

**ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

**Біологічний факультет**

**Лабораторний практикум з біохімії.  
Методичні рекомендації до лабораторних  
робіт зі змістового модулю  
«Білки і пептиди»**



**для студентів біологічного факультету  
денної та заочної форми навчання**

**Ужгород – 2023**

**Лабораторний практикум з біохімії. Методичні рекомендації до лабораторних робіт зі змістового модулю «Білки і пептиди» для студентів біологічного факультету денної та заочної форми навчання/ упорядники Колесник А.В., Сікура А.О. – Ужгород, 2023. – 33 с.**

Пропонований посібник містить методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з курсу "Біохімія", які відповідають програмі нормативної дисципліни ОК 23 «Біохімія» для студентів біологічного факультету ДВНЗ «УжНУ». Метою посібника є ознайомлення студентів з темою та змістом лабораторних занять зі змістового модулю «Білки і пептиди», описом основних методів досліджень, набуття практичних навичок лабораторної роботи та кращого засвоєння теоретичного матеріалу, отриманого на лекціях та під час самостійної підготовки.

Рецензенти:

**доц. каф. ботаніки біологічного факультету ДВНЗ «УжНУ»,  
к.б.н., доц. І.В. Бесеганич**

**доц. каф. фізіології та патофізіології медичного факультету ДВНЗ «УжНУ»,  
к.мед.н., доц. Ю.М.Савка**

Рекомендовано:

**Рішенням кафедри генетики, фізіології рослин і мікробіології:  
протокол № 11 від « 11 » червня 2023року.**

**Рішенням Методичної комісії біологічного факультету ДВНЗ «УжНУ»:  
Протокол № 5. від «26» червня 2023року.**

**ЗМІСТ**

<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1</b> <b>Якісні реакції на білки.</b>	<b>7</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2</b> <b>Якісні реакції на амінокислоти.</b>	<b>11</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3</b> <b>Дослідження властивостей амінокислот.</b>	<b>15</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4</b> <b>Фізико-хімічні властивості білків.</b> <b>Визначення ізoeлектричної точки білку.</b>	<b>18</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5</b> <b>Фізико-хімічні властивості білків.</b> <b>Осадження білків.</b>	<b>22</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6</b> <b>Фізико-хімічні властивості білків.</b> <b>Осадження білків фенолом, формальдегідом</b> <b>та нейтральними солями.</b>	<b>26</b>
<b>ТЕСТИ</b>	<b>29</b>
<b>ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА</b>	<b>34</b>

## ПРАВИЛА ПОВЕДІНКИ В БІОХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

### *Правила поведінки під час роботи у лабораторії:*

1. Працюйте у начальній лабораторії в медичному халаті та будьте обережні під час виконання лабораторних завдань, пам'ятаючи, що неохайність, неувважність, недостатня обізнаність із властивостями хімічних речовин та їх взаємодії може спричинити нещасний випадок, а також негативно вплинути на результати експериментів.
2. Не тримайте під час роботи на столі нічого зайвого, на ньому можуть бути методичні вказівки до виконання лабораторного практикуму, довідник, лабораторний журнал та письмове приладдя. Хімічні реактиви не можна брати руками та пробувати на смак, їх відбирають за допомогою відповідного лабораторного оснащення.
3. Прочитайте послідовність виконання лабораторної роботи та перевірте, чи є все необхідне для досліду. Уважно читайте етикетку на ємкості з хімічним реактивом, відкривши яку не кладіть боком на лабораторний стіл, а встановіть у вертикальне положення. Користуйтеся хімічно чистим посудом та оснащенням.
4. Записуйте хід виконання лабораторної роботи, окремі спостереження під час її виконання, рівняння відповідних реакцій та висновки до лабораторного журналу.
5. Користуйтеся пробіркотримачем під час нагрівання розчинів у пробірці. Уважно стежте за тим, щоб отвір пробірки був спрямований від вашого обличчя, бо рідина внаслідок перегрівання може виплеснутися з пробірки. Не заглядайте в пробірку, в якій нагрівається рідина.
6. Якість хімічних реактивів визначається ступенем чистоти: хімічно чисті (х.ч.), чисті для аналізу (ч.), технічні (т.), особливої чистоти (о.ч.), спектрально чисті (с.ч.). Для кожної категорії існує гранично допустима частка домішок.
9. Реактиви, які змінюються під впливом світла, необхідно зберігати в темному склі, гігроскопічні – в ексикаторі, а такі, що швидко розкладаються, – в холодильнику.
10. Приберіть своє робоче місце після закінчення роботи, перекрийте воду, вимкніть електронагрівальні прилади і ретельно вимийте руки.

### *Вимоги безпеки під час виконання роботи*

В біохімічній лабораторії дозволяється працювати тільки на заземлених об'єктах.

Для попередження нещасних випадків забороняється:

- запускати будь-який прилад без попередньої перевірки та залишати діючий прилад без нагляду;
- виносити з лабораторії прилади, посуд і реактиви;
- залишати будь-які речовини у посуді без етикеток;
- заглядати в пробірку чи колбу зверху;
- виливати до раковини залишки кислот, лугів, вогнебезпечних рідин.

Слід дотримуватися запобіжних заходів при роботі з вибуховими та легкозаймистими речовинами. Працювати з отруйними речовинами дозволяється лише у витяжній шафі.

Розчини, що містять кислоти та луги, перед тим як вилити до каналізаційної системи, необхідно нейтралізувати.

Речовини, що мають різкий запах, та отруйні речовини повинні бути знешкоджені хімічною обробкою або спалені в спеціально відведеному місці за межами лабораторії, бажано на повітрі.

Закінчивши роботу, черговим необхідно:

- привести до ладу робоче місце, прилади й апаратуру;
- перевірити, чи видалені з приміщення лабораторії надлишки горючих і легкозаймистих речовин, відпрацьовані рідини, сміття, промаслене ганчір'я;
- перевірити, чи весь посуд із реактивами закритий і розміщений на відведених місцях.

#### ***Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях***

При виникненні пожежі потрібно негайно вимкнути газ у всій лабораторії, прибрати із аудиторії всі горючі речовини, засипати піском або закрити ковдрою полум'я та повідомити черговому пожежної охорони про те, що сталося.

Якщо в лабораторії з будь-яких причин пролита значна кількість легкозаймистої рідини, то необхідно загасити всі горілки та електричні нагрівачі, відчинити вікна та зібрати пролиту рідину ганчіркою або рушником, місце виливу засипати піском, потім зібрати його дерев'яною лопаткою й винести в спеціально відведене місце.

При легких термічних опіках шкіру необхідно обмити спиртом, а потім змастити гліцерином або вазеліном. При сильніших опіках обпечене місце після промивання концентрованим розчином перманганату калію та спиртом необхідно змастити засобом від опіків (наприклад, сульфідиновою емульсією).

При опіках сильними кислотами потрібно промити обпечене місце великою кількістю води, після чого обробити 3 % розчином соди.

При опіках сильними лугами шкіру необхідно промити водою, після чого нейтралізувати 1 % розчином борної кислоти. Аміак майже не діє на шкіру, але при попаданні в очі може викликати сильне пошкодження чи навіть сліпоту.

При випадковому попаданні реактивів у шлунково-кишковий тракт рекомендується випити більше води. Поряд із цим необхідно:

- а) при отруєнні кислотами – випити склянку 2 % вуглекислої соди;
- б) при отруєнні лугами – випити склянку 2 % оцтової або лимонної кислоти.

При отруєнні необхідно вивести того, хто постраждав, на свіже повітря, зробити штучне дихання та викликати лікаря.

При порізах передусім необхідно видалити з рани уламки скла, краї рани продезінфікувати 3 % спиртовим розчином йоду, а потім накласти стерильну пов'язку. При сильних кровотечах слід накласти вище рани джгут та викликати лікаря або направити постраждалого до амбулаторії (поліклініки).

У випадку спалаху займистої рідини необхідно загасити всі горілки, прикрити полум'я азбестовим рушником або засипати його піском, скористатися вогнегасником із вуглекислим газом. Розчинні у воді вогнебезпечні речовини, такі як спирт, ацетон та інші, можна загасити водою. Якщо горить нерозчинна у воді речовина (наприклад, ефір, бензол, бензин, скипидар), то воду використовувати для гасіння пожежі не можна, оскільки вона може збільшитися. У цьому випадку полум'я потрібно гасити піском та використовувати вогнегасник.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

### Якісні реакції на білки

**Реактиви та обладнання:** 10% розчин яєчного білку, 10% розчин желатину, кристалічна сечовина ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ), 1% розчин купруму сульфату ( $\text{CuSO}_4$ ); 30% розчин натрію гідроксиду ( $\text{NaOH}$ ), концентрований розчин пікринової кислоти ( $\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$ ), 1% розчин нінгідрину в ацетоні (95%), натрій гідрокарбонат кристалічний ( $\text{NaHCO}_3$ ), 10% натрій карбонат ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), концентрована нітратна кислота ( $\text{HNO}_3$ ), 1% розчин сульфанілової кислоти ( $\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}_3\text{S}$ ) в розчині (5%) хлоридної кислоти ( $\text{HCl}$ ), 0,5% розчин натрій нітрату ( $\text{NaNO}_3$ ), піпетки, штатив з пробірками, піпетки, водяна баня.

### Дослід 1. Біуретова реакція.

**Принцип методу.** Біуретова реакція полягає у виникненні мідного комплексу, забарвленого у рожево-фіолетовий колір при нагріванні сильно лужного розчину сечовини – біурета, або білка з солями купруму. Ця реакція не специфічна, бо подібний комплекс утворюють не тільки пептиди і білки, але і біурет. Реакція зумовлюється наявністю не менше ніж двох пептидних зв'язків. Колір комплексу залежить від довжини пептидного ланцюга. Дипептиди дають рожевий комплекс, трипептиди – фіолетовий, пептиди з довжиною ланцюга від 4 амінокислотних залишків і більше – синій комплекс. Так, синьо-фіолетове забарвлення утворюють розчини білків, а продукти їх неповного гідролізу – рожеве або червоне забарвлення.

Хід роботи.

Реакція з біуретом, який отримують із сечовини.

1. У суху пробірку беруть 0,5г сечовини й обережно нагрівають на полум'ї. Сечовина спочатку плавиться, а при подальшому нагріванні виділяється амоніак. У результаті нагрівання з сечовини утворюється біурет, а амоніак виділяється у вигляді газу (це визначають за запахом і зміною кольору універсального індикаторного паперу, змоченого у воді й піднесеного до пари, що виділяється з пробірки, на синій).

2. До охолодженого біурету додають 1-2 мл розчину  $\text{NaOH}$  (30%), струшують і додають декілька крапель розчину  $\text{CuSO}_4$  (1%).

3. Спостерігають зміну забарвлення. Отримані результати заносять до таблиці.

Реакція з білками:

1. У пробірку № 1 наливають 2 мл 10% розчину яєчного білку, у № 2 – 2 мл 10% розчину желатину.
2. У кожен пробірку додають 4 мл 30% розчину NaOH, добре перемішують і за допомогою скляної палички вносять декілька крапель 1% розчину CuSO<sub>4</sub>.
3. Спостерігають зміну забарвлення. Враховувати, що якщо буде внесено велику кількість розчину купрум сульфату, то надлишок купрум гідроксиду, що при цьому утворюється, буде маскувати забарвлення мідного комплексу білку, весь розчин буде синім. Отримані результати заносять до зведеної таблиці.

### **Дослід 2. Нінгідринова реакція.**

*Принцип методу.* Нінгідринова реакція – це реакція ароматичного трикетону нінгідрину з речовинами, що мають вільні аміногрупи. Амінокислоти, пептиди і білки мають такі вільні аміногрупи і при взаємодії з нінгідрином утворюють барвник Руемана синьо-фіолетового кольору. Реакція не є специфічною на амінокислоти, пептиди і білки, будь-які речовини, що містять вільну аміногрупу, і навіть амоніак, дають позитивну реакцію. Нуклеїнові кислоти теж дають цю реакцію.

Хід роботи.

1. У пробірку № 1 наливають 2мл 10% розчину яєчного білку, у № 2 - 2мл 10% розчину желатину.
2. У кожен пробірку додають 0,5 мл 1% розчину нінгідрину. Перемішують і ставлять у водяну баню при 70°C на 15-20 хвилин.
3. Спостерігають зміну забарвлення. Отримані результати заносять до зведеної таблиці.

### **Дослід 3. Реакція з пікриною кислотою.**

*Принцип методу.* Пікринова кислота при нагріванні з білком у лужному середовищі відновлюється до пікрамінової кислоти червоного кольору. Реакція не є специфічною. Цю реакцію можна провести також з іншими відновниками, наприклад, із глюкозою.

Хід роботи.

1. У пробірку № 1 наливають 2мл 10% розчину білку , №2 – 2 мл 10% розчину желатину. В кожен пробірку додають 0,3-0,5г порошку натрій гідрокарбонату.



2. До обох пробірок додають 1 – 2 краплі насиченого розчину пікринової кислоти й кип'ятять впродовж 5-10 хвилин.

3. Спостерігають зміну забарвлення. Отримані результати заносять до зведеної таблиці.

#### **Дослід 4. Ксантопротеїнова реакція.**

*Принцип методу.* Ксантопротеїнова реакція характерна для білків, що містять циклічні амінокислоти – фенілаланін, тирозин і триптофан. Реакція не є специфічною, характерна також для простих ароматичних сполук, наприклад фенолу. Реакція полягає в тому, що більшість білків при нагріванні з концентрованою нітратною кислотою дають жовте забарвлення, яке в лужному середовищі переходить в помаранчеве. Зумовлена нітруванням бензольного кільця циклічних амінокислот з утворенням нітросполук жовтого кольору, а в лужному середовищі – солей хіноїдної природи, забарвлених у помаранчевий колір.

Хід роботи.

1. У пробірку № 1 наливають 2мл 10% розчину білку , №2 – 2 мл 10% розчину желатину

2. До кожної пробірки додають 6-10 крапель концентрованої  $\text{HNO}_3$ , обережно нагрівають. Під впливом кислоти з'являється осад білка, що при нагріванні забарвлюється у жовтий колір.

3. Потім пробірки охолоджують і обережно додають по 10 крапель концентрованого аміаку або 30% розчину  $\text{NaOH}$ .

4. Спостерігають зміну забарвлення. Отримані результати заносять до зведеної таблиці.

#### **Дослід 5. Реакція Паулі.**

*Принцип методу.* Реакція Паулі – це реакція азосполучення п-сульфогенілдіазонійхлориду з ароматичними амінокислотами як вільними, так і у складі пептидів і білків. Реакція специфічна. Спочатку проводять на холоді діазотування сульфанілової кислоти, а потім реакцію азосполучення з ароматичними амінокислотами у складі білків. Спостерігається помаранчево-червоне забарвлення у результаті утворення азобарвника.

## Хід роботи.

1. В пробірку наливають 1мл розчину сульфанілової кислоти (1%) в розчині хлоридної кислоти (5%) та додають 2мл розчину  $\text{NaNO}_3$  (0,5%) і ретельно перемішують.

2. Відразу додають спочатку 2мл 10% розчину білку, а потім, після перемішування вмісту пробірки, 6мл розчину  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (10%), знову ретельно перемішують.

3. Спостерігають зміну забарвлення. Отримані результати заносять до зведеної таблиці.

4. Пояснити отримані результати лабораторної роботи, зробити висновки.

Таблиця. Результати дослідів.

№ п/п	Назва реакції	Матеріали дослідів	Реактиви	Результати спостережень	Чим зумовлена реакція
1.	Біуретова				
2.	Нінгідрінова				
3.	З пікриновою кислотою				
4.	Ксанто-протеїнова				
5.	Паулі				

**Контрольні запитання**

1. Дайте характеристику протеїнам і протеїдам.
2. Що таке пептидний зв'язок. Створіть трипептид.
3. В чому головна суть якісних реакцій на білки і їх значення.
4. В чому відмінність між специфічними та неспецифічними якісними реакціями на білки.
5. Хімічні та фізичні властивості білків.

Використана література: 1, 3

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

### Якісні реакції на амінокислоти

**Реактиви та обладнання:** 10% розчин та нерозбавлений яєчний білок, 10% розчин желатину, 10% розчин сахарози ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), сульфатна кислота концентрована ( $H_2SO_4$ ), льодяна оцтова кислота ( $CH_3COOH(C_2H_4O_2)$ ), гліоксалева кислота ( $CH(OH)_2COOH$ ), 30% та 10% розчини натрію гідроксиду ( $NaOH$ ), 0,5% розчин плюмбум ацетату ( $Pb(C_2H_3O_2)_2$ ), 0,2% спиртовий розчин  $\alpha$ -нафтолу ( $C_{10}H_8O$ ), 5% натрій гіпоброміт ( $NaBrO$ ), 40% розчин сечовини ( $CH_4N_2O$ ), 0,001% розчин проліну ( $C_5H_9NO_2$ ), 1% розчин нінгідриду ( $C_9H_6O_4$ ) в 95% ацетоні, реактив Міллона, штатив з пробірками, піпетки, водяна баня.

#### Дослід 1. Реакція Шульце-Распайля (на триптофан).

**Принцип методу.** Реакція заснована на здатності триптофану у кислому середовищі взаємодіяти з альдегідами, утворюючи при цьому забарвлені продукти конденсації. Під впливом сульфатної кислоти відбувається гідроліз сахарози до моносахаридів, які зневоднюються й перетворюються в оксиметилфурфурол. Триптофан, реагуючи з оксиметилфурфуролом, утворює комплекс, забарвлений у вишнево – червоний колір.

Хід роботи.

1. У пробірку №1 наливають 2 мл 10% розчину білку, у пробірку № 2 – 10% розчин желатину, потім додають 2 краплі розчину сахарози.
2. Піпеткою нашаровують 1мл концентрованої сульфатної кислоти. На межі двох рідин з'являється забарвлення у вигляді кільця.
3. Спостерігають зміну забарвлення. Отримані результати заносять до зведеної таблиці.

#### Дослід 2. Реакція Адамкевича (на триптофан).

**Принцип методу.** Це реакція на амінокислоту триптофан з гліоксалевою кислотою, в результаті якої відбувається конденсація двох залишків триптофану з утворенням сполуки, яка має довгий ланцюг спряжених подвійних зв'язків, що зумовлює виникнення червоно-фіолетового забарвлення, інтенсивність якого залежить

від кількості триптофану в білках. Концентрована сульфатна кислота бере участь у реакції як водовідбірна речовина.

Хід роботи.

1. У пробірку № 1 налити 1мл нерозведеного яєчного білку, у пробірку № 2 – 1мл желатину.
2. У кожену пробірку додати по 2 мл льодяної оцтової кислоти, до якої внесено трохи гліоксалевої кислоти.
3. Суміші нагрівають до розчинення осаду, який утворився, потім охолоджують
4. Обережно, нахиливши пробірки, по стінці вливають 1 мл концентрованої сульфатної кислоти так, щоб рідини не змішувалися, а утворили два шари.
5. На межі двох рідин спостерігають появу забарвленого кільця. Отримані результати заносять до зведеної таблиці.

### **Дослід 3. Реакція Фоля (на сульфурвмісні амінокислоти).**

*Принцип методу.* До складу молекул більшості білків входять сульфурвмісні амінокислоти – цистеїн, цистин і метіонін. Реакція Фоля виявляє в білках цистеїн і цистин, що містять слабо зв'язаний сульфур, але не виявляє метіоніну, у якому сульфур зв'язаний дуже міцно. При нагріванні з лугом від цих амінокислот відщеплюється сульфур у вигляді гідроген сульфідіду, що виявляється у реакції з плюмбум ацетатом. Іони плюмбуму утворюють з дигідроген сульфідом чорний або бурий (залежно від концентрації білку й сульфурвмісних амінокислот) осад плюмбуму сульфідіду.

Хід роботи.

1. У пробірку № 1 наливають 2-3мл 10% розчину яєчного білку, у пробірку № 2 – 3мл 10% желатину, у пробірку № 3 – помістити 1-2 волосини.
2. У кожену пробірку додають подвійний об'єм 30 % розчину NaOH та 3-5 крапель 5% розчину плюмбуму ацетату.
3. Суміші обережно нагрівають протягом 5 хвилин (доводять до кипіння).
4. Спостерігають поступову зміну кольору розчину в результаті утворення PbS. Отримані результати заносять до зведеної таблиці.

#### Дослід 4. Реакція Сакагучі (на аргінін).

*Принцип методу.* Це реакція як на вільний аргінін, так і на аргінін у складі білків. За наявності окисника NaBrO аргінін взаємодіє з  $\alpha$ -нафтолом з утворенням похідного нафтохіноніміну.

Хід роботи.

1. У пробірку № 1 наливають 2-3мл 10% розчину яєчного білку, у пробірку № 2 – 3мл 10% розчину желатину.
2. У пробірки вносять по 1мл 10% натрій гідроксиду та відразу по декілька крапель спиртового розчину 0,2%  $\alpha$ -нафтолу, перемішують.
3. У пробірки доливають по 0,5 мл розчину натрій гіпоброміду, для стабілізації забарвлення додають 1мл 40% розчину сечовини.
4. Спостерігають поступову зміну кольору розчину. Отримані результати заносять до зведеної таблиці.

#### Дослід 5. Реакція проліну з нінгідрином.

*Принцип методу.* При взаємодії амінокислоти проліну з нінгідрином утворюється сполука, яка має жовте забарвлення на відміну від інших білкових амінокислот, які з нінгідрином дають продукти, що мають червоно-фіолетове забарвлення.

Хід роботи.

1. У пробірку №1 вносять 2-3 мл 10% розчину білку, пробірку №2 – стільки ж 0,001% розчину проліну.
2. До кожної пробірки додають по декілька крапель розчину нінгідрину в ацетоні.
3. Вміст пробірок перемішують і нагрівають на водяній бані при 70°C протягом 5хв.
4. Спостерігається зміна забарвлення розчину. Отримані результати заносять до зведеної таблиці.

#### Дослід 6. Реакція Міллона (на тирозин).

*Принцип методу.* Визначення проводиться шляхом додавання реактиву Міллона — розчину  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  і  $\text{HgNO}_3$  у нітратній кислоті, що містить сліди нітритної кислоти. В ході взаємодії іони  $\text{Hg}^{2+}$  утворюють фенолят і координують довкола себе

нітрозогрупи, котрі приєдналися внаслідок нітрозилування бензенового кільця у тирозині. Кінцева сполука утворюється у вигляді червоно-коричневого осаду.

Хід роботи.

1. У пробірку № 1 наливають 2-3мл 10% розчину яєчного білку, у пробірку № 2 – 3мл 10% розчину желатину.
2. До пробірок додають по 5 крапель реактиву Міллона. Утворюється білий осад.
3. Пробірки повільно нагрівають не вище 50°C. Спостерігають поступову зміну кольору в пробірках.
4. Порівнюють результати в пробірках з яєчним білком і желатином. Отримані результати заносять до зведеної таблиці.
5. Пояснюють отримані результати лабораторної роботи, роблять висновки.

Таблиця. Результати дослідів.

№ п/п	Назва реакції	Матеріали дослідів	Реактиви	Результати спостережень	Чим зумовлена реакція
1.	Шульце-Распайля				
2.	Адамкевича				
3.	Фоля				
4.	Сакагучі				
5.	Проліну з нінгідрином				
6	Міллона				

### Контрольні запитання

1. Дайте характеристику замінним і незамінним амінокислотам.
2. Що обумовлює амфотерність амінокислот.
3. Сучасні методи розділення амінокислот і їхнього кількісного аналізу.
4. Циклічні амінокислоти. Їх будова, характеристика.
5. Сульфурвімісні амінокислоти. Їх будова, характеристика.

Використана література: 1, 3.



## Дослід 2. Реакції амінокислот у водних розчинах.

*Принцип методу.* Амінокислоти добре розчинні у воді. Внаслідок наявності в структурі кислотного центру (група — COOH) та основного центру (група — NH<sub>2</sub>) амінокислоти кристалізуються з нейтральних водних розчинів у вигляді внутрішніх солей, що дістали назву біполярні іони. У хімічному відношенні амінокислоти виявляють властивості первинних амінів та карбонових кислот.

Хід роботи.

1. В три пробірки вносять по 0,5мл 1% розчинів досліджуваних амінокислот
2. В кожную пробірку додають по кілька крапель універсального індикатора. Спостерігають за зміною забарвлення.
3. Заповнити таблицю. Пояснити результати досліду, записати рівняння реакцій, які дають уяву про іонізацію функціональних груп амінокислот у водних розчинах при різних значеннях рН. Зробити висновок.

Таблиця. Результати досліду.

Амінокислота	Зміна забарвлення	Рівняння реакції

## Дослід 3. Вивчення амфотерних властивостей L-аланіну.

*Принцип методу.* Кожна амінокислота може вступати в хімічні реакції, які є характерними як для аміно-, так і для карбоксильної групи, наприклад, в реакції утворення солей. Аміногрупи можуть бути ацильовані, карбоксильні – етерифіковані.

Хід роботи.

1. У дві пробірки внести по 0,5мл 1% розчину аланіну.
2. В одну з них при постійному перемішування додати по краплях 0,1% розчин хлоридної кислоти в присутності індикатора Конго до зміни забарвлення.
3. В іншу пробірку при постійному перемішуванні по краплях внести 0,1% розчин натрій гідроксиду в присутності фенолфталеїну до зникнення забарвлення.
4. Пояснити результати досліду та записати висновки.

### Контрольні запитання

1. Залежність між будовою і властивостями радикалів амінокислот та їх розчинністю.
2. Залежність розчинності амінокислот від полярності розчинника.



3. Особливість розчинності циклічних амінокислот.
4. Пояснити властивості лізину та глутамінової кислоти в лужному, нейтральному та кислому середовищах.
5. Чим зумовлені амфотерні властивості аланіну.

Використана література: 1, 3, 4

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

### Фізико-хімічні властивості білків. Визначення ізoeлектричної точки білку

**Реактиви та обладнання:** яєчний білок нерозведений та 10% водний розчин, кристалічний казеїн, дистильована вода, 0,1 моль/дм<sup>3</sup> натрій ацетат (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>NaO<sub>2</sub>), оцтова кислота (CH<sub>3</sub>COOH) (в концентраціях 1%, 10% та 0,1 моль/дм<sup>3</sup>), 10% натрій гідроксид (NaOH), насичений розчин натрій хлориду (NaCl), нагрівальні прилади, водяна баня, колба об'ємом 200мл, піпетки, штатив з пробірками.

#### Дослід 1. Визначення ізoeлектричної точки білку казеїну.

**Принцип методу.** Оскільки конкретні білки мають певні значення рІ, то цим користуються для фракціонування білків із суміші, створюючи відповідні значення рН середовища. Переводять білки в осад послідовно і відділяють кожного разу осад білків.

Такий спосіб розділення суміші білків називається методом ізoeлектричного осадження. Ізoeлектричні точки білків крові тварин мають значення здебільшого 5,5...5,8. Для того, щоб запобігти переходу цих білків у результаті ацидозу в ізoeлектричний стан і коагулювати, що дуже небезпечно для організму, існують буферні системи крові, які утримують рН крові близько 7,4. При такому значенні рН кислі білки крові мають від'ємні заряди і знаходяться далеко від значень рІ, що гарантує їх нормальне функціонування.

Хід роботи.

1. Приготування 0,1% розчину казеїну в розчині ацетату (0,1 моль/дм<sup>3</sup>):
  - 1.1. до кристалічного казеїну масою 0,2 г додають 5мл розчину натрій ацетату (0,1 моль/дм<sup>3</sup>);
  - 1.2. після розчинення казеїну доводять об'єм до 200см<sup>3</sup> розчином натрій ацетату цієї ж концентрації, ретельно перемішують.
2. Беруть 5 пробірок і вносять у кожну відповідні компоненти згідно таблиці.
3. Після змішування компонентів через 30 хвилин спостерігають за інтенсивністю помутніння розчину у кожній пробірці.
4. Слабке помутніння позначають (+), помірне –(++), сильне –(+++). рН у пробірці, де найбільша інтенсивність коагуляції, відповідає ізoeлектричній точці цього білку.

5. Пояснити результати досліду та записати висновки.

Таблиця. Результати досліду.

Компоненти	Пробірки				
	1	2	3	4	5
Розчин оцтової кислоти (0,1 моль/дм <sup>3</sup> ), мл	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0
Дистильована вода, мл	8,75	8,5	8,0	7,0	5,0
Розчин казеїну (0,1%) в розчині натрій ацетату (0,1 моль/дм <sup>3</sup> ), мл	1	1	1	1	1
pH суміші	5,3	5,0	4,7	4,4	4,1
Спостережувана інтенсивність коагуляції					

## Дослід 2. Визначення ізoeлектричної точки яєчного білку.

Хід роботи.

- Приготування 0,1% розчину яєчного білку в розчині ацетату (0,1 моль/дм<sup>3</sup>):
  - до яєчного білку масою 0,2 г додають 5мл розчину натрій ацетату (0,1 моль/дм<sup>3</sup>);
  - після розчинення білку доводять об'єм до 200см<sup>3</sup> розчином натрій ацетату цієї ж концентрації, ретельно перемішують.
- Беруть 5 пробірок і вносять у кожну відповідно компоненти згідно таблиці.
- Після змішування компонентів через 30 хвилин спостерігають за інтенсивністю помутніння розчину в кожній пробірці
- Слабке помутніння позначають (+), помірне –(++), сильне –(+++).  
pH у пробірці, де найбільша інтенсивність коагуляції, відповідає ізoeлектричній точці цього білка.
- Пояснити результати досліду та записати висновки. Порівняти ізoeлектричні точки двох досліджуваних білків.

Таблиця. Результати досліду.

Компоненти	Пробірки				
	1	2	3	4	5
Розчин оцтової кислоти (0,1 моль/дм <sup>3</sup> ), мл	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0
Дистильована вода, мл	8,75	8,5	8,0	7,0	5,0
Розчин яєчного білку (0,1%) в розчині натрій ацетату (0,1 моль/дм <sup>3</sup> ), мл	1	1	1	1	1
pH суміші	5,3	5,0	4,7	4,4	4,1
Спостережувана інтенсивність коагуляції					

### Дослід 3. Згортання білків при нагріванні.

*Принцип методу.* Якщо білок кислий, молекули його мають знак заряду (-), а  $pI < 7,0$ . Якщо  $pH$  середовища більше значення ізоелектричної точки білку, то білкові молекули будуть мати знак заряду (-). Отже, лужне середовище буде запобігати досягненню кислим білком ізоелектричного стану ( $pH < 7,0$ ). Сильнокисле середовище теж буде стримувати досягнення білком ізоелектричного стану, особливо для основних білків, у яких  $pI > 7,0$ . У водному середовищі, особливо поблизу ізоелектричної точки, молекули білку являють собою біполярні іони. У кислому середовищі зменшується дисоціація білку за карбоксильними групами, молекула білку отримує позитивний заряд. У лужному середовищі зменшується протонізація аміногруп білку, молекули отримують від'ємний заряд. Додавання до розчину білку нейтральних солей полегшує і прискорює згортання білків при кип'ятінні внаслідок дегідратації молекули білку. Згортання білків при нагріванні відбувається внаслідок їх денатурації – порушенні четвертинної, третинної, вторинної структури молекули і є процесом практично незворотним.

#### Хід роботи.

1. У п'ять пробірок наливають по 2мл 10% розчину білку.
2. Вміст першої пробірки нагрівають. Осад білку з'являється ще до того, як рідина закипить.
3. До другої пробірки додають одну краплину розчину (1%,) оцтової кислоти, і також нагрівають. Осад випадає швидше внаслідок того, що при підкисненні  $pH$  розчину наближається до ізоелектричної точки білку.
4. У третю пробірку додають біля 0,5мл розчину (10%) оцтової кислоти і нагрівають. Осад білку не утворюється навіть при кип'ятінні. У даному випадку надлишок оцтової кислоти призводить до перезарядки молекул білку, молекули отримують позитивний заряд, взаємно відштовхуються і осад не утворюється.
5. У четверту пробірку додають 0,5мл розчину (10%), оцтової кислоти, декілька крапель насиченого розчину натрій хлориду і нагрівають. Утворюється осад білку.
6. У п'яту пробірку вносять біля 0,5мл розчину натрій гідроксиду і нагрівають. Осад білку не утворюється навіть при кипінні.
7. Результати занести в таблицю. Пояснити результати досліду та записати висновки.

Таблиця. Результати дослідю.

Нейтральне середовище	Слабокисле середовище (1% $\text{CH}_3\text{COOH}$ )	Кисле середовище (10% $\text{CH}_3\text{COOH}$ )	Кисле середовище електроліт (10% $\text{CH}_3\text{COOH}$ + $\text{NaCl}$ )	Лужне середовище (10% $\text{NaOH}$ )

**Контрольні запитання.**

1. Значення пептидів в організмі.
2. Наведіть приклади біологічно активних пептидів (глутатіон, ангіотензин, вазопресин, окситоцин та ін.).
3. Функції білків в організмі (з конкретними прикладами).
4. Поняття про ізомерні білки.
5. Поняття денатурація, ренатурація, деструкція.

Використана література: 1, 2, 3, 4

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

### Фізико-хімічні властивості білків. Осадження білків

**Реактиви та обладнання:** яєчний білок нерозведений та 10% водний розчин, концентровані нітратна ( $\text{HNO}_3$ ), сульфатна ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) і хлоридна кислоти ( $\text{HCl}$ ), 5% трихлороцтова ( $\text{CCl}_3\text{COOH}$ ), 20% сульфосалцилова ( $\text{HO}_3\text{SC}_6\text{H}_5(\text{OH})\text{COOH}$ ) та 10% пікринова кислоти ( $\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$ ), 5% розчин таніну ( $\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{46}$ ), 5% розчин калію заліzosиньородистого ( $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ), 5% розчини купрум сульфату ( $\text{CuSO}_4$ ), пльомбуму ацетату ( $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ ) та аргентум нітрату ( $\text{AgNO}_3$ ), штатив з пробірками, піпетки.

#### Дослід 1. Осадження білків мінеральними кислотами.

**Принцип методу.** Білок при взаємодії з мінеральними кислотами (крім фосфатної) денатурується і випадає в осад внаслідок дегідратації і нейтралізації зарядів колоїдних частинок, а також утворення комплексних солей. При тривалій дії, а також при надлишку всіх мінеральних кислот, за винятком нітратної, відбувається частковий гідроліз і перезарядження білку, осад його розчиняється. При надлишку нітратної кислоти розчинення не відбувається. Реакція осадження білку азотною кислотою є високоспецифічною і високочутливою.

Розчинення осаду білку у надлишку хлоридної кислоти пояснюється тим, що відбувається перезарядка білкової молекули і перехід з ізоелектричного стану у стан із позитивним зарядом білкової молекули. Збільшення осаду білку у надлишку нітратної кислоти відбувається внаслідок процесів нітрування ароматичних амінокислот білку і зшивання поліпептидних ланцюгів білку за рахунок продуктів реакції. У надлишку концентрованої сульфатної кислоти відбувається руйнування молекул білку до найпростіших низькомолекулярних сполук, які не дають осаду.

Хід роботи.

1. У три пробірки наливають по 1мл концентрованих  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  та  $\text{HNO}_3$ .
2. Обережно, по стінці в усі пробірки додають по 1 мл 10% розчину білку. На межі двох шарів рідин утвориться осад білку у вигляді тонкої плівки.
3. Вміст пробірок перемішують і в кожену пробірку додають надлишок кислоти.
4. Результати спостережень заносять до таблиці. Роблять висновки щодо отриманих результатів.

Таблиця. Результати дослідів.

№ п/п	Концентровані мінеральні кислоти	Характер і колір осаду		Чим зумовлена реакція
		При додаванні 1мл кислоти	При додаванні надлишку кислот	
1.	Хлоридна кислота			
2.	Сульфатна кислота			
3.	Нітратна кислота			

### Дослід 2. Осадження білків органічними кислотами.

*Принцип методу.* Органічні кислоти неоднаково діють на білки. Трихлороцтова і сульфосаліцилова кислоти – дуже чутливі й специфічні реактиви на білок, їх широко використовують у лабораторній практиці для повного видалення білків з біологічних рідин.

Трихлороцтова кислота (ТХО) осаджує лише білки й не осаджує високомолекулярні та низькомолекулярні продукти їх розпаду – пептиди, сечовину, аміди, амінокислоти. Це має важливе значення для визначення білкового й небілкового азоту в тканинах. Сульфосаліцилова кислота осаджує не лише білки, а й пептиди. Механізм осадження білків органічними кислотами пояснюється дегідратацією білкової молекули та зняттям електричного заряду.

Хід роботи.

1. У дві пробірки наливають по 1мл 10% розчину білку.
2. В пробірку № 1 додають декілька крапель 10% розчину сульфосаліцилової кислоти, у пробірку № 2 додають декілька крапель ТХО до утворення осаду білку.
3. Результати спостережень заносять до таблиці. Роблять висновки щодо отриманих результатів.
- 4.

Таблиця. Результати дослідів.

№ п/п	Органічні кислоти	Характер і колір осаду	Чим зумовлена реакція
1.	Сульфосаліцилова кислота		
2.	Трихлороцтова кислота		

### Дослід 3. Осадження білків алкалоїдними реактивами.

*Принцип методу.* Реакції осадження білків алкалоїдними реактивами незворотні й зумовлені тим, що білки, як і алкалоїди, мають азотисті гетероциклічні угруповання. Механізм осадження полягає в утворенні нерозчинних солеподібних сполук реактивів на алкалоїди з основними азотистими групами. У цьому комплексі білок є катіоном, а алкалоїдний реактив – аніоном. Осадження білків треба проводити в кислому середовищі, оскільки частинки білку перезаряджаються та переходять у стан катіонів. У лужному середовищі осад білку розчиняється. Протаміни та гістони, що мають позитивний заряд, добре осаджуються алкалоїдними реактивами в нейтральному середовищі без підкислення.

Хід роботи.

1. У три пробірки наливають по 2мл 10% розчину ячного білку й додають по 1-2 краплі 1% розчину ацетату.
2. У пробірку в № 1 наливають кілька крапель (2-3) 10% розчину пікринової кислоти, у пробірку № 2 – відповідно кілька крапель 5% розчину таніну, у пробірку № 3 – кілька крапель 5% розчину калію заліzosиньородистого.
3. Результати спостережень заносять до таблиці. Роблять висновки

Таблиця. Результати дослідів.

№ п/п	Алкалоїдні реактиви	Характер колір осаду	Чим зумовлена реакція
1.	Пікринова кислота		
2.	Танін		
3.	Калій заліzosиньородистий		

### Дослід 4. Осадження білків солями важких металів.

*Принцип методу.* Солі важких металів незворотньо осаджують білки внаслідок зшивання поліпептидних ланцюгів багатовалентними атомами металів. Тому білки застосовують при отруєнні солями важких металів. Білки з розчинів адсорбують солі важких металів (плюмбуму, купрум, аргентуму, меркурію) на поверхні білкових молекул й утворюють з ними міцні солеподібні комплексні сполуки, а також змінюють



електричний заряд і структуру макромолекул, що і призводить до денатурації. Для осадження білків солями важких металів потрібні незначні концентрації останніх. Деякі з таких осадів розчиняються в надлишку солі внаслідок адсорбції іонів цих металів на поверхні білкових частинок: в результаті цього білкові частинки набувають заряд і переходять у розчин. Розчинення осадів денатурованих білків у надлишку солей важких металів називається адсорбційною пептизацією.

Хід роботи.

1. У три пробірки наливають по 2мл 10% розчину яєчного білку
2. Повільно, при постійному струшуванні у першу пробірку додають краплями до випадання осаду 5% розчин сульфату купруму, у другу – 5% розчин плюмбум ацетату, у третю – 5% розчин аргентум нітрату. В усіх пробірках утворюється осад різного кольору .
3. У всі пробірки додають надлишок відповідних солей.
4. Результати спостережень заносять до таблиці. Роблять висновки.
- 5.

Таблиця. Результати досліду.

№ п/п	Солі важких металів	Характер і колір осаду	Чим зумовлена реакція
1.	Плюмбуму ацетат		
2.	Аргентуму нітрат		
3.	Купруму сульфат		

#### Контрольні запитання.

1. Які фактори стабілізують білки в розчині?
2. Чим зумовлена розчинність білків?
3. Що таке зворотне і незворотне осадження білків?
4. Який механізм осадження білків?
5. Що таке денатурація білку і які фактори її викликають?
6. Які речовини використовують для осадження білків і який принцип їх дії?

Використана література: 1, 2, 3, 4

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

### Фізико-хімічні властивості білків. Осадження білків фенолом, формальдегідом та нейтральними солями.

**Реактиви та обладнання:** 10% розчин яєчного білку, 1% розчин кислоти оцтової ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ); насичений розчин натрію хлориду ( $\text{NaCl}$ ); насичений розчин сульфату амонію ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ), сульфат амонію у порошку, натрію хлорид ( $\text{NaCl}$ ) у порошку, 40% розчин формальдегіду, біуретовий реактив, штатив з пробірками, піпетки, лійки, паперові фільтри, водяна баня.

#### Дослід 1. Висолювання білків амоній сульфатом.

*Принцип методу.* У водному розчині білкові молекули заряджені і гідратовані, що забезпечує стійкість білкових розчинів. При високій концентрації солей, іони яких теж гідратовані, відбувається руйнування водних оболонок білкових молекул у результаті конкуренції за воду іонів солей. Крім того, іони солей адсорбуються на поверхні білкової молекули, внаслідок чого зменшується заряд молекули білку, частинки білку менше відштовхуються, злипаються, випадають в осад.

Амоній сульфат має різко виражену висолюючу здатність і осаджує білки в нейтральному середовищі, а ще краще – у слабо кислому. Інші солі, наприклад натрій хлорид, осаджують білки лише при підкисленні розчину.

Для висолювання різних білків потрібна різна концентрація одних і тих же солей. Білки можна висолювати фракційно. Так, глобуліни випадають в осад при напівнасиченні розчину амоній сульфатом, а альбуміни осаджуються при повному насиченні.

Хід роботи.

1. У пробірку наливають 2-3мл 10% розчину білку і стільки ж насиченого розчину сульфату амонію для отримання напівнасиченого розчину. Глобулінові фракції білку стають нерозчинними і випадають в осад – у рідині з'являються окремі білі пластівці.

2. У пробірку додають порошок сульфату амонію до повного насичення в такій кількості, щоб на дні пробірки залишався осад солі. Вміст пробірки мутніє внаслідок випадку в осад альбумінів.

3. Через 15 хвилин осад відділяють фільтруванням.

4. Для того, щоб впевнитись про відсутність білку у фільтраті, його кип'ятять при слабкому підкисленні 1% розчином кислоти оцтової та проводять біуретову реакцію. Потрібно врахувати, що іон амонію, який міститься у фільтраті, утворює з міддю комплекс темно-синього кольору. Щоб помилково не оцінити цю реакцію як біуретову, слід згадати, що для біуретової реакції характерне фіолетове забарвлення.

5. Результати спостережень заносять до зведеної таблиці.

## **Дослід 2. Висолювання білків натрію хлоридом.**

*Принцип методу.* Осадження білків методом висолювання при різному насиченні та різних рН розчину залежить від різниці молекулярної маси, міри дисперсності, іонної сили осаджувача і використовується для фракціонування білків, їх кристалізації, отримання очищених ферментних препаратів.

Так, глобуліни, маючи більшу молекулярну масу порівняно з альбумінами, легше випадають в осад. Концентрованими розчинами амоній сульфату висолюються майже всі білки: глобуліни - при напівнасиченні, альбуміни - при повному насиченні. Натрій і калій хлоридами, магній сульфатом осаджуються глобуліни при повному насиченні, а при слабкому підкисленні (в ізоелектричній точці) цими солями осаджуються й альбуміни.

Хід роботи.

1. У пробірку наливають 2мл розчину яєчного білку, додають порошок натрію хлориду до повного насичення розчину (поки нова порція порошку не залишиться нерозчинною). Через декілька хвилин з'являється осад глобулінів.

2. Вміст пробірки профільтровують. У фільтраті залишаються альбуміни, які в нейтральних розчинах не випадають в осад навіть при додаванні натрію хлориду до повного насичення.

3. До фільтрату додають 1мл 1% розчину ацетату і кип'ятять. У слабкокислому середовищі альбуміни випадають в осад.

4. Через кілька хвилин альбуміни відфільтровують і перевіряють фільтрат на відсутність білку за допомогою кип'ятіння та біуретової реакції.

5. Результати спостережень заносять до зведеної таблиці. Роблять висновки.

Таблиця. Результати дослідів.

Білкові фракції	Напівнасичений розчин $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Насичений розчин $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Насичений розчин NaCl	Слабокисле середовище після висолювання NaCl
Альбуміни				
Глобуліни				

### Дослід 3. Осадження білків фенолом і формальдегідом.

*Принцип методу.* Утворення осаду при дії на білок формальдегіду пояснюється взаємодією його з ароматичними амінокислотами білку з утворенням нерозчинних сполук типу феноло-формальдегідних смол.

Хід роботи.

1. У дві пробірки вносять по 1-2мл розчину білку.
2. У першу пробірку додають рівний об'єм насиченого водного розчину фенолу, а у другу – рівний об'єм розчину формальдегіду (40%).
3. Спостерігають за випаданням осаду та його характером. Роблять висновки.

#### Контрольні запитання

1. Що таке висолювання білків, чим зумовлений цей ефект?
2. Які методи розділення білків ви знаєте?
3. Яким способом можна розділити альбуміни й глобуліни в розчині яєчного білку?
4. Яка класифікація білків за розчинністю?
5. До якого виду реакцій (звороних чи незворотних) можна віднести висолювання?

Використана література: 1, 2, 3, 4

## ТЕСТИ

1. Як називаються сполуки, що містять кілька амінокислотних залишків:

- 1) пептиди
- 2) поліпептиди
- 3) пептидні зв'язки
- 4) білки

2. Що називається первинною структурою білку:

- 1) унікальна послідовність амінокислотних залишків у ланцюзі
- 2) особливості скручування ланцюгів білкових молекул
- 3) закручування спіралі в клубок
- 4) білковий комплекс

3. Чи здатні кристалізуватися фібрилярні білки:

- 1) здатні
- 2) не здатні
- 3) частково
- 4) при певних умовах

4. Що змінюється при денатурації пептидних зв'язків:

- 1) первинна структура
- 2) вторинна структура
- 3) третинна структура
- 4) всі варіанти вірні

5. Які функції характерні для білків клітини:

- 1) структурні
- 2) енергетичні
- 3) каталітичні
- 4) всі варіанти вірні

6. Які протеїди розпадаються при гідролізі на простий білок і барвник:

- 1) глікопротеїди
- 2) хромопротеїди
- 3) нуклеопротеїди
- 4) ліпопротеїди

7. Які амінокислоти містять сірку:

- 1) аланін і гліцин
- 2) валін і лейцин
- 3) метіонін і цистеїн
- 4) фенілаланін і тирозин

8. Які амінокислоти відносяться до циклічних амінокислот:

- 1) аланін і гліцин
- 2) валін і лейцин
- 3) метіонін і цистеїн
- 4) фенілаланін і тирозин

9. Хімічні зв'язки, що стабілізують первинну структуру білку:

- 1) пептидний
- 2) дисульфідний
- 3) водневий
- 4) гідрофобний

10. Хімічні зв'язки, що стабілізують третинну структуру білку:

- 1) пептидний
- 2) дисульфідний
- 3) водневий
- 4) гідрофобний

11. Куди буде рухатися білок при електрофорезі, якщо  $pH <$  ізоелектричної точки:

- 1) анод
- 2) катод
- 3) не буде рухатись
- 4) вірні відповіді 1,2

12. Кінцеві продукти гідролізу білку:

- 1) амінокислоти
- 2) пептиди
- 3) нуклеотиди
- 4) гліцерин

13. Який білок транспортує стероїдні гормони:

- 1) трансфери
- 2) церулоплазмін
- 3) транскортин
- 4) вірні відповіді 1,2

14. До складу міоглобіну входять:

- 1) 1 гем і 1 поліпептид
- 2) 1 гем і 2 поліпептиди
- 3) 1 гем і 3 поліпептиди
- 4) 1 гем і 4 поліпептиди

15. Експериментальний склад білків в перерахунку на суху речовину:

- 1) 21-23% вуглецю, 50-54% кисню, 15-17% водню, 6,5-7,3% азоту, 0,5% сірки
- 2) 21-23% азоту, 15-17% вуглецю, 50-54% водню, 6,5-7,3% азоту, 0,5% сірки
- 3) 50-54% вуглецю, 21-23% кисню, 6,5-7,3% водню, 15-17% азоту, 0,5% сірки
- 4) 50-54% вуглецю, 15-17% кисню, 6,5-7,3% водню, 21-23% азоту, 0,5% сірки

16. Як протікає сульфгідрильних реакція?

- 1) при нагріванні білків з розчином плюмбіта натрію випадає чорний осад сульфідів свинцю.
- 2) з азотною кислотою білки дають жовте забарвлення, що переходить при дії аміаку в помаранчеве.
- 3) з солями міді і лугами білки дають фіолетове забарвлення.
- 4) всі варіанти вірні

17. Які протеїди розпадаються при гідролізі на простий білок і барвник?

- 1) глікопротеїди
- 2) хромопротеїди

- 3) нуклеопротейди
- 4) всі варіанти вірні

18. Які протеїни характеризуються високим вмістом сірки?

- 1) альбуміну
- 2) протамін
- 3) склеропротеїни
- 4) всі варіанти вірні

19. Скільки стадій включає синтез поліпептидів?

- 1) одну
- 2) дві
- 3) три
- 4) шість

20. Скільки грамів білку має отримувати організм дорослої людини?

- 1) 50
- 2) 100
- 3) 200
- 4) 0,5

21. Для чого служать білки кров'яної сироватки та желатини?

- 1) лінз
- 2) фотоемульсії
- 3) дріжджів
- 4) всі варіанти вірні

22. Скільки грамів білку має отримувати дитина на першому році життя?

- 1) 3-4
- 2) 10-20
- 3) 30-40
- 4) 0,5

23. Що є найважливішим джерелом білку?

- 1) картопля
- 2) квасоля
- 3) м'ясо
- 4) молоко

24. Як називаються білки, які складаються тільки із залишків амінокислот?

- 1) протеїни
- 2) протеїди
- 3) ліпіди
- 4) всі варіанти вірні

25. Який показник обміну білків використовується під час контролю процесів відновлення:

- 1) молочна кислота;
- 2) аміак;
- 3) сечовина;
- 4) амінокислоти.

26. Які метаболічні процеси переважають в організмі у період росту, а які у період старіння:

- 1) синтез та розпад вуглеводів;
- 2) біосинтез білків та розпад жирів;
- 3) анаболізм та катаболізм;
- 4) відновлення та окиснення речовин.

27. Як змінюється обмін білків за фізичного навантаження:

- 1) переважає розпад білку, тому що не вистачає АТФ;
- 2) збільшується швидкість синтезу;
- 3) розпад і синтез зрівноважені;
- 4) при різних навантаженнях обмін змінюється неоднаково.

28. Без яких речовин неможливий біосинтез білку:

- 1) пепсину, глюкози;
- 2) нуклеїнових кислот, рибози;
- 3) гемоглобіну, амінокислот;
- 4) нуклеїнових кислот, амінокислот.

29. Назвати скоротливі білки м'язів:

- 1) колаген та тропонін;
- 2) гемоглобін та міоглобін;
- 3) актин та міозин;
- 4) аланін та метіонін.

30. Який показник обміну білків використовується під час контролю процесів відновлення:

- 1) молочна кислота;
- 2) аміак;
- 3) сечовина;
- 4) амінокислоти.

31. Які речовини становлять найбільшу частину маси тіла:

- 1) гормони та вітаміни;
- 2) вода та білки;
- 3) жири та вуглеводи;
- 4) мінеральні речовини та амінокислоти.

32. Що змінюється при денатуралізації пептидних зв'язків?

- 1) третинна структура
- 2) вторинна структура
- 3) первинна структура
- 4) всі варіанти вірні

33. Які амінокислоти відносяться до циклічних амінокислот:

- 1) аланін і гліцин;
- 2) фенілаланін і тирозин.
- 3) валін і лейцин;
- 4) метіонін і цистеїн;

34. Які функції характерні для білків клітини?:

- 1) структурні



- 2) енергетичні
- 3) каталітичні
- 4) всі варіанти вірні

35. Які протеїни характеризуються високим вмістом сірки?

- 1) склеропропротеїни
- 2) альбуміни
- 3) протаміни
- 4) всі варіанти вірні

36. Як змінюється процес синтезу білку за адаптації організму до тренувань:

- 1) прискорюється процес синтезу тільки скоротливих білків;
- 2) прискорюється синтез білків-ферментів;
- 3) активуються процеси біосинтезу різних білків, що лежать в основі гіпертрофії м'язів;
- 4) не спостерігаються суттєві зміни.

37. Що таке ізоелектрична точка білків:

- 1) сумарний заряд білків дорівнює нулю
- 2) білки не рухаються в електричному полі
- 3) ізоелектрична точка більшості білків лежить в межах від 5,5 до 7,0
- 4) на величину ізоелектричної точки впливає концентрація білку.

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Біологічна хімія: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів біологічного факультету денної та заочної форми навчання/упорядники Белчгазі В.Й., Сікура А.О., Глюдзик М.Ю. – Ужгород, 2017. – 55 с.
2. Біоорганічна хімія. Практикум : навч. посіб. / Л. І. Остапченко, І. В. Компанець, О. В. Скопенко та ін. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2019. – 400 с
3. Біохімія: практикум / Д.О. Мельничук, С.Д. Мельничук, Л.Г.Калачнюк, М.В. Шевряков, Г.І. Калачнюк. За загальною редакцією академіка НАН України і НААН України Д.О. Мельничука. – К: НУБіП України, 2012. – 528 с.
4. Боечко Ф.Ф., Боечко Л.О., Шмиголь І.В. Лабораторний практикум з біохімії: навчально-метоодичний посібник. – Черкаси:Вид.від СНУ імені Богдана Хмельницького,2012. – 196 с.