентрованими розчинами кислот і лугів виконувати тільки у витяжній шафі.
5. Визначаючи запах легкої речовини або газу, що виділяється, спрямовувати випари чи газ до носа легким рухом долоні.
6. Під час перемішування розчинів у пробірках або колбах не закривати їх пальцем, а лише корками.
7. Під час розведення концентрованих кислот водою обережно наливати *кислоту у воду, а не навпаки*.
8. Концентровані кислоти, а також концентрований розчин амоніаку потрібно розливати у витяжній шафі.
9. Економно використовувати газ, електричну енергію, дистильовану воду.
11. Працювати в лабораторії обов'язково в присутності іншої особи для надання працюючому допомоги в разі нещасного випадку, пожежі тощо.
12. Не дозволяється висипати чи виливати невикористані реактиви в реактивну склянку з метою дотримання чистоти реактивів.
13. Сухі речовини зі склянки потрібно брати спеціально призначеним для цього шпателем.
14. Не залишати на тривалий час реактиви відкритими. Корки від склянок класти верхнім кінцем донизу.
15. Особливу увагу в аналітичних дослідженнях слід приділяти чистоті посуду.
16. Потрібно чітко дотримуватись умов виконання аналітичної реакції, звертати увагу на кількість і концентрацію реактивів, зазначених у методиці.
17. Після закінчення роботи впорядкувати своє робоче місце і старанно вимити руки з милом.

#### *Правила надання першої медичної допомоги*

1. У випадку опіку (полум'ям пальника або нагрітих предметів) обпалене місце змочити концентрованим розчином калій перманганату, ще краще протерти це місце кристаликами калій перманганату так, щоб шкіра побуріла, або ж прикласти ватку, змочену рідиною від опіків (з аптечки). При сильних опіках негайно звертатися до лікаря.
2. При отруєнні гідроген сульфідом, хлором, парами бром, нітроген оксидами, карбон (II) оксидом негайно вивести постраждалого на свіже повітря і терміново викликати лікаря.

3. Якщо на обличчя або руки потраплять бризки кислоти, треба негайно змити їх водою, після чого промити уражене місце розведеним розчином соди. Луги змивають водою до тих пір, поки постраждала ділянка шкіри не перестане бути слизькою. Потім промити її 2%-ним розчином оцтової кислоти.

4. При попаданні шкідливих речовин в очі слід негайно промити їх великою кількістю води, після чого звернутися до лікаря.

### КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Оцінювання здобувачів вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про критерії та порядок оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти Житомирського державного університету імені Івана Франка згідно з Європейською кредитною трансфернонакопичувальною системою» [https://zu.edu.ua/offic/ocinjuvannya\\_zvo.pdf](https://zu.edu.ua/offic/ocinjuvannya_zvo.pdf).

Оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти за всіма видами навчальних робіт проводиться за поточним, модульним та підсумковим контролем. Кожен здобувач вищої освіти має виконати обов'язкові завдання, передбачені інструктивно-методичними матеріалами до лабораторних занять, методичними рекомендаціями до організації самостійної та індивідуальної роботи здобувачів вищої освіти, силабусом, навчальною та робочою програмою освітньої компоненти.

Здобувач вищої освіти повинен виконати завдання, передбачені інструктивно-методичними матеріалами до лабораторних занять:

#### Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів на лабораторному занятті освітньої компоненти "Хімія ароматичних та гетероциклічних сполук"

№ лабораторного заняття:	Вид роботи:					Сумарна кількість балів
	ТП/З	ЕД	ТЗ/ХД	П	УО	
1	40		30	20	10	100
2	30	30	10	20	10	100
3	30	30	10	20	10	100
4	30	30	10	20	10	100
5	30	30	10	20	10	100
6	40		20	20	10	100
7	30	30	10	20	10	100
8	30	30	10	20	10	100
9	30	30	10	20	10	100
10	30	30	10	20	10	100
11	30	30	10	20	10	100
12	30	30	10	20	10	100
13	40		20	20	10	100

ТП/З – відповідь на План заняття/розв'язування задач;

ЕД – виконання експериментальних дослідів;

ТЗ/ХД – виконання тестових завдань/хімічний диктант;

П – презентація;

УО – участь в обговоренні.

**ТЕМА: АМІНОКИСЛОТИ І БІЛКИ. ЯКІСНІ РЕАКЦІЇ НА АМІНОКИСЛОТИ.**ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Біогенні амінокислоти: класифікація, властивості.
2. Первинна структура білків і пептидів.
3. Визначення амінокислотного складу.
4. Аналіз N- і C-амінокислотних залишків.
5. Фрагментація поліпептидного ланцюга.

Дослід 1. Нінгідринова реакція

В результаті взаємодії  $\alpha$ -амінокислоти з нінгідрином утворюється забарвлена комплексна сполука. Під час нагрівання (до 70°C)  $\alpha$ -амінокислоти окислюються нінгідрином та піддаються окисному дезамінуванню з утворенням аміаку та декарбоксілюванню з утворенням альдегіду і CO<sub>2</sub>, а нінгідрин відновлюється (**напишіть рівняння реакцій**):

Відновлений нінгідрин, що конденсується з аміаком і окисленим нінгідрином, утворює сполуку, яка, енолізуючись, переходить у забарвлену форму синьо-фіолетового кольору:

При взаємодії з деякими розчинниками, на яких готують розчин нінгідрину, радикал амінокислоти може зумовлювати різне забарвлення (червоне, жовте, блакитне).

Реакція з нінгідрином є специфічною для амінокислот, що містять  $\alpha$ -аміногрупу. У реакції гліцину з нінгідрином утворюється комплексна сполука синьо-фіолетового забарвлення.

*Матеріали та реактиви.*

1% розчин гліцину,

0,1% розчин нінгідрину в 95% розчині ацетону.

*Обладнання.*

Скляні палички, штатив з пробірками, крапельниці, водяна баня, термометр, годинник.

*Хід роботи.*

У пробірку вносять 5 крапель розчину гліцину та 2 краплі розчину нінгідрину. Вміст пробірки старанно перемішують на водяній бані при 70 °C протягом 5 хв.

**Що спостерігається?**Дослід 2. Реакція з нітритною кислотою

Продуктом взаємодії  $\alpha$ -амінокислоти з нітритною кислотою, яка утворюється в реакції нітриту натрію з оцтовою кислотою, є газоподібний нітроген. (**напишіть рівняння реакції**):

*Матеріали та реактиви.*

1% розчин гліцину,

5% розчин натрій нітриту,

концентрована оцтова кислота.

*Обладнання.*

Пробірки крапельниці, штатив з пробірками.

*Хід роботи.*

В пробірку вносять 5 крапель розчину гліцину, 5 крапель нітриту натрію, 2 краплі концентрованої оцтової кислоти й обережно збовтують.

**Що спостерігається?**

### Дослід 3. Утворення комплексної солі купруму

Під час нагрівання амінокислоти з купрум (II) карбонатом утворюється комплексна сполука купруму, яка має синє забарвлення. Напишіть рівняння реакції:

*Матеріали та реактиви.*

1% розчин гліцину,

сухий купрум карбонат.

*Обладнання.*

Штатив з пробірками, тримач пробірок, лопатка, пальник.

*Хід роботи.*

В пробірку вносять 1 мл розчину гліцину, а на кінчику лопатки – сухий купрум(II) карбонат. Суміш нагрівають у полум'ї пальника до кипіння.

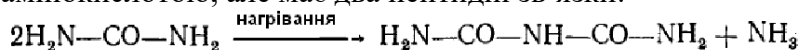
**Що спостерігається?**

### Дослід 4. Біуретова реакція на пептидні зв'язки

Сполуки амінокислот, які містять не менше двох пептидних зв'язків (–CO–NH–), у лужному середовищі за наявності купрум (II) сульфату утворюють комплекси з атомами купруму, що забарвлені в фіолетовий колір.

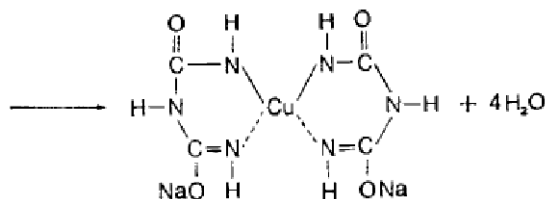
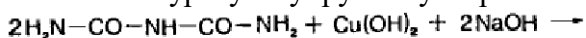
Вперше реакція утворення таких комплексних сполук купруму була проведена з біуретом, що і зумовило назву «біуретова».

Біурет, який можна отримати під час нагрівання сечовини до температури 180 °С, не є амінокислотою, але має два пептидні зв'язки:



Купрум (II) гідроксид для проведення біуретової реакції одержують, як правило, в результаті реакції взаємодії купрум (II)сульфату з гідроксидом натрію:  $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Cu(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$

Комплекс біурету з купрумом утворюється за схемою:



*Матеріали та реактиви.*

Суша сечовина,

10% розчин натрій гідроксиду,

10% купрум сульфат.

*Обладнання.*

Скляні палички, штатив із пробірками, піпетки, крапельниця, лопатка, пальник.

*Хід роботи.*

У пробірку вносять сечовину на кінчику лопатки, обережно нагрівають на пальнику до розплавлення. Охолоджують, після чого вносять 0,5 мл гідроксиду натрію, 2-3 краплі розчину купрум сульфату та перемішують.

**Що спостерігається?**

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.
2. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.
3. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.
4. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.
5. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**Лабораторна робота №2**

**4 год.**

### **ТЕМА: АМІНОКИСЛОТИ І БІЛКИ. ВИЗНАЧЕННЯ ОКРЕМИХ АМІНОКИСЛОТ ХРОМАТОГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ.**

#### ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Методи розділення пептидів.
2. Визначення амінокислотної послідовності.
3. Стратегія і тактика дослідження первинної структури білків.

#### Дослід 1. Розділення суміші амінокислот методом хроматографії на папері

Метод хроматографії на папері заснований на різниці в коефіцієнті рухливості (Rf) амінокислот чи інших речовин між органічною та водною фазами.

$$R_f = A/B$$

де: А - відстань, пройдена амінокислотою,

В - відстань, пройдена фронтом розчинника.

Коефіцієнт рухливості є характерною величиною для кожної амінокислоти і постійний за даних умов досліду.

Хроматографічне визначення амінокислот на папері проводять в чашці Петрі за допомогою паперового диску, де розчинник переміщується по радіусу. Досліджувані амінокислоти наносять в центр паперового диску, розчинник захоплює амінокислоти, які розподіляються концентричними колами. Після висушування над електроплиткою та проявлення нінгідрином, на хроматограмі з'являються плями різного кольору. Кожна пляма відповідає окремій амінокислоті. Співставляючи положення плям досліджуваного розчину з положенням плям відомих амінокислот - "свідків", визначають наявність тих або інших амінокислот у досліджуваній суміші.

*Матеріали та реактиви.*



розчинник – бутанол, ацетатна кислота і вода (8:3:1),  
нінгідринний реактив (95 мл 0,5% розчину нінгідрину в 95% ацетоні),  
суміш амінокислот та їх стандартні розчини (0,1% розчини гліцину та гістидину, виготовлені  
на 10% ізопропіловому спирті, підкисленому хлоридною кислотою, 1 мл льодяної оцтової  
кислоти та 4 мл дистильованої води).

*Обладнання.*

Чашка Петрі, паперовий диск, піпетки, електроплитка, олівець, лінійка.

*Хід роботи.*

На паперовому диску на відстані 2 см від центру проводять простим олівцем коло - лінію  
старту та відмічають на ній 3 крапки А, Б, В на рівній відстані одна від одної. В центрі диску  
роблять невеликий отвір. На крапку А наносять скляним капіляром 0,5 % розчин  
досліджуваних амінокислот, а на крапку Б та В наносять 0,5 % розчин відповідних  
амінокислот – ”свідків”: гліцину та гістидину. Після чого паперовий диск висушують над  
електроплиткою. В отвір диску вставляють трубочку довжиною 1,5см зроблену з  
хроматографічного паперу. Накладають паперовий диск на край чашки Петрі, в яку  
попередньо наливають розчинник, що складається з бутанолу, ацетатної кислоти і води у  
співвідношенні 8:3:1. Паперова трубочка при цьому повинна бути занурена в розчинник.  
Чашку Петрі накривають кришкою і залишають при кімнатній температурі на 30-50 хвилин.  
Після цього відмічають олівцем відстань, на яку просунувся фронт розчинника. Диск  
висушують над електроплиткою. На хроматограму наносять 0,25% розчин нінгідрину в  
ацетоні в горизонтальному положенні за допомогою пульверизатора і знову висушують над  
електроплиткою. Проявляються забарвлені плями, які відповідають нанесеним на  
хроматограму амінокислотам.

*Обробка результатів*

Ідентифікують невідомі амінокислоти, щобили нанесені в точку А по забарвлених плямах  
амінокислот - ”свідків” або вираховуючи для кожної амінокислоти коефіцієнт рухливості  
(Rf). Дані заносять до таблиці 1.

Таблиця 1.

Показники хроматографічного розділення амінокислот для визначення амінокислотного  
складу суміші

Нанесений зразок	R <sub>f</sub>	Амінокислоти у зразку
1-й стандарт		
2-й стандарт		
Суміш амінокислот		1. 2. 3.

#### ЛІТЕРАТУРА

6. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.
7. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.
8. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.
9. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.
10. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**ТЕМА: АМІНОКИСЛОТИ І БІЛКИ. ВЛАСТИВОСТІ БІЛКІВ.**ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Просторова структура білків і пептидів.
2. Стереохімія амінокислот.
3. Будова пептидного зв'язку.
4. Будова  $\beta$ -складчастого «листа» та  $\beta$ -складчастого згину,  $\beta$ -шпилька.
5. Будова та параметри  $\alpha$ -спіралі.
6. Надвторинна структура.
7. Третинна структура білків. Денатурація і ренатурація.
8. Четвертинна структура білків.

Дослід 1. Реакції осадження білків

Внаслідок кип'ятіння більшості білків порушуються зв'язки, притаманні нативній структурі білкової молекули. Найкращий спосіб осадження білків – кип'ятіння у середовищах, зі значенням рН, рівним ізоелектричній точці білків.

Ізоелектрична точка білка – це таке значення рН розчину, при якому сумарний заряд білкової молекули дорівнює нулю. Білок в ізоелектричному стані є нестабільним і легко осаджується.

Білки можуть осаджуватися внаслідок висолювання, що має місце за умов високої концентрації середніх солей (сульфат амонію, хлорид натрію) у розчині.

Мінеральні та деякі органічні кислоти, органічні розчинники осаджують білки внаслідок денатурації та дегідратації білкових молекул, а також в результаті утворення комплексних солей кислот з білками.

Солі важких металів (купрум, ртуті, цинку, плюмбуму) осаджують білки в результаті утворення комплексних сполук з сульфгідрильними групами білків. Осад білка в надлишку деяких солей важких металів (ацетат плюмбуму, сульфат купруму) може розчинятися.

*Матеріали та реактиви.*

- 1% розчин яєчного білка
- насичений розчин натрій хлориду
- 10% розчин натрій гідроксиду
- Концентрована нітратна кислота
- 0,1 М розчин оцтової кислоти
- 0,1% розчин купрум сульфату
- 1% розчин купрум ацетату
- 95% розчин ацетону

*Обладнання*

Складчасті паперові фільтри, скляні палички, пробірки зі штативом, крапельниці, піпетки градуйовані, пробірки центрифужні, пальник, водяна баня.

*Хід роботи*

**А. Осадження білків нагріванням.** Щоб порівняти залежність осадження білків від концентрації водневих іонів у 5 пробірок додають по 3 мл розчину яєчного білка.

Нейтральний розчин білка в першій пробірці нагрівають до кипіння.

*Очікуваний результат.*

Вміст у першій пробірці мутнішає, спостерігається опалесценція, що зумовлена руйнуванням гідратної оболонки навколо молекули білка та збільшенням білкових часток. Але міцели білка заряджені й тому залишаються у розчині, не випадаючи в осад.

Розчин у другій пробірці нагрівають до кипіння, вливають 1 мл розчину оцтової кислоти до появи слабкокислої реакції.

*Очікуваний результат.*

Внаслідок відстоювання білок випадає в осад. За цих умов частки білка втрачають заряд, тому що рН середовища близька до ізоелектричного стану.

В третю пробірку вносять 1 мл розчину оцтової кислоти для створення кислої реакції середовища. Кип'ятять.

*Очікуваний результат.*

Під час кип'ятіння розчину осад не утворюється, оскільки молекули білка набувають позитивного заряду, що підвищує їх стійкість.

У четверту пробірку додають 1 мл розчину оцтової кислоти, 2 мл насиченого розчину натрій хлориду та нагрівають.

*Очікуваний результат.*

Випадає білий осад. Його утворення викликане тим, що білок внаслідок взаємодії з іонами хлориду натрію втрачає свій заряд.

У п'яту пробірку вносять 2 мл розчину гідроксиду натрію для створення лужного середовища. Кип'ятять.

*Очікуваний результат.*

Під час кип'ятіння рідини осад не утворюється, оскільки в лужному середовищі збільшується від'ємний заряд

Б.Осадження білків мінеральними кислотами. В пробірку вносять 3 мл концентрованої азотної кислоти. Потім по стінкам пробірки обережно, щоб рідини не перемішувалися, додають 3 мл розчину яєчного білка.

*Очікуваний результат.*

На межі розподілу двох рідин утворюється осад у вигляді білкового кільця (проба Гелера). Вміст перемішують, доливають надлишок азотної кислоти й пересвідчуються, що осад не зникає.

В.Осадження білків іонами важких металів. У дві пробірки додають по 3 мл розчину яєчного білка. В першу – дві-три краплі розчину сульфату купруму, в другу – дві-три краплі розчину ацетату плюмбуму.

*Очікуваний результат.*

Спостерігають утворення осаду (з сіллю купруму – блакитного кольору, плюмбуму – білого). Внаслідок додавання надлишку розчинів сульфату купруму та ацетату плюмбуму осад, що утворився, розчиняється.

Г.Осадження білків органічними розчинниками. У пробірку вносять 3 мл розчину яєчного білка. Потім додають 3 мл ацетону.

*Очікуваний результат.*

Розчин у пробірці мутнішає. Якщо до неї додати 1 мл насиченого розчину хлориду натрію, через деякий час білок випадає в осад.

Д.Осадження білків натрій хлоридом. У пробірку вносять 3 мл розчину яєчного білка та хлорид натрію до повного насичення.

*Очікуваний результат.*

Через кілька хвилин в осад випадають глобуліни.

Суміш фільтрують через складчастий паперовий фільтр. У фільтраті містяться альбуміни, які не осаджуються. До фільтрату додають 1 мл розчину оцтової кислоти й нагрівають суміш до кипіння на водяній бані.

*Очікуваний результат.*

Альбуміни випадають в осад.

### Дослід 2. Визначення ізоелектричної точки желатину

Визначення ізоелектричної точки білків ґрунтується на здатності білків легко осаджуватися у середовищі із значенням рН, що відповідає їх ізоелектричній точці, під дією речовин, які спричиняють дегідратацію білків.

*Матеріали та реактиви.*

1% розчин желатину

0,01, 0,1 і 1 М розчини оцтової кислоти

0,1 М розчин натрій ацетату

95% ацетон

*Обладнання*

Скляні палички, пробірки, градуйовані піпетки, штатив для пробірок.

*Хід роботи*

У шість пробірок додають відповідну кількість розчинів оцтової кислоти, ацетату натрію, дистильованої води для створення відповідного рН у розчині. Потім у всі пробірки додають розчин желатину (таблиця 2).

Вміст кожної пробірки перемішують. Після цього у всі пробірки повільно по стінці додають по 2 мл ацетону. Через 30 хв визначають ізоелектричну точку, тобто знаходять пробірку з максимальним ступенем помутніння розчину.

Таблиця 2.

Співвідношення компонентів реакційної суміші, мл, для визначення ізоелектричної точки желатину

Вод а	CH <sub>3</sub> COO H (0,1 М)	CH <sub>3</sub> COO H (0,1 М)	CH <sub>3</sub> COO Na (0,1 М)	Розчин желатину (1%)	рН середови ща
3,8	0,2	–	2,0	2,0	5,6
3,5	0,5	–	2,0	2,0	5,3
3,0	1,0	–	2,0	2,0	5,0
2,0	2,0	–	2,0	2,0	4,7
–	4,0	–	2,0	2,0	4,4
3,8	–	0,2	2,0	2,0	4,1

### ЛІТЕРАТУРА

11. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.

12. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.

13. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.

14. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.

15. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**ТЕМА: АМІНОКИСЛОТИ І БІЛКИ. КОЛЬОРОВІ РЕАКЦІЇ НА БІЛКИ.****ПЛАН ЗАНЯТТЯ**

1. Завдання хімічного синтезу пептидів і білків.
2. Захисні групи в пептидному синтезі.
3. Методи створення пептидного зв'язку.
4. Твердофазний синтез пептидів.

**Дослід 1. Біуретова реакція**

В лужному середовищі, в присутності солей купруму, розчин білка набуває фіолетового кольору. Біуретова реакція обумовлена наявністю в молекулі білка пептидних груп, які в лужному середовищі утворюють комплексні сполуки міді.

Матеріали та реактиви.

1% розчин білка

10% розчину натрій гідроксиду

1% розчину купрум(II) сульфату

*Обладнання*

Пробірки, градуйовані піпетки, штатив для пробірок.

*Хід роботи*

В пробірку наливають 1мл 1% розчину білка, 5 крапель 10% розчину натрій гідроксиду і 1-2 краплі 1% розчину купрум(II)сульфату.

**Що спостерігається?**

**Дослід 2. Нінгідринова реакція**

Білки, поліпептиди, а також вільні  $\alpha$ -амінокислоти дають синє або фіолетове забарвлення з нінгідрином. Реакція характерна для аміногрупи в  $\alpha$ -положенні та обумовлена наявністю  $\alpha$ -амінокислот в молекулі білка. При нагріванні білка з водним розчином нінгідрину амінокислоти окислюються і розщеплюються, утворюючи карбон діоксид, аміак і відповідний альдегід. Відновлений нінгідрин конденсується з аміаком та окисленою молекулою нінгідрину, утворюючи барвник типу мурексиду фіолетово-синього забарвлення.

*Матеріали та реактиви.*

1% розчин білка

0,1% розчин нінгідрину

*Обладнання*

Фільтрувальний папір, електрична плитка.

*Хід роботи*

На фільтрувальний папір наносять 1 краплю 1% розчину білка і висушують над електроплиткою. Потім наносять на теж саме місце краплю 0,1% розчину нінгідрину і знову висушують.

**Що спостерігається?**

**Дослід 3. Діазореакція**

Білки дають оранжево-червоне забарвлення з діазореактивом (сульфанілова кислота, розчинена в концентрованій хлоридній кислоті). Забарвлення залежить від утворення азосполук з залишком амінокислот - тирозину, триптофану, гістидину, що входять до складу білкової молекули.

*Матеріали та реактиви.*

1% розчин білка

10% розчин натрій карбонату

діазореактив

*Обладнання*

Пробірки, штатив для пробірок.

*Хід роботи*

В пробірку доливають 0,5 мл 1% розчину білка, 8 крапель 10% розчину натрій карбонату і 16 крапель діазосуміші. Очікують 10 хвилин.

**Що спостерігається?**

#### Дослід 4. Реакція Фоля

При добавленні до розчину білка 30% розчину натрій гідроксиду, плюмбум(II)ацетату з наступним кип'ятінням розчин починає темніти. Реакція обумовлена присутністю в молекулі білка сірковмісних амінокислот – цистеїну та цистину. Ці амінокислоти при нагріванні в присутності натрій гідроксиду руйнуються і утворюють натрій сульфід ( $\text{Na}_2\text{S}$ ).

Плюмбум(II)ацетат реагує з натрій гідроксидом з утворенням натрій плюмбіту. Натрій сульфід взаємодіє з натрій плюмбітом і утворюється чорний осад плюмбум(II)сульфіду ( $\text{PbS}$ ).

*Матеріали та реактиви.*

5% розчин плюмбум(II) ацетату

30% розчин натрій гідроксиду

1% розчин білка

*Обладнання*

Пробірки, штатив для пробірок.

*Хід роботи*

В пробірку наливають 2 краплі 5% розчину плюмбум(II)ацетату і добавляють по краплям 30% розчин натрій гідроксиду до повного розчинення утвореного осаду. Потім добавляють рівний об'єм 1% розчину білка та кип'ятять.

**Що спостерігається?**

#### Дослід 5. Ксантопротеїнова реакція

При додаванні до розчину білка концентрованої нітратної кислоти білок спочатку випадає в осад, а потім при нагріванні розчиняється, і рідина забарвлюється в жовтий колір. Поява забарвлення зумовлена утворенням нітропохідних ароматичних амінокислот (фенілаланіну, тирозину, триптофану). Нітропохідні амінокислоти в лужному середовищі утворюють солі хіноїдної структури, що забарвлені в оранжевий колір.

*Матеріали та реактиви.*

концентрована нітратна кислота

1% розчин білка

*Обладнання*

Пробірки, штатив для пробірок.

*Хід роботи*

В пробірку вносять 1 мл 1% розчину білка, добавляють 5 крапель концентрованої нітратної кислоти і (обережно!) нагрівають.

**Що спостерігається?**

Пробірку охолоджують, після чого додають 10 крапель концентрованого розчину аміаку.

**Що спостерігається?**

## ЛІТЕРАТУРА

16. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.
17. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.
18. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.
19. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.
20. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**Лабораторна робота №5**

**4 год.**

## **ТЕМА: АМІНОКИСЛОТИ І БІЛКИ. КІЛЬКІСНИЙ ВМІСТ БІЛКІВ У БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТАХ.**

### ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Завдання хімічної модифікації білків і пептидів.
2. Селективна модифікація амінокислотних залишків.
3. Використання біфункціональних реагентів при вивченні структури білків.
4. Біоспецифічна модифікація білків.

### Дослід 1. Кількісне визначення білка біуретовим методом

В основі лежить кольорова реакція з біуретовим реактивом: білки в ужному середовищі реагують із купрум сульфатом, при цьому утворюються сполуки, забарвлені у фіолетовий колір.

*Матеріали та реактиви.*

0.9% розчин натрій хлориду  
стандартний розчин білка (50 г/л)  
досліджувана сироватка крові (або розчин білка)

*Обладнання*

Пробірки, штатив для пробірок, фотоелектроколориметр, кювета з товщиною шару 10 мм.

*Хід роботи*

Для досліду беруть три пробірки. У першу (контрольну) пробірку вносять 1 мл 0.9% розчину натрій хлориду, у другу (дослідну) – 0,1 мл стандартного розчину білка (50 г/л), у третю (дослідну) пробірку – 0,1 мл досліджуваної сироватки крові (або розчину білка). В усі пробірки додають по 5 мл біуретового реактиву, перемішують вміст пробірок. Через 30 хвилин визначають екстинкцію ФЕК дослідних пробірок (кювета 10 мм, червоний світлофільтр 750 нм) проти контрольної пробірки.

Розрахунок проводять за формулою:

$$X = \frac{a \times b}{c}, \quad \text{де}$$

X – концентрація білка в досліджуваній сироватці крові(або розчині білку), г/л;

a – концентрація білка стандартного розчину білка;

b – екстинкція досліджуваної сироватки крові ;

c – екстинкція стандартного розчину білка.

## ЛІТЕРАТУРА

21. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.
22. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.
23. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.
24. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.
25. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**Лабораторна робота №6**

**4 год.**

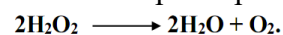
## **ТЕМА: БІОЛОГІЧНА РОЛЬ БІЛКІВ, ГОРМОНИ ТА ФЕРМЕНТИ.**

### ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Білки імунної системи.
2. Система комплементу.
3. Механізм дії білково-пептидних гормонів.
4. Нейропептиди і пептидні гормони.
5. Пептидні токсини.

### Дослід 1. Дія каталази.

Каталаза прискорює реакцію розщеплення пероксиду гідрогену на  $\text{H}_2\text{O}$  і  $\text{O}_2$ :



У цій реакції одна молекула пероксиду гідрогену окислюється і є донором електронів, а друга відновлюється і є акцептором електронів.

*Матеріали та реактиви.*

Препарат каталази - 20 г картоплі, нарізаної на шматки, розтирають у фарфоровій ступці з невеликою кількістю кварцового піску, настоюють у 100 мл води протягом 30 хв і фільтрують,

свіжоприготований розчин  $\text{H}_2\text{O}_2$  (3%-й).

*Обладнання.*

Пробірки, крапельниці, піпетки.

*Хід роботи.*

В дві пробірки наливають по 5 мл розчину гідроген пероксиду. В одну з них додають 1 мл препарату каталази.

**Що спостерігається в обох пробірках?**

### Дослід 2. Визначення активності каталази за методом Баха..

Метод ґрунтується на визначенні кількості пероксиду гідрогену, що залишилася після дії на нього каталази, титруванням розчином  $\text{KMnO}_4$  у кислому середовищі. Ця реакція відбувається за рівнянням:



*Матеріали та реактиви.*



Препарат каталази

10 %-й розчин  $H_2SO_4$ ,

0,1 %-й розчин  $H_2O_2$  на фосфатному буфері, рН 7,0 (35,0 мл 0,2 моль/л  $Na_2HPO_4$  і 13,6 мл 0,2 моль/л  $NaH_2PO_4$ ),

0,002 моль/л розчин  $KMnO_4$ .

*Обладнання.*

Колби об'ємом 100 мл, піпетки, бюретки, термостат.

*Хід роботи.*

В дві колби наливають по 5 мл препарату каталази, в одну з них (контрольна проба) додають 3 мл розчину  $H_2SO_4$ . Потім в обидві колби вносять по 10 мл розчину пероксиду гідрогену та ставлять у термостат за температури 37 °С. Через 30 хв у другу колбу (досліджувана проба) додають 3 мл  $H_2SO_4$  і титрують вміст обох колб (спочатку контрольної) розчином  $KMnO_4$  до появи стійкого рожевого забарвлення від надлишку  $KMnO_4$ .

*Обробка результатів.*

Зазначимо, що 1 мл 0,002 моль/л розчину  $KMnO_4$  відповідає 1,7 мг  $H_2O_2$ . Активність каталази визначають за кількістю  $H_2O_2$ , що розклався, і розраховують за формулою:

$$C = (B-A) fQ,$$

де:

(B—A) - різниця результатів титрування контрольного та досліджуваного зразків 0,002 моль/л розчином  $KMnO_4$ , мл,

f - коефіцієнт поправки на титр 0,002 моль/л розчину  $KMnO_4$ ,

Q - кількість гідроген пероксиду (1,7 мг), яка відповідає 1 мл 0,002 моль/л  $KMnO_4$ .

### Дослід 3. Реакції, що доводять білкову природу інсуліну.

#### А. Реакція Геллера

Осадження білка концентрованими мінеральними кислотами (крім фосфатної кислоти) відбувається в результаті дегідратації білкових молекул та нейтралізації їх зарядів. Реакція осадження білка нітратною кислотою (реакція Геллера) використовується в клінічних дослідженнях сечі на наявність та кількісний вміст в ній білка за методом Стольнікова.

*Матеріали та реактиви.*

концентрована нітратна кислота,

розчин інсуліну.

*Обладнання.*

Пробірки, крапельниці, піпетки.

*Хід роботи.*

До 5 крапель концентрованої нітратної кислоти обережно по стінці пробірки нашаровують 2 краплі розчину інсуліну.

*Очікуваний результат.*

На межі двох рідин виникає білий осад у вигляді невеликого кільця.

#### Б. Біуретова реакція

В лужному середовищі в присутності купруму солей розчин білка набуває фіолетового кольору. Біуретова реакція обумовлена наявністю в молекулі білка пептидних зв'язків, які в лужному середовищі утворюють комплексні сполуки купруму.

*Матеріали та реактиви.*

10% розчин натрій гідроксиду,

1 % розчин купрум(II)сульфату

розчин інсуліну.

*Обладнання.*

Пробірки, крапельниці, піпетки.

*Хід роботи.*

До 3 крапель інсуліну доливають 5 крапель 10% розчину натрій гідроксиду і одну краплю 1 % розчину купрум(II)сульфату.

## Що спостерігається?

### ЛІТЕРАТУРА

26. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.
27. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.
28. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.
29. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.
30. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**Лабораторна робота №7**

**4 год.**

### **ТЕМА: БІОЛОГІЧНА РОЛЬ БІЛКІВ. ФЕРМЕНТИ.**

#### ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Загальна характеристика та класифікація ферментів.
2. Принципи ферментативної кінетики.
3. Одиниці активності ферментів.
4. Інгібітори та активатори ферментів.
5. Поняття про активний центр ферментів.

#### Дослід 1. Специфічність дії ферментів.

Амілаза(3.2.1.1.)слини прискорює гідроліз тільки полісахаридів (крохмалю), не впливає на дисахариди. Сахараза (3.2.1.26.), що міститься в дріжджовому екстракті, розщеплює тільки сахарозу. Продуктами гідролізу полі- і дисахаридів є моносахариди, зокрема, глюкоза, яка може бути відкрита реакцією Тромера. Позитивна реакція Тромера свідчить про повний гідроліз крохмалю та сахарози під впливом відповідних ферментів. Позитивна реакція з йодом вказує на відсутність гідролізу крохмалю.

#### *Матеріали та реактиви.*

1% розчин крохмалю

2% розчин сахарози

слина

дріжджовий екстракт

10% розчин натрій гідроксиду

1% розчин купрум(II) сульфату

Розчин йоду

#### *Обладнання.*

Пробірки, крапельниці, піпетки, термостат.

#### *Хід роботи.*

Взяти 4 пробірки. У першу та другу пробірки наливають по 5мл 1% розчину крохмалю, в третю і четверту пробірки доливають по 5 мл 2% розчину сахарози. Потім у першу і третю пробірки додають по 1 мл слини, що містить амілазу, в другу і четверту пробірки – по 1 мл дріжджового екстракту, що містить фермент сахаразу. Вміст пробірок старанно перемішують і ставлять у термостат на 20 хвилин при температурі 38-40°C.

Після закінчення цього строку вміст кожної пробірки ділять на дві частини: з однією частиною проводять реакцію на крохмаль (з йодом), з другою - реакцію Тромера на глюкозу (додають 10 крапель 10% розчину натрій гідроксиду та 2-3 краплі 1% розчину купрум(II) сульфату, нагрівають).

Отримані результати заносять в таблицю 3.

Таблиця 3.

№ пробірок	Вміст пробірок				Реакція з йодом ("+" чи "-")	Реакція Тромера ("+" чи "-")
	Розчин крохмалю, мл	Розчин сахарози, мл	Слина, мл (амілаза)	Екстракт дріжджів, мл (сахараза)		
1	5	-	1	-		
2	5	-	-	1		
3	-	5	1	-		
4	-	5	-	1		

### Дослід 2. Залежність ферментативної активності від температури.

Температура, при якій спостерігається максимальна швидкість ферментативної реакції, називається оптимальною і частіше дорівнює 37-40°C. При підвищенні температури швидкість більшості ферментативних процесів починає зменшуватись. Це пояснюється тепловою денатурацією білкової молекули ферменту і втратою каталітичної активності.

*Матеріали та реактиви.*

1% розчин крохмалю

слина

розчин йоду

*Обладнання.*

Пробірки, крапельниці, піпетки, термостат.

*Хід роботи.*

У дві пробірки наливають по 1 мл 1% розчину крохмалю. В одну з них вносять 0,2 мл звичайної, а в другу - прокип'яченої слини. Вміст перемішують, ставлять в термостат при температурі 37°C на 10 хвилин. Потім у пробірки вносять по 1 краплі розчину йоду.

**Що спостерігається в обох пробірках?**

### Дослід 3. Вплив рН середовища на активність ферментів.

Вплив рН на активність ферментів пояснюється тим, що білкова молекула ферменту є амфотерним поліелектролітом і його каталітична активність залежить від ступеня іонізації функціональних груп, які входять в його активний центр. Зміщення рН від оптимуму порушує зв'язок між білковою частиною ферментів та їх простетичними групами, що гальмує зв'язок субстрату з ферментом. Робота полягає у дослідженні активності амілази слини при різних значеннях рН.

*Матеріали та реактиви.*

0,5% розчин крохмалю

фосфатний буфер зі значеннями рН: 5,6; 6,8; 8,1

слина

розчин йоду

*Обладнання.*

Пробірки, крапельниці, піпетки, термостат.

*Хід роботи.*

У 3 пронумеровані пробірки наливають по 5 мл 0,5% розчину крохмалю та по 1 мл фосфатного буфера з відповідним значенням рН: в першу - з рН 5,6; в другу - з рН 6,8; в третю – з рН 8,1. У кожен пробірку додають по 1мл слини, перемішують і ставлять в термостат при температурі 38°C. Через 20 хвилин у кожен пробірку доливають 1-2 краплі йоду.

*Обробка результатів.*

Результати записують у таблицю 4 і роблять висновки.

Таблиця 4.

№ пробірок	рН середовища	Забарвлення
1	5,6	
2	6,8	
3	8,1	

За результатами роботи вказують оптимум рН для амілази слини.

#### Дослід 4. Вплив активаторів та інгібіторів на активність амілази слини.

Активатором амілази є натрій хлорид (NaCl), інгібітором – купрум (II) сульфат. Дію цих речовин на активність амілази виявляють за ступенем гідролізу крохмалю під впливом ферментів у їх присутності.

*Матеріали та реактиви.*

1% розчин крохмалю

1% розчин NaCl

1% розчин CuSO<sub>4</sub>

слина

розчин йоду

*Обладнання.*

Пробірки, крапельниці, піпетки.

*Хід роботи.*

Беруть 3 пробірки. У першу наливають 1 мл води, в другу – 1мл 1% розчину NaCl, в третю – 1 мл 1% розчину CuSO<sub>4</sub>. В усі пробірки додають по 1 мл слини. Вміст перемішують і додають по 0,5 мл 1% розчину крохмалю, потім знову перемішують і залишають при кімнатній температурі на 5 хвилин. Далі в усіх пробірках проводять реакцію з йодом і спостерігають за характером забарвлення. Для більшої наочності забарвлення в кожен пробірку доливають по 2-3 мл води.

*Обробка результатів.*

Результати записують у таблицю 5 і роблять висновки.

Таблиця 5.

Вміст пробірок	Пробірки		
	1	2	3
Вода			
NaCl, 1% розчин	+	-	-
CuSO <sub>4</sub> , 1% розчин	-	+	-
Слина (амілаза)	-	-	+
Крохмаль, 1% розчин	+	+	+
Забарвлення після додавання йоду			
Висновки			

### Дослід 5. Відкриття дії ферменту ліпази (3.1.1.3).

Ліпазу можна виявити, додавши розчин ферменту до молока, підлуженого розчином натрій карбонату до блідо-рожевого кольору по фенолфталеїну. В присутності ліпази проходить гідролітичне розщеплення жиру молока на гліцерин та жирні кислоти, реакція середовища зсувається у кислу сторону, і рожеве забарвлення зникає.

*Матеріали та реактиви.*

витяжка з підшлункової залози або 3% розчин панкреатину

молоко

1% розчин фенолфталеїну

1% розчин натрій карбонату

*Обладнання.*

Пробірки, крапельниці, піпетки, термостат.

*Хід роботи.*

У дві пробірки наливають по 10 крапель молока. У першу пробірку додають 5 крапель витяжки з підшлункової залози або 3% розчин панкреатину, що містить ліпазу. В другу пробірку додають таку ж кількість води. В обидві пробірки вносять по одній краплі 1% розчину фенолфталеїну і краплями 1% розчин натрій карбонату до появи блідо-рожевого забарвлення (не можна добавляти надлишок розчину натрій карбонату). Пробірки ставлять у термостат при температурі 38°C на 30 хвилин.

**Що спостерігається?**

### ЛІТЕРАТУРА

31. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.

32. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.

33. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.

34. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.

35. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**Лабораторна робота №8**

**4 год.**

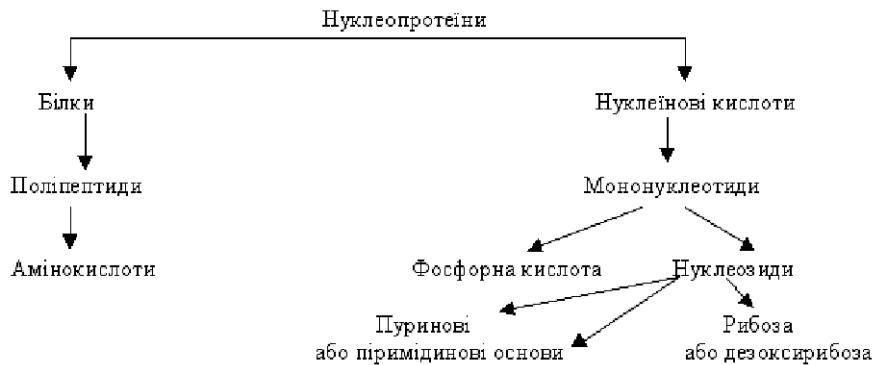
**ТЕМА: НУКЛЕЙНОВІ КИСЛОТИ. НУКЛЕОПРОТЕЇДИ.**

### ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Первинна структура нуклеїнових кислот.
2. Встановлення первинної структури нуклеїнових кислот.
3. Просторова структура нуклеїнових кислот.
4. Синтез нуклеїнових кислот.
5. Хімічна модифікація нуклеїнових кислот.
6. Нуклеопротеїди.

### Дослід 1. Якісний аналіз нуклеопротеїнів, отриманих з дріжджів.

Якісний аналіз нуклеопротеїнів, заснований на визначенні речовин, що входять до їх складу і звільняються при гідролізі. Схема повного гідролізу нуклеопротеїнів може бути подана таким чином:



Біуретовою реакцією відкривають поліпептиди, пуринові основи - за утворенням осаду солей аргентуму, фосфатну кислоту - за реакцією з амоній молібдатом, пентозу – за реакцією Фелінга.

*Матеріали та реактиви.*

дріжджі

10% розчин сульфатної кислоти

дистильована вода

10% розчин гідроксиду натрію

10% купрум(II) сульфат

2% аміачний розчин аргентум нітрату

7% розчину купрум(II) сульфату

лужний розчин калій, натрій тартрату

молібденовий реактив – розчин амоній молібдату в нітратній кислоті.

*Обладнання.*

Пробірки, крапельниці, піпетки.

*Хід роботи.*

**I етап:** кислотний гідроліз нуклеопротейнів дріжджів (виконується завчасно лаборантом).

1 г дріжджів поміщають у плоскодонну колбу на 100 мл, додають 20 мл 10% розчину сульфатної кислоти та 20 мл дистильованої води. Колбу закривають корком з довгою трубкою та кип'ятять під тягою на азбестовій сітці при слабкому нагріванні. Через годину після початку кип'ятіння колбу охолоджують, вміст переносять в мірний циліндр, доводять до 100мл, потім фільтрують. З фільтратом проводять якісний аналіз.

**II етап:** якісні реакції на складові частини гідролізату нуклеопротейнів дріжджів (виконується студентами).

**A. Біуретова реакція на поліпептиди** (див. лаб. роботу № 1, дослід № 4)

**Що спостерігається?**

**Б. Срібна проба на пуринові основи.** До 5 крапель гідролізату додають 5 крапель 2% аміачного розчину аргентум нітрату.

**Що спостерігається через 3-5 хв ?**

**В. Проба Фелінга на рибозу чи дезоксирибозу.** До 5 крапель гідролізату додають 5 крапель 7% розчину купрум(II)сульфату та 5 крапель лужного розчину калій, натрій тартрату. Рідину перемішують (на кип'ячій водяній бані).

**Що спостерігається?**

Г.Молібденова проба на фосфатну кислоту. До 5 крапель гідролізату доливають 10 крапель молібденового реактиву, що являє собою розчин амоній молібдату в нітратній кислоті, кип'ятять кілька хвилин.

**Що спостерігається при охолодженні?**

#### ЛІТЕРАТУРА

36. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.

37. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.

38. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.

39. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.

40. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**Лабораторна робота №9**

**4 год.**

**ТЕМА: НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ. КІЛЬКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ РНК.**

#### ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Реплікація.
2. Транскрипція.
3. Трансляція.
4. Поняття про генну інженерію.

Дослід 1. Визначення вмісту РНК в біологічному матеріалі (гідролізаті дріжджів) за методом Мейбаума.

Кількісне визначення РНК основане на взаємодії рибози з орцином. Рибоза утворюється в результаті повного гідролізу РНК, отриманої з дріжджів. При взаємодії останньої з хлоридною кислотою утворюються похідні фурфурола, які при нагріванні з орцином дають продукт, забарвлений в синьо-зелений колір.

*Матеріали та реактиви.*

гідролізат дріжджів

розчин орцину

дистильована вода

*Обладнання.*

Пробірки, крапельниці, піпетки, ФЕК, кювета з довжиною шляху 1 см.

*Хід роботи.*

Беруть 2 пробірки (контрольну і дослідну). В контрольну вносять 2 мл дистильованої води, в дослідну – 2 мл гідролізату дріжджів, отриманого заздалегідь лаборантами з 0,25 г наважки дріжджів. Обидві пробірки нагрівають 5 хвилин на водяній бані при температурі 60°C. Потім в кожную пробірку додають по 2 мл розчину орцину. З'являється синьо-зелене забарвлення, інтенсивність якого вимірюють на ФЕК при  $\lambda = 670$  нм в кюветі 1см проти контролю.

*Обробка результатів.*

Значення екстинкції, отримане на ФЕК, переводять в концентрацію за калібрувальним графіком. Отриманий результат підставляють в формулу, за якою розраховують вміст РНК в гідролізаті дріжджів.

Формула розрахункув мг/г:

$$X = \frac{a \times 4}{0,25 \times 1000 \times 2}, \text{ де}$$

a - кількість РНК в мкг, знайдена за калібрувальним графіком;

4 - об'єм розчину в мл;

1000 - перерахунок мг в г;

0,25 - наважка дріжджів в г;

2 – об'єм гідролізату, взятого для дослідження, мл.

#### ЛІТЕРАТУРА

41. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.

42. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.

43. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.

44. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.

45. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**Лабораторна робота №10**

**4 год.**

### **ТЕМА: ВУГЛЕВОДИ. ЯКІСНІ РЕАКЦІЇ НА МОНОСАХАРИДИ.**

#### ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Моносахариди: циклічні форми і таутомерія.
2. Хімічні властивості моносахаридів.
3. Глікозиди.
4. Конформації моносахаридів.

#### Дослід 1. Реакція Троммера.

Розчини гексоз (наприклад, глюкози або фруктози) в лужному середовищі відновлюють під час нагрівання оксид купруму, а самі окислюються до альдонових кислот. Напишіть рівняння реакції:

#### *Матеріали та реактиви.*

розчин глюкози,

розчин гідроксиду натрію,

розчин сульфату купруму (всі по 0,5%).

#### *Обладнання.*

Скляні палички, штатив із пробірками, піпетки, пальник.

*Хід роботи.*



В пробірку до 3 мл розчину глюкози додають 1 мл гідроксиду натрію і 5 крапель сульфату купруму. Вміст перемішують та обережно нагрівають в полум'ї пальника до кипіння.

**Що спостерігається (послідовні спостереження)?**

#### Дослід 2. Реакція Фелінга.

В реактиві Фелінга йони купруму (II) перебувають у вигляді комплексної сполуки з тартратами. Механізм реакції гексоз (у всіх відновлюючих вуглеводів) із реактивом Фелінга такий же, як і в реакції Троммера. Перевагою реактиву Фелінга є те, що купрум у разі надлишку не випадає в осад у вигляді купрум (II) оксиду.

*Матеріали та реактиви.*

5% розчин глюкози,

реактив Фелінга, який складається з двох розчинів. Для виготовлення першого розчину 200 г сегнетової солі та 150 г гідроксиду натрію розчиняють у дистильованій воді до об'єму 1 л.

Для приготування другого – 40 г перекристалізованого сульфату купруму розчиняють у дистильованій воді і доводять до об'єму 1 л. Рівні об'єми першого і другого розчинів змішують перед роботою.

*Обладнання.*

Скляні палички, штатив із пробірками, піпетки, пальник.

*Хід роботи.*

В пробірку вносять 1 мл розчину глюкози та 1 мл реактиву Фелінга (по 0,5 мл першого та другого розчинів). Вміст пробірки перемішують та нагрівають у полум'ї пальника до кипіння.

**Що спостерігається?**

#### Дослід 3. Реакція з солями бісмуту (реакція Ніландера).

В лужному середовищі нітрат гідроксиду бісмуту за наявності гексоз відновлюється до металевого бісмуту.

*Матеріали та реактиви.*

5% розчин глюкози,

5% розчин гідроксиду натрію,

сухий порошок нітрату гідроксиду бісмуту.

*Обладнання.*

Скляні палички, штатив із пробірками, піпетки, лопаточки (чи шпатель), пальник.

*Хід роботи.*

У пробірку до 3 мл розчину глюкози додають 1 мл розчину гідроксиду натрію й на кінці лопаточки чи шпателя нітрат гідроксиду бісмуту. Суміш перемішують і нагрівають обережно в полум'ї пальника.

**Що спостерігається?**

#### Дослід 4. Реакція з купрумацетатом (реакція Барфедда).

Гексози в реакції з ацетатом купруму спричинюють утворення купрум (I) оксиду. **Напишіть рівняння реакції:**

Ця реакція відбувається в середовищі зі значенням рН, близьким до нейтрального (7,0). За цих умов редуруючі дисахариди не окислюються, що дозволяє відрізнити їх від моносахаридів.

*Матеріали та реактиви.*

5% розчин глюкози,

реактив Барфедда (13,3 г ацетату купруму розчиняють у 200 мл гарячої води за температури 70°C. Суміш фільтрують і до фільтрату додають 1,9 мл льодяної оцтової кислоти).

*Обладнання.*

Скляні палички, штатив із пробірками, піпетки, пальник.

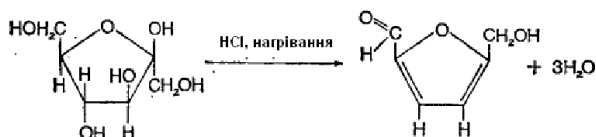
*Хід роботи.*

У пробірку вносять 1 мл глюкози і 1 мл реактиву Барфедда. Суміш перемішують і обережно нагрівають в полум'ї пальника до кипіння.

**Що спостерігається?**

#### Дослід 5. Реакція Селіванова на кетози.

Під час нагрівання фруктози чи інших кетоз із соляною кислотою утворюється оксиметилфурфурол. Рівняння реакції за участю фруктози має такий вигляд:



Оксиметилфурфурол із резорцином утворюють сполуку (продукт конденсації), забарвлену у вишнево-червоний колір.

*Матеріали та реактиви.*

Кристалічний резорцин,

5% розчин фруктози,

25% розчин хлоридної кислоти.

*Обладнання.*

Скляні палички, штатив із пробірками, піпетки, лопаточки (чи шпатель), баня, годинник.

*Хід роботи.*

В пробірку наливають 5 мл розчину фруктози, 1 мл розчину хлоридної кислоти і декілька кристалів резорцину. Суміш нагрівають на водяній бані протягом 5-10 хв за температури 80°C.

**Що спостерігається?**

#### ЛІТЕРАТУРА

46. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.

47. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.

48. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.

49. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.

50. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**ТЕМА: ВУГЛЕВОДИ. ЯКІСНІ РЕАКЦІЇ НА ДИ- ТА ПОЛІСАХАРИДИ.**ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Олігосахариди.
2. Полісахариди.
3. Глікопротеїни.
4. Просторова будова вуглеводів.

Дослід 1. Відновна здатність лактози та мальтози.

Завдяки наявності вільної альдегідної групи в молекулі лактози (в залишку глюкози) та мальтози (в другого залишку глюкози) ці дисахариди мають відновлюючі властивості й можуть брати участь у реакціях відновлення, зокрема, мальтоза та лактоза дають позитивну реакцію Троммера (лаб. робота № 10, дослід № 1).

*Матеріали та реактиви.*

Розчин лактози,  
розчин мальтози,  
розчин гідроксиду натрію,  
розчин сульфату купруму (всі по 0,5%).

*Обладнання.*

Скляні палички, штатив із пробірками, піпетки, пальник.

*Хід роботи.*

В одну пробірку наливають 2 мл лактози, в іншу – 2 мл мальтози. Потім в обидві пробірки вносять по 1 мл гідроксиду натрію і по 5 крапель сульфату купруму. Пробірки обережно нагрівають в полум'ї пальника.

**Що спостерігається?**Дослід 2. Визначення відновної здатності сахарози, гідроліз сахарози.

В молекулі сахарози зв'язок між залишками глюкози та фруктози утворюється за рахунок двох глікозидних гідроксидів. Сахароза не має відновлюючих властивостей і дає негативну реакцію Троммера.

Після гідролізу сахарози (кип'ятіння за наявності концентрованої соляної кислоти) утворюються моносахариди, які можна виявити за допомогою реакції Троммера, а фруктозу – також за реакцією Селіванова (лаб. робота №10, дослід № 5).

*Матеріали та реактиви.*

Концентрована хлоридна кислота,  
25% хлоридна кислота,  
розчин сахарози,  
розчин гідроксиду натрію,  
розчин сульфату купруму (всі розчини по 0,5%),  
кристалічний резорцин.

*Обладнання.*

Скляні палички, штатив із пробірками, піпетки, водяна баня, годинник.

*Хід роботи.*

У дві пробірки наливають по 6 мл розчину сахарози. В одну з них додають 2-3 краплі концентрованої хлоридної кислоти й нагрівають на киплячій водяній бані протягом 15 хв. Друга пробірка містить контрольний розчин сахарози (теж 6 мл). З кожної пробірки відбирають по 3 мл розчину в інші 2 пробірки. До вмісту цих пробірок додають по 1 мл гідроксиду натрію та по 5 крапель сульфату купруму. Потім пробірки нагрівають на водяній бані до кипіння (реакція Троммера).

Очікуваний результат.

У пробірці з гідролізатом утворюється червоний осад купрум (I) оксиду (позитивна реакція Троммера), а в контрольній його немає (негативна реакція Троммера).

Із гідролізатом сахарози, що залишився (3 мл) і контрольним розчином проводять реакцію Селіванова на виявлення фруктози. Для цього в обидві пробірки додають по 1 мл соляної кислоти та декілька кристалів резорцину. Вміст пробірок нагрівають на водяній бані 5-10 хв за температури 80°C.

*Очікуваний результат.*

У пробірці з гідролізатом сахарози з'являється вишнево-червоне забарвлення (позитивна реакція Селіванова) а у контрольній пробірці воно відсутнє (негативна реакція Селіванова).

### Дослід 3. Реакція крохмалю чи глікогену з йодом.

Внаслідок взаємодії крохмалю та глікогену з йодом утворюються комплексні адсорбційні сполуки, які мають відповідно синій та червоно-бурий колір. Різне забарвлення комплексів зумовлене відмінною хімічною структурою глікогену та крохмалю. Під час нагрівання забарвлення знижується, а після охолодження знову з'являється, що свідчить про утворення нестійких комплексів крохмалю та глікогену з йодом. Знебарвлення також відбувається при внесенні гідроксиду натрію чи калію. Зникнення забарвлення внаслідок нагрівання та додавання луку зумовлене тим, що в утворенні комплексів бере участь молекулярний йод, а не йодит-іони.

*Матеріали та реактиви.*

Реактив Люголя (1г йоду та 2 г йодистого калію розчиняють у 15 мл води й потім розводять водою до об'єму 300 мл),

0,1% розчин крохмалю,

0,1% розчин глікогену,

10% розчин гідроксиду натрію.

*Обладнання.*

Скляні палички, штатив із пробірками, піпетки, водяна баня.

*Хід роботи.*

В одну пробірку наливають 2 мл розчину крохмалю, в іншу – 2 мл розчину глікогену. Потім в обидві пробірки вносять по 1-2 краплі розчину Люголя. Вміст пробірок перемішують.

Потім із кожної пробірки по 1 мл переносять у дві інші пробірки, куди додають по 1 мл гідроксиду натрію.

Суміші, що залишалися в пробірках, де спочатку виникло забарвлення, нагрівають на водяній бані.

*Очікуваний результат.*

При додаванні розчину Люголя у пробірці з крохмалем утворюється синє забарвлення, в пробірці з глікогеном – червоно-буре.

При внесенні гідроксиду натрію спостерігається знебарвлення вмісту кожної з пробірок.

При нагріванні на водяній бані зникає забарвлення у пробірках, повторно з'являється після охолодження.

### Дослід 4. Гідроліз крохмалю.

Під час нагрівання розчину крохмалю з мінеральними кислотами має місце гідроліз крохмалю з утворенням глюкози, яку можна виявити характерними реакціями на моносахариди, зокрема, реакцією Троммера (лаб. робота № 10, дослід № 1).

*Матеріали та реактиви.*

Концентрована хлоридна кислота,

1% розчин крохмалю,

15% розчин натрій гідроксиду,

1% розчин купрум сульфату.

*Обладнання.*

Скляні палички, штатив із пробірками, піпетки, водяна баня, годинник.

*Хід роботи.*

В дві пробірки наливають по 3 мл крохмалю. В одну з них вносять 2-3 краплі концентрованої хлоридної кислоти й кип'ячать на водяній бані 15 хв. Інша пробірка – контрольна. Потім в обидві пробірки доливають по 1,5 мл гідроксиду натрію та по 3 краплі сульфату купруму і нагрівають (проводять реакцію Троммера).

*Очікуваний результат.*

У пробірці, де проводився гідроліз крохмалю соляною кислотою, при нагріванні утворюється червоний осад купрум (I) оксиду (позитивна реакція Троммера), а в контрольній пробірці його нема (негативна реакція Троммера).

#### Дослід 5. Реакція з $\alpha$ -нафтолом (Моліша).

Вуглеводи та їх похідні в присутності концентрованої сульфатної кислоти утворюють фурфурол, який з  $\alpha$ -нафтолом дає фіолетове забарвлення.

Матеріали та реактиви.

1% розчин крохмалю

3% розчин сахарози

1% розчин глюкози

розчин  $\alpha$ -нафтолу

концентрована сульфатна кислота.

*Обладнання.*

Штатив із пробірками, крапельниці.

*Хід роботи.*

Наливають у три пробірки відповідно по 1 мл 1% розчину крохмалю, 3% розчину сахарози і 1% розчину глюкози. У кожен пробірку додають по 2-3 краплі розчину  $\alpha$ -нафтолу та обережно по стінці пробірок нашаровують по 1 мл концентрованої сульфатної кислоти.

**Що спостерігається?**

#### ЛІТЕРАТУРА

51. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.

52. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.

53. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.

54. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.

55. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**Лабораторна робота №12**

**4 год.**

#### **ТЕМА: ВУГЛЕВОДИ. КІЛЬКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МОНОСАХАРИДІВ.**

##### ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Синтез глікозидів.
2. Синтез олігосахаридів.
3. Синтез полісахаридів.
4. Синтез неоглікопротеїнів.

### Дослід 1. Кількісне визначення фруктози.

Визначення вмісту фруктози ґрунтується на реакції Селіванова (лаб. робота №10, дослід № 5). Швидкість утворення оксиметилфурфуролу в реакції фруктози з хлоридною кислотою під час нагрівання набагато більша, ніж у реакції за участю альдогексоз, що зумовлює специфічність реакції Селіванова для фруктози.

Значення оптичної густини розчину, який містить продукт конденсації утвореного з фруктози оксиметилфурфуролу з резорцином, визначають колориметрично. Для кількісного визначення вмісту фруктози готують стандартний розчин фруктози (контроль).

*Матеріали та реактиви.*

Досліджуваній розчин фруктози (10-100 мкг/мл),  
стандартний розчин фруктози (25 мкг/мл),  
0,1% розчин резорцину в 96% етиловому спирті,  
30% розчин хлоридної кислоти.

*Обладнання.*

Скляні палички, штатив із пробірками, піпетки, водяна баня, лабораторний термометр, годинник, фотоелектроколориметр.

*Хід роботи.*

Беруть 3 пробірки. В одну пробірку вносять 2 мл досліджуваного розчину фруктози (проба), у другу – 2 мл стандартного розчину фруктози, у третю – 2 мл дистильованої води (контроль). Потім в усі пробірки додають по 2 мл розчину резорцину й по 6 мл хлоридної кислоти. Вміст пробірок перемішують і нагрівають на водяній бані протягом 10 хв при 80°C. Потім розчини охолоджують і колориметрують за довжини хвилі 490 нм. Оптичну густину вимірюють проти контрольної проби.

Обробка результатів.

Масову концентрацію фруктози в досліджуваній пробі, мкг/мл, розраховують за формулою:

$$C = C_0 \frac{D_1}{D_2 V}$$

де:

$D_1$  і  $D_2$  – оптична густина досліджуваного та стандартного розчинів,

$C_0$  – масова концентрація фруктози в стандартній пробі (25 мкг/мл),

$V$  – об'єм досліджуваного розчину (2 мл).

### Дослід 2. Визначення вмісту глюкози за наявності фруктози.

Метод заснований на здатності молекулярного йоду ( $I_2$ ) у лужному середовищі окислювати лише альдегідо-спирти, не впливаючи на кетоспирти.

**Напишіть рівняння реакції:**

Якщо є надлишок йоду, його можна визначити в кислому середовищі титруванням тіосульфатом натрію (індикатор – розчин крохмалю). Ця реакція відбувається в дві стадії.

*Матеріали та реактиви.*

Розчин гідролізату сахарози, який містить до 100 мг глюкози чи інвертований цукор (5г цукру розчиняють у 50 мл хлоридної кислоти й кип'ятять на водяній бані 30 хв, після охолодження розчин нейтралізують 1 мл 1 М розчину гідроксиду калію та розводять до об'єму 500 мл);

0,05 М розчин йоду,

0,5 М розчин гідроксиду калію,

10 % розчин хлоридної кислоти,

0,05 % розчин тіосульфату натрію,

1 % розчин крохмалю.

*Обладнання.*

Скляні палички, конічні колби, піпетки, бюретка, годинник.

*Хід роботи.*

В дві колби вносять по 5 мл розчину йоду. В одну з них (проба) додають 1 мл досліджуваного розчину (гідролізат сахарози чи інвертований цукор), а в іншу (контроль) – 1 мл дистильованої води. Потім по краплях, перемішуючи, додають по 1 мл гідроксиду калію та залишають за кімнатної температури на 15 хв. Після цього в обидві колби доливають по 1 мл розчину соляної кислоти і 2-3 краплі розчину крохмалю (індикатор на йод). Вміст колб титрують розчином тіосульфату натрію до зникнення синього забарвлення, яке з'являється після додавання крохмалю.

*Обробка результатів.*

Масову концентрацію глюкози в досліджуваній суміші, мг/мл, розраховують за формулою:

$$C = (B - A) f Q \frac{V_0}{V_1},$$

де:

A та B – об'єм розчину тіосульфату натрію, який потрібен для титрування проби та контролю,

f – коефіцієнт поправки на титр 0,05 М розчину тіосульфату (0,97),

Q – маса глюкози (9 мг), еквівалентна 1 мл 0,05 М розчину тіосульфату натрію,

V<sub>0</sub> – загальний об'єм проби (приблизно 8 мл),

V<sub>1</sub> – об'єм досліджуваної суміші, яку взяли для аналізу (1 мл).

#### ЛІТЕРАТУРА

56. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.

57. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.

58. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.

59. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.

60. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**Лабораторна робота №13**

**4 год.**

#### **ТЕМА: ЛІПІДИ.**

##### ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Загальні принципи побудови ліпідних молекул. Ліпіди на основі гліцерину та сфінгозину.
2. Жирні кислоти.
3. Фосфоліпіди.
4. Гліколіпіди.

##### Дослід 1. Визначення кислотного числа жиру.

Кислотне число жиру – кількість міліграмів КОН, необхідна для нейтралізації вільних жирних кислот в 1 г жиру.

Матеріали та реактиви.

Жир (олія),  
Спирт, нейтралізований за фенолфталеїном,  
0,1 М розчин КОН,  
0,1% розчин фенолфталеїну.

*Обладнання.*

Колби на 50 мл, піпетки, бюретки.

*Хід роботи.*

До 1 г жиру додають 5 мл спирту, нейтралізованого за фенолфталеїном, ретельно перемішують до повного розчинення вільних жирних кислот. Після цього титрують розчином КОН до утворення рожевого забарвлення, стійкого при збовтуванні 0,5-1 хв. Кислотне число (КЧ) або кількість КОН, мг, що пішло на титрування вільних жирних кислот в 1 г жиру, дорівнює

$$\text{КЧ} = AfQ/a,$$

де:

A – об'єм 0,1 М розчину КОН, що пішов на титрування проби;

f – коефіцієнт поправки на титр 0,1 М розчину КОН (0,97);

Q – кількість КОН (5,61 мг), еквівалентна 1 мл 0,1 М розчину КОН;

a – наважка жиру, г.

### Дослід 2. Визначення йодного числа жиру.

Йодне число жиру – кількість грамів йоду, що прореагувала зі 100 г жиру. Йодне число вказує на вміст ненасичених жирних кислот у складі жиру.

*Матеріали та реактиви.*

Жир (олія),  
0,1 М розчин йоду (спиртовий),  
1% розчин крохмалю,  
0,05 М розчин  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

*Обладнання.*

Дві конічні колби на 50 мл, піпетки, бюретки.

*Хід роботи.*

У першу колбу поміщають 0,1 – 0,2 г жиру (дослідна проба), у другу – 0,1 – 0,2 мл води (контрольна проба), додають по 10 мл спиртового розчину йоду і перемішують. Через 15 хв вміст колб титрують розчином  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  спершу до появи слабкого жовтого забарвлення, потім, додавши 1 мл розчину крохмалю, продовжують титрування до зникнення синього забарвлення.

Йодне число розраховують за формулою:

$$\text{ЙЧ} = (B-A) fQ \cdot 100/(a \cdot 1000),$$

де

B-A – різниця результатів титрування контрольної та досліджуваної проб 0,05 М розчином гіпосульфїту натрію, мл;

f – коефіцієнт поправки на титр 0,05 М розчином  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (0,97);

Q – кількість  $\text{I}_2$  (12,69 мг), еквівалентна 1 мл 0,05 М розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ;

a – наважка жиру, г.

### ЛІТЕРАТУРА

61. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендсел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.

62. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід», 2005. – 560с.



63. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.
64. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.
65. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**Лабораторна робота №14**

**4 год.**

**ТЕМА:БІОЛОГІЧНІ МЕМБРАНИ.**

ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Основні принципи побудови мембранних ліпідних структур.
2. Молекулярна організація біологічних мембран.
3. Транспорт через мембрани.

Дослід 1. Визначення поверхнево-активних властивостей фосфоліпідів.

Метод базується на здатності амфіпатичних речовин утворювати в органічних розчинниках комплекси з феротіоціанатом.

*Матеріали та реактиви.*

розчин феротіоціанату

розчин лецитину

стеаринова кислота

хлороформ.

*Обладнання.*

Штатив із пробірками, піпетки.

*Хід роботи.*

У 2 пробірки наливають по 2 мл хлороформу і по 0,5 мл розчину феротіоціанату, потім в одну додають 0,5 мл розчину лецитину, а в другу – 0,5 мл стеаринової кислоти. Вміст обох пробірок збовтують.

**Що спостерігається?**

ЛІТЕРАТУРА

66. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.
67. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.
68. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.
69. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.
70. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

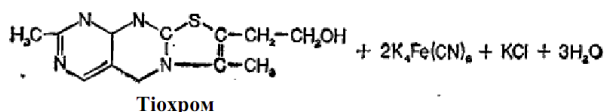
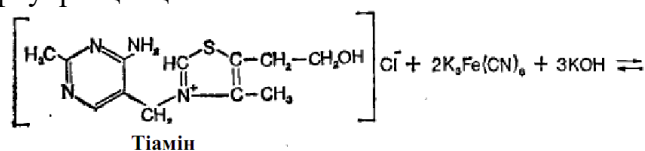
Підпис викладача

**ТЕМА: НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНІ БІОРЕГУЛЯТОРИ. ВОДОРОЗЧИННІ ВІТАМІНИ.**ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Вітамін В<sub>1</sub>.
2. Вітамін В<sub>2</sub>.
3. Вітамін РР.
4. Вітамін В<sub>5</sub>.
5. Вітамін В<sub>6</sub>.
6. Вітамін В<sub>7</sub>.
7. Вітамін В<sub>9</sub> (В<sub>С</sub>).
8. Вітамін В<sub>12</sub>.
9. Вітамін С.
10. Вітамін Н.

Дослід 1. Якісна реакція на вітамін В<sub>1</sub> (тіамін).

Вітамін В<sub>1</sub> у лужному середовищі під дією калій гексацианідоферату (ІІІ) окислюється в тіохром - пігмент жовтого кольору, який у ізобутиловому спирті зумовлює інтенсивно синю флуоресценцію.

Матеріали та реактиви.

Розчин тіаміну (5 мкг у 1 мл – одна ампула),  
1 %-й розчин K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>],  
30 %-й розчин NaOH,  
ізобутиловий спирт.

Обладнання.

Джерело ультрафіолетового випромінювання (флуороскоп), штатив із пробірками, піпетки.

Хід роботи.

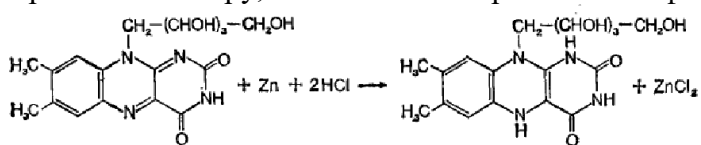
До 1 мл розчину вітаміну В<sub>1</sub>, додають 2 мл суміші (1 мл розчину K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] і 1 мл розчину NaOH), інтенсивно перемішують і залишають на 3 хв. Потім додають 5 мл ізобутилового спирту та інтенсивно струшують протягом 2 хв.

Очікуваний результат.

Інтенсивна синя флуоресценція отриманого розчину, видима під флуороскопом (в ультрафіолетовому промінні).

Дослід 2. Якісна реакція на вітамін В<sub>2</sub> (рибофлавін).

Під час змішування металічного цинку з концентрованою хлоридною кислотою утворюється водень, який відновлює жовтий рибофлавін спочатку на родофлавін (проміжна сполука) червоного кольору, а потім на безбарвний лейкофлавін.



Окислена форма

Відновлена форма

Матеріали та реактиви.

Концентрована хлоридна кислота,  
металічний цинк,  
0,025 %-й розчин вітаміну В2 (суспензія рибофлавіну у воді, одна ампула).

*Обладнання.*

Штатив із пробірками, піпетка.

*Хід роботи.*

В пробірку вливають 1 мл розчину вітаміну В2, 0,5 мл концентрованої соляної кислоти й кидають грудочку металічного цинку.

*Очікуваний результат.*

Рідина у пробірці поступово забарвлюється в рожевий колір, а потім знебарвлюється. Під час збовтування знебарвлений розчин лейкофалівну знову окислюється киснем повітря до рибофлавіну.

### Дослід 3. Якісна реакція на вітамін РР (антипелагричний вітамін).

Під час нагрівання вітаміну РР із розчином ацетату міді утворюється погано розчинний осад мідної солі вітаміну РР синього кольору.

*Матеріали та реактиви.*

Порошок вітаміну РР (або одна ампула),

10 %-й розчин оцтової кислоти,

5 %-й розчин ацетату міді.

*Обладнання.*

Штатив із пробірками, піпетки.

*Хід роботи.*

В пробірку вносять 5-10 мг вітаміну РР і розчинюють під час нагрівання в 1 - 2 мл розчину оцтової кислоти, або вміст однієї ампули вітаміну (1 мл). До нагрітого до кипіння розчину додають такий же об'єм розчину ацетату міді.

*Очікуваний результат.*

Рідина стає каламутною й набуває блакитного кольору, а через деякий час випадає синій осад.

### Дослід 4. Якісна реакція на вітамін В6 (піридоксин).

Під час взаємодії піридоксину з розчином ферумхлориду рідина забарвлюється в червоний колір завдяки утворенню комплексної солі типу феноляту феруму.

*Матеріали та реактиви.*

Водний розчин (1 %-й) вітаміну В6,

1 %-й розчин  $\text{FeCl}_3$ .

*Обладнання.*

Штатив із пробірками, піпетки.

*Хід роботи.*

У пробірці перемішують 1 мл водного розчину піридоксину та дві краплі розчину хлориду феруму.

**Що спостерігається?**

### Дослід 5. Якісні реакції на вітамін С (аскорбінову кислоту).

Аскорбінова кислота може легко вступати в окисно-відновні реакції й відновлювати 2,6-дихлорфеноліндофенол, калій гексаціанідоферат (III), нітрат срібла, метиленовий синій. При цьому окислена форма 2,6-дихлорфеноліндо-фенолу (синього кольору) та метиленовий синій відновлюється на безбарвні лейкосполуки, а  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  - на  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , який утворює сіль синього або зеленого кольору.

*Матеріали та реактиви.*

10 %-й розчин хлоридної кислоти,

0,1 %-й розчин аскорбінової кислоти,  
0,01 %-й розчин метиленового синього,  
10 %-й розчин  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  
1 %-й розчин  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  
1 %-й розчин  $\text{FeCl}_3$ .

*Обладнання.*

Штатив із пробірками, крапельниця, піпетки, термостат.

*Хід роботи.*

**А. Реакція з метиленовим синім.** У дві пробірки вносять по краплині розчину метиленового синього та по краплині розчину натрій карбонату. У першу додають п'ять краплин розчину аскорбінової кислоти, в другу - п'ять краплин води й залишають у термостаті (37—40°C).

**Б. Реакція з калій гексаціанідофератом (III).** До 1 мл розчину аскорбінової кислоти додають 1 мл розчину  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  і 0,5 мл розчину  $\text{FeCl}_3$ .

**Що спостерігається?**

А:

Б:

#### ЛІТЕРАТУРА

71. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.

72. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.

73. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.

74. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.

75. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**Лабораторна робота №16**

**4 год.**

**ТЕМА: НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНІ БІОРЕГУЛЯТОРИ. ЖИРОРОЗЧИННІ ВІТАМІНИ.**

#### ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Вітамін А.
2. Вітамін D.
3. Вітамін Е.
4. Вітамін К.

Дослід 1. Якісна реакція на вітамін А.

*Матеріали та реактиви.*

розчин вітаміну А,  
концентрована сульфатна кислота.

*Обладнання.*

Штатив із пробірками, крапельниця.

*Хід роботи.*

В пробірку вносять 2 краплі розчину вітаміну А та доливають 2 краплі концентрованої сульфатної кислоти.

## Що спостерігається?

### Дослід 2. Виявлення вітаміну Е реакцією з ферум (III) хлоридом.

Спиртовий розчин альфа-токоферолу окиснюється ферум хлоридом до токоферілхінону червоного кольору.

*Матеріали та реактиви.*

0,1% розчин токоферолу

1% розчину ферум (III) хлориду

*Обладнання.*

Штатив із пробірками, крапельниця.

*Хід роботи.*

В суху пробірку вливають 4-5 крапель 0,1% розчину токоферолу, додають 0,5 мл 1% розчину ферум хлориду, перемішують, нагрівають.

## Що спостерігається?

### Дослід 3. Виявлення вітаміну К реакцією з аніліном.

Спиртовий розчин 2-метил-1,4-нафтохінону за наявності аніліну забарвлюється в червоний колір, що зумовлено утворенням 2-метил-3-феніламіно-1,4-нафтохінону.

*Матеріали та реактиви.*

0,05% спиртового розчину вікасолу

0,05% розчину аніліну

*Обладнання.*

Штатив із пробірками, крапельниця.

*Хід роботи.*

В пробірку наливають 16 крапель 0,05% спиртового розчину вікасолу і додають 2 краплі 0,05% розчину аніліну, струшують.

## Що спостерігається?

## ЛІТЕРАТУРА

76. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.

77. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. – Львів, «Інтелект-Захід, 2005. – 560с.

78. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.

79. Ю.І. Губський. Біологічна хімія. Київ-Вінниця. Нова книга. 2007.655с.

80. Ю.І.Губський . Біоорганічна хімія. Вінниця. Нова книга.2006.

Дата

Підпис викладача

**Лабораторна робота №17**

**2 год.**

## **ТЕМА: НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНІ БІОРЕГУЛЯТОРИ. ГОРМОНИ.**

### ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Гормони.
2. Алкалоїди.
3. Терпени.

#### 4. Антибіотики.

##### Дослід 2. Реакції на адреналін.

**А. Реакція з ферум(III)хлоридом** характерна для пірокатехінового ядра, що входить до складу адреналіну.

*Матеріали та реактиви.*

розчину адреналіну

1% розчин ферум(III) хлориду

*Обладнання.*

Штатив із пробірками.

*Хід роботи.*

В пробірку вносять 4 краплі розчину адреналіну і 1 краплю 1% розчину ферум(III)хлориду.

**Що спостерігається?**

**Б. Флуоресцентне визначення адреналіну.** Адреналін, що окислюється киснем повітря, при додаванні луку утворює флуоресцентні речовини.

*Матеріали та реактиви.*

розчину адреналіну

10% розчин натрій гідроксиду

*Обладнання.*

Штатив із пробірками, флуороскоп.

*Хід роботи.*

В пробірку вносять 5 крапель води, 3 краплі 10% розчину натрій гідроксиду і 1 краплю розчину адреналіну. Пробірку розташовують перед екраном флуороскопа.

**Що спостерігається?**

Дата

Підпис викладача

### Рекомендована література

#### *Основна:*

81. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2 книгах. — Книга 1. Біоорганічна хімія: підручник (ВНЗ IV р. а.) / Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко, І.В. Ніженковська та ін.; за ред. Б.С. Зіменковського, І.В. Ніженковської. — 2-е вид., випр. — 2017. — 272 с.

82. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2 книгах. — Книга 2. Біологічна хімія: підручник (ВНЗ IV р. а.) / І.Ю. Губський, І.В. Ніженковська, М.М. Корда та ін.; за ред. Ю.І. Губського, І.В. Ніженковської. — 2-е вид., випр. — 2017 — 544 с.

83. Біоорганічна хімія: навчальний посібник. / Лендел В.Г., Балог І.М., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Сливка М.В., Русин І.Ф./ - Вид. 3-тє, переробл. та доповнене. - Ужгород: ТДВ "Патент". 2014. - 360с.

84. Ісак, О. Д. Хімія природних сполук: підруч. / О. Д. Ісак, Я. Г. Бальон, В. О. Ісак. - Луганськ: Ноулідж, 2012. - 756 с.

85. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. Навч. посібник. — Львів, «Інтелект-Захід, 2005. — 560с.

#### *Додаткова*

1. Остапченко Л. І., Андрійчук Т.Р., Бабенюк Ю.Д. та ін. Біохімія: підручник. —К.: ВПЦ “Київський університет”, 2012. —796 с.

2. Dewick, P. M. Medicinal natural products: a biosynthetic approach / P. M. Dewick. — 2 nd ed. — Chichester ; West Sussex ; England : John Wiley & Sons, Inc., 2002. — 515 p.

3. Hanson, J. R. Natural products: the secondary metabolites / J. R. Hanson. – Cambridge : Royal Society Chemistry, 2002. – 147 p.
4. Jenis J.J Chemistry of natural compounds: educational manual / J. Jenis –Ster. pub. – Almaty: Qazaq university, 2020. – 134 p.
5. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: конспект лекцій для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» денної та заочної форм навч. [Електронний ресурс] / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2018. – 183 с. – Номер у НМВ 58.39 – 08.06.2018.
6. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2015. – 52 с.
7. Бондаренко, С. П. Хімія природних сполук: Методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів напряму 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навч. [Електронний ресурс] / С. П. Бондаренко. - К.: НУХТ, 2014. – 25 с. – Номер у НМВ 61.09 – 28.02.2014. Режим доступу: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/61.09.pdf>
8. Кадикало Е. М. Хімія ліпідів. Частина II: Складні ліпіди. Ізопреноїди: конспект лекцій / Е. М. Кадикало. – Луцьк: П “Зоря–плюс” ВОО ВОІ СОІУ, 2016. – 46 с.
9. Кадикало Е. М. Хімія природних сполук: методичні вказівки до лабораторного практикуму / Е. М. Кадикало. – Луцьк: П “Зоря–плюс” ВОО ВОІ СОІУ, 2021. – 47 с.
10. Остапченко Л. І., Андрійчук Т.Р., Бабенюк Ю.Д. та ін. Біохімія: підручник. –К.: ВПЦ “Київський університет”, 2012. —796 с.
11. Практикум з ідентифікації лікарської рослинної сировини : навч. посіб. / [В.М. Ковальов, С.М. Марчишин, О.П. Хворост та ін.] ; за ред. В.М. Ковальова, С.М. Марчишин. - Тернопіль : ТДМУ, 2014. – 264 с.
12. Хімія природних сполук: конспект лекцій / укладач: Е. М. Кадикало. – Луцьк: П “Зоря–плюс” ВОО ВОІ СОІУ, 2021. – 108 с.