

Міністерство освіти та науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

# **СТРУКТУРНА І ДИНАМІЧНА БІОХІМІЯ**

Методичний посібник  
з біохімії для студентів факультету радіофізики,  
біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Харків – 2018

**Рецензенти:**

**Г. А. Божок** – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник відділу кріоендокринології Інституту проблем кріобіології і кріомедицини НАН України ;  
**О. Ю. Петренко** – доктор біологічних наук, професор, завідуючий відділом кріобіохімії Інституту проблем кріобіології і кріомедицини НАН України.

*Затверджено до друку рішенням Науково-методичної ради  
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна  
(протокол № 5 від 19 травня 2017 року)*

**Структурна і динамічна біохімія** : методичний посібник з біохімії для студентів факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем уклад. : Т. М. Овсяннікова, І. А. Забеліна, О. А. Дягелева, Е. О. Ромоданова. – Х. : – ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 48 с.

Посібник дає студенту можливість самостійно або з викладачем контролювати засвоєні знання з біохімії та об'єктивно оцінювати їх в ході поточного контролю та під час екзаменаційної сесії.

Для студентів, аспірантів, які вивчають курс біохімії.

**УДК 577.11(076.1)**

- © Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2018  
© Овсяннікова Т. М., Забеліна І. А., Дягелева О. А., Ромоданова Е. О., уклад., 2018  
© Дончик І. М., макет обкладинки, 2018

---

Навчальне видання

**Овсяннікова** Тетяна Миколаївна  
**Забеліна** Ірина Анатоліївна  
**Дягелева** Олена Анатоліївна  
**Ромоданова** Ела Олексіївна

**СТРУКТУРНА І ДИНАМІЧНА БІОХІМІЯ**

Методичний посібник  
з біохімії для студентів факультету радіофізики,  
біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Коректор *Б. О. Хільська*  
Комп'ютерне верстання *В. В. Савінкова*  
Макет обкладинки: *І. М. Дончик*

Формат 60x84/16. Умов.-друк. арк. 2,91. Наклад 100 пр. Зам. № 6/18.

Видавець і виготовлювач  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,  
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009  
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна  
Тел. 705-24-32

## ЗМІСТ

Частина I. Структурна біохімія.....	4
Тема 1. Вуглеводи .....	4
Тема 2. Ліпіди .....	6
Тема 3. Амінокислоти і білки.....	9
Тема 4. Нуклеїнові кислоти .....	18
Тема 5. Ферменти .....	21
Частина II. Динамічна біохімія .....	33
Тема 6. Метаболізм вуглеводів .....	33
Тема 7. Центральний шлях метаболізму .....	38
Тема 8. Метаболізм ліпідів.....	43
Тема 9. Метаболізм амінокислот і білків .....	45
Література.....	48

# ЧАСТИНА I

## СТРУКТУРНА БІОХІМІЯ

### Тема 1. Вуглеводи

1. Які вуглеводи є джерелом глюкози при перетравленні їжі людиною?

- а) сахароза
- б) лактоза
- в) крохмаль
- г) целюлоза

2. Вуглеводи:

- а) є джерелом енергії;
- б) в комплексі з білками можуть виконувати рецепторну функцію;
- в) входять до складу мембран;
- г) синтезуються в рослинах у процесі фотосинтезу;
- д) входять до складу підшкірного шару і забезпечують теплоізоляцію.

Які з цих тверджень правильні?

3. Крохмаль:

- а) Лінійний полімер;
- б) побудований із залишків глюкози;
- в) залишки глюкози пов'язані  $\beta$  1,4-глікозидним зв'язком;
- г) потрапляє в організм у складі тваринної їжі;
- д) форма депонування глюкози в клітинах рослин.

Які з цих тверджень правильні?

4. Підберіть назви до перелічених вуглеводів:

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| А. Лактоза                | 1. Глюкозо- ( $\alpha$ 1,6) –глюкоза                |
| Б. Мальтоза               | 2. Глюкозо- ( $\alpha$ 1,2) –фруктоза               |
| В. Сахароза               | 3. Глюкозо- ( $\alpha$ 1,4) -глюкоза                |
| Г. Ізомальтоза            | 4. Фруктоза- ( $\beta$ 1,6) -галактоза              |
| Д. Фрагмент крохмалю      | 5. (Глюкозо- ( $\beta$ 1,4) -глюкоза) <sub>n</sub>  |
| Ж. Фрагмент целюлози      | 6. (Глюкозо- ( $\alpha$ 1,4) -глюкоза) <sub>n</sub> |
| З. Жоден з цих вуглеводів | 7. Галактозо- ( $\beta$ 1,4) -глюкоза               |

5. Дисахарид лактоза може існувати в двох аномерних формах, а аномерних форм іншого сахариду – сахарози – виявлено не було. Чому? Напишіть формулу сахарози.

6. Визначення структури трегалози.

Майже 30 % ваги кокона жука-паразита *Larinus maculatus* припадає на частку вуглеводу трегалози. При кислотному гідролізі трегалози утворюється тільки D-глюкоза. Якщо трегалозу піддати вичерпному метилуванню (тобто усі ОН-групи перетворити на -ОСН<sub>3</sub>), а потім провести

кислотний гідроліз, то утворюється тільки один продукт – 2, 3, 4, 6-тетраметилглюкоза. Яка будова трегалози? Доведіть, що описана вами структура відповідає описаним експериментальним даним.

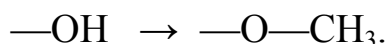
7. Взаємоперетворення різних форм D-галактози.

Свіжоприготований розчин  $\alpha$ -форми галактози (1г/мл в 10 сантиметровій кюветі) має величину оптичного обертання  $+150,7^\circ\text{C}$ . Під час тривалого відстоювання оптичне обертання поступово зменшується, досягаючи рівноважного значення  $+80,2^\circ\text{C}$ . Свіжоприготований розчин  $\beta$ -форми галактози (1г/мл в 10-сантиметровій кюветі) має величину оптичного обертання  $+52,8^\circ\text{C}$ . Більше того, якщо цей розчин залишити постояти декілька годин, то оптичне обертання збільшується, досягаючи рівноважного значення  $+80,2^\circ\text{C}$ , тобто того ж значення, що і у випадку  $\alpha$ -D-галактози.

А) Намалуйте проєкційні формули Хеурса для  $\alpha$ - і  $\beta$ -форм галактози. У чому полягає основна відмінність між цими формами?

Б) Поясніть, чому під час відстоювання свіжоприготованого розчину  $\alpha$ -форми оптичне обертання поступово знижується? Поясніть, чому розчини  $\alpha$ - і  $\beta$ -форм в однакових концентраціях після відстоювання показують одну і ту ж величину оптичного обертання?

8. Визначення міри розгалуженості амілопектину. Міру розгалуженості (кількість глікозидних  $\alpha(1\rightarrow6)$ -зв'язків) в молекулі амілопектину можна визначити так: навіску амілопектину спочатку піддають вичерпному метилуванню, в результаті якого усі атоми водню в гідроксильних групах заміщаються на метильні групи:



Далі усі глікозидні зв'язки піддають кислотному гідролізу, після чого визначають кількість залишків 2, 3-діметилглюкози.

А) Напишіть формулу 2, 3-діметилглюкози.

Б) Поясніть, на чому ґрунтується цей спосіб кількісного визначення точок розгалуження в молекулі амілопектину. Що відбувається із залишками глюкози в нерозгалужених ділянках амілопектину під час цієї процедури?

9. Що таке асиметричний атом вуглецю? Напишіть формулу глюкози в проєкції Фішера і вкажіть на асиметричні атоми вуглецю. Чи змінюється їх кількість при замиканні кільця гексози з утворенням внутрішнього напівацетального зв'язку? Напишіть циклічну формулу глюкози.

10. Напишіть формулу глюкози в проєкціях Фішера і Хеурса. Вкажіть асиметричні атоми вуглецю. Яку конформацію в просторі має глюкоза?

11. Що таке глікозидний зв'язок? Які важливі для людини вуглеводи з глікозидним зв'язком ви знаєте? Напишіть формули.

12. Напишіть формули відомих вам поширених кетоз і альдоз. Що таке енантіомери? Як розрізняються поняття «енантіомери» і «епімери»?

13. Які функціональні групи в молекулах вуглеводів ви можете назвати? Які реакції моносахаридів, що призводять до утворення біологічно важливих з'єднань вам відомі?

14. У чому виражається оптична активність вуглеводів? Які особливості структури вуглеводів обумовлюють їх оптичну активність?

15. Які полісахариди вам відомі? Опишіть особливості їхньої структури та їх біологічне значення.

16. Що спільного і які відмінності в структурі трьох гомополісахаридів: крохмалю, глікогену і целюлози?

17. Які загальні властивості хімічної структури і які відмінності у двох гексоз: глюкози і фруктози?

18. Який компонент клітинної стінки міцелію грибів, зовнішнього скелета комах і панцира ракоподібних відноситься до класу вуглеводів? Наведіть назву, напишіть формулу.

19. У чому відмінність і в чому схожість амілози і амілопектину?

20. Опишіть найважливіших представників дисахаридів, їх склад, формули, природні джерела і властивості.

## Тема 2. Ліпіди

1. Жирні кислоти з 18 вуглецевими атомами мають такі точки плавлення: стеаринова кислота  $+69,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; олеїнова кислота  $+13,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; лінолева кислота  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  і ліноленова кислота  $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Якими структурними особливостями визначається та або інша температура плавлення цих кислот? Поясніть, яка молекулярна основа певної спрямованості в зміні температури плавлення.

2. Деякі із жирів, які вживають в кулінарії, наприклад, вершкове масло, швидко псуються при зберіганні на повітрі при кімнатній температурі, тоді як властивості твердих жирів типу маргарину в аналогічних умовах змінюються мало. Чому?

3. В процесі приготування майонезу лецитин з яєчних жовтків переходить в рослинну олію, що стабілізує соус і не дозволяє йому розшаруватися. Поясніть, чому це відбувається.

4. Ліпідний бішар клітинної мембрани оберігає клітини від швидкої втрати іонів  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Чому?

5. Рослини-сукуленти, що ростуть в посушливих районах зазвичай вкриті восковим нальотом. Як це сприяє виживанню рослин?

6. Усі мембранні ліпіди є амфіфільними сполуками, тобто містять як гідрофобні, так і гідрофільні групи. Наприклад, в молекулі фосфатидилхоліну гідрофобну частину утворюють два ланцюжки жирних кислот, а гідрофільну – фосфохолінова голова. Напишіть формулу фосфатидилхоліну.

Назвіть структурні компоненти, які відіграють роль гідрофобних і гідрофільних груп у фосфатидилетаноламіні.

7. Усі мембранні ліпіди є амфіфільними сполуками, тобто містять як гідрофобні, так і гідрофільні групи. Наприклад, в молекулі фосфатидилхоліну гідрофобну частину утворюють два ланцюжки жирних кислот, а гідрофільну – фосфохолінова голова. Напишіть формулу фосфатидилхоліну.

Назвіть структурні компоненти, які відіграють роль гідрофобних і гідрофільних груп в сфінгомієліні.

8. Усі мембранні ліпіди є амфіфільними сполуками, тобто містять як гідрофобні, так і гідрофільні групи. Наприклад, в молекулі фосфатидилхоліну гідрофобну частину утворюють два ланцюжки жирних кислот, а гідрофільну – фосфохолінова голова. Напишіть формулу фосфатидилхоліну.

Назвіть структурні компоненти, які відіграють роль гідрофобних і гідрофільних груп в цереброзиді.

9. Усі мембранні ліпіди є амфіфільними сполуками, тобто містять як гідрофобні, так і гідрофільні групи. Наприклад, в молекулі фосфатидилхоліну гідрофобну частину утворюють два ланцюжки жирних кислот, а гідрофільну – фосфохолінова голова. Напишіть формулу фосфатидилхоліну.

Назвіть структурні компоненти, які відіграють роль гідрофобних і гідрофільних груп в гангліозиді.

10. Усі мембранні ліпіди є амфіфільними сполуками, тобто містять як гідрофобні, так і гідрофільні групи. Наприклад, в молекулі фосфатидилхоліну гідрофобну частину утворюють два ланцюжки жирних кислот, а гідрофільну – фосфохолінова голова. Напишіть формулу фосфатидилхоліну.

Назвіть структурні компоненти, які відіграють роль гідрофобних і гідрофільних груп в холестеролі.

11. До якої групи ліпідів і їх похідних відносяться перелічені сполуки:

- |                       |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| 1. Лецитин            | А. Жири                        |
| 2. Фосфатидилінозитол | Б. Фосфоліпіди                 |
| 3. Триацилгліцериди   | В. Похідні холестерину         |
| 4. Простагландини     | Г. Терпеноїди                  |
| 5. Сфінгомієліни      | Д. Похідні арахідонової кислот |
| 6. Вітамін А          |                                |
| 7. Стероїдні гормони  |                                |

Напишіть формулу лецитину. Назвіть структурні компоненти, які відіграють роль гідрофобних і гідрофільних груп в лецитині.

12. Вкажіть продукти, що утворюються при гідролізі перелічених ліпідів:

- |                 |  |
|-----------------|--|
| 1. Лецитин      | А. Гліцерин + жирні кислоти                      |
| 2. Сфінгомієлін | Б. Високомолекулярний спирт + жирна кислота      |
| 3. Жири         | В. Сфінгозин + жирна кислота + простий цукор     |
| 4. Віск         | Г. Сфінгозин + жирна кислота + $H_3PO_4$ + холін |
| 5. Цереброзиди  | Д. Гліцерин + жирна кислота + $H_3PO_4$ + холін  |

Напишіть формулу сфінгомієліна. Назвіть структурні компоненти, які відіграють роль гідрофобних і гідрофільних груп в сфінгомієліні.

13. Напишіть по одній формулі триацилгліцеринів характерних для:
- твердого тваринного жиру;
  - рослинної олії.

14. Найважливішим компонентом сурфактанту-ліпопротеїну, що вистилає альвеоли і необхідний для нормальної роботи легенів (він запобігає злипанню альвеол під час видиху) є дипальмітоїлфосфатидилхолін. Напишіть його структурну формулу.

(Підказка: пальмітинова кислота – C, 16 : 0.)

15. Які ліпіди відносяться до обмилюваних? Напишіть реакцію обмилення для будь-яких із них.

16. Підберіть до кожного типу ліпідів і їх похідних відповідну функцію:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Триацилгліцериди    | А. Джерела енергії, структурні компоненти інших ліпідів |
| 2. Жирні кислоти       | Б. Форма запасання джерела енергії                      |
| 3. Сфінгомієлін        | В. Структурний компонент мембран                        |
| 4. Простагландини      | Г. Регулятори тонуусу гладенької мускулатури            |
| 5. Похідні холестеролу | Д. Попередники чоловічих і жіночих статевих гормонів    |
| 6. Ізопреноїди         | Ж. Вітаміни групи каротиноїдів                          |
| 7. Гліцерофосфоліпіди  |   |

17. Які з перелічених ліпідів є незамінними чинниками живлення?

- Холестерин
- Сфінгомієліни
- Вітамін D
- Лінолева кислота
- Пальмітинова кислота
- Олеїнова кислота
- Вітамін А

18. Методом газорідинної хроматографії вивчено склад жирних кислот підшкірного жиру людини і барана. Який з варіантів відповідає жиру людини?

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| А. C <sub>16:0</sub> 20 % | Б. C <sub>16:0</sub> 35 % |
| С <sub>18:0</sub> 5 %     | С <sub>18:0</sub> 20 %    |
| С <sub>18:1</sub> 55 %    | С <sub>18:1</sub> 35 %    |
| С <sub>18:2</sub> 10 %    | С <sub>18:2</sub> 3 %     |

(Підказка: жир барана твердіший, ніж жир людини)

19. Для кожного типу ліпопротеїнів підберіть відповідний склад:

- |                |  |
|----------------|--|
| 1. ЛВЩ         | А ≈ 90 % триацилгліцеридів і 2 % білків                  |
| 2. Хіломікрони | Б ≈ 50 % холестерину і ефірів холестерину та 20 % білків |
| 3. ЛНЩ         | В ≈ 50 % білків та 20% холестерину і ефірів холестерину  |
| 4. ЛДНЩ        | Г ≈ 10 % білків і 50–55 % триацилгліцеридів              |



20. Підберіть відповідні пари:

- |                    |   |
|--------------------|---|
| 1. Триацилгліцерин | А. Нерозчинні у воді  |
| 2. Фосфатидилхолін | Б. Один з основних компонентів мембран  |
| 3. Обидва          | В. Розщеплюється при голодуванні в адипоцитах (клітинах жирової тканини), поставляючи жирні кислоти – джерела енергії |
| 4. Жоден           | Г. Не містить у своєму складі гліцерину   |

### Тема 3. Амінокислоти і білки

1. Денатурація – складний процес зміни нативної конформації молекул. Під час цього відбувається:

1. Зміна нековалентних зв'язків
2. Втрата здатності взаємодіяти з природним лігандом
3. Зменшення розчинності білка
4. Розрив пептидних зв'язків

2. Вкажіть напрям руху (рух до анода або катода, залишається на старті) перелічених нижче пептидів при рН 3,0 та рН 10,0:

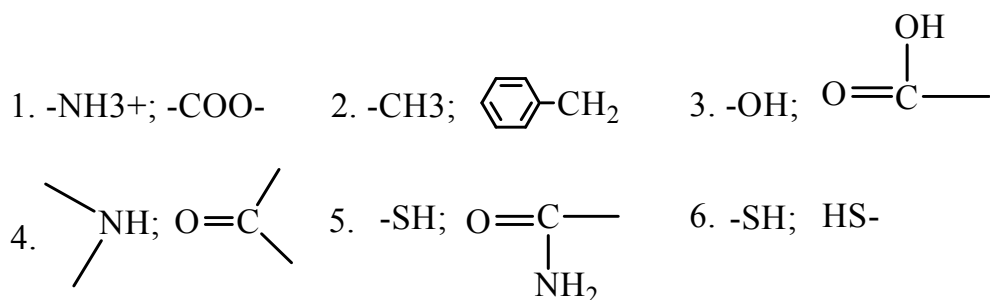
- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1. Ліз-Глі-Ала-Глі | 4. Глу-Глі-Ала-Глу |
| 2. Ліз-Глі-Ала-Глу | 5. Глі-Глі-Ала-Ліз |
| 3. Гіс-Глі-Ала-Глу |                    |

Напишіть формули цих пептидів.

3. Які з перелічених нижче взаємодій обумовлені комплементарністю молекул?

1. Білка з лігандом
2. Протомерів в олігомерному білку
3. Білка з диполями води в розчині
4. Функціонально пов'язаних ферментів під час формування поліферментних комплексів
5. Різних білків в процесі самозбирання клітинних органел
6. Радикалів амінокислот при формуванні третинної структури білка

4. На малюнку бачимо функціональні групи амінокислот, що утворюють у білках певні типи зв'язків



а) назвіть типи зв'язків, які можуть виникнути між функціональними групами кожної пронумерованої пари;

б) випишіть номери пар, що беруть участь у формуванні вторинної і третинної структури.

5. Що являє собою центр розпізнавання білку лігандом?

А. Сукупність радикалів амінокислот, зближених на рівні третинної структури

Б. Фрагмент пептидного остову

В. Простетична небілкова група

Г. Ділянка білка, компліментарна ліганду

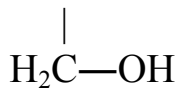
6. Напишіть формули і визначте ізоелектричні точки пептидів ( $<$ ,  $>$  чи = 7,0):

а) Про-Ліз-Тир-Глн-Три;

б) Ала-Сер-Глу-Асн-Мет.

7. Підберіть до кожної амінокислоти відповідну назву:

а)  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$

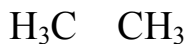


А. Асп

Б. Сер

В. Арг

б)  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$

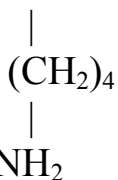


Г. Вал

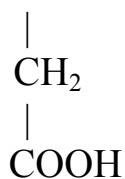
Д. Ала

Ж. Ліз

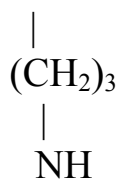
в)  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$



г)  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$



д)  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$



ж)  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$



Підкресліть функціональні групи наявні у цих амінокислот. Опишіть властивості бокових радикалів кожної амінокислоти. Де можуть знаходитися ці амінокислоти (ззовні або всередині білкової глобули)? Поясніть чому?

8. Виберіть визначення третинної структури білку:

А. Просторова структура білка, стабілізована водневими зв'язками, що утворюються між атомами пептидного остову

Б. Конформація поліпептидного ланцюга, що обумовлена взаємодією радикалів амінокислот

В. Порядок чергування амінокислот в поліпептидному ланцюзі

Г. Конформація білка, що стабілізована переважно ковалентними зв'язками між радикалами амінокислот

Д. Спосіб укладання протомерів в олігомерному білка

9. Що є контактними поверхнями протомерів в олігомерному білку? Виберіть правильне твердження:

А. Поверхневі ділянки протомерів, між амінокислотними залишками яких утворюються переважно ковалентні зв'язки

Б. Поверхневі ділянки протомерів, що комплементарні одне одному. В результаті геометричної і хімічної відповідності між двома взаємодіючими поверхнями утворюється велика кількість слабких зв'язків

В. Поверхневі ділянки протомерів, представлені тільки небілковими групами, за рахунок яких здійснюється контакт взаємодіючих поліпептидних ланцюгів

Г. Фрагменти поліпептидних ланцюгів, які укладені у просторі у вигляді  $\beta$ -структур

10. Напишіть структурну формулу пентапептида такої будови:

Цис – Арг – Фен – Глу – Три

Позначте N- і C- кінці пептиду.

Відмітьте регулярно повторювані групи, що утворюють пептидний остов і радикали амінокислот.

11. Виберіть визначення первинної структури білка:

А. Амінокислотний склад поліпептидного ланцюга

Б. Лінійна структура поліпептидного ланцюга, яка утворена ковалентними зв'язками між радикалами амінокислот

В. Порядок чергування амінокислот, що сполучені пептидними зв'язками у білках

Г. Структура поліпептидного ланцюга, стабілізована водневими зв'язками між атомами пептидного остову

12. Визначте послідовність амінокислот в тетрапептиді, використовуючи такі дані

А. При аналізі N- кінцевої амінокислоти і амінокислотного складу пептиду отримано: Асп- (Про, Тир, Мет)

Б. Після гідролізу бромистим ціаном (розщеплює пептидні зв'язки, в утворенні яких бере участь карбоксильна група Мет) утворюється трипептид, що містить Тир, Мет, Асп.

Напишіть отриману формулу тетрапептиду.

13. Гістони є невеликими основними білками, що зв'язуються з ДНК в хроматині. Вони містять відносно багато позитивно заряджених амінокислот, радикали яких взаємодіють з негативно зарядженими залишками фосфорної кислоти в ДНК. Припустіть, які діаміномонокарбонові кислоти входять до складу гістонів. Напишіть їх формули.

При рН 7,0 більшість амінокислот існують у вигляді цвіттер-іонів. Назвіть амінокислоти, що мають при рН 7,0 додатковий позитивний заряд, напишіть їх формули в іонізованій формі.

14. Що розуміють під «денатурацією» білка?

А. Зменшення розчинності білка при додаванні солей лужних або лужно-земельних металів

Б. Втрата біологічної активності білка в результаті його гідролізу

В. Зміна конформації білку, що супроводжується втратою його біологічної активності

Г. Конформаційні зміни білка в результаті взаємодії з природними лігандами

15. Підберіть до кожної з амінокислот відповідну властивість радикала:

- |        |                                    |
|--------|------------------------------------|
| 1) Три | а) гідрофільний з аніонною групою  |
| 2) Асп | б) гідрофільний з катіонною групою |
| 3) Цис | в) гідрофільний незаряджений       |
| 4) Лей | г) гідрофобний                     |
| 5) Арг |                                    |
| 6) Сер |                                    |

Напишіть формули цих амінокислот.

16. У молекулі олігомерного білка є 19 залишків лізину, близько 12 з них легко ацилюються ангідридами дикарбонових кислот (реагентами на  $\text{NH}_2$  -групи). Ацилювання додатково ще 2-х залишків лізину призводить до дисоціації білку на субодиниці. Решта 5 залишків лізину може бути модифікована тільки після денатурації білка. Припустіть, скільки залишків лізину розташовані:

- на поверхні білку;
- усередині глобули;
- на ділянці контакту між субодиницями.

17. Визначте послідовність амінокислот в тетрапептиді, використовуючи такі дані:

А. Під час аналізу N-кінцевої амінокислоти і амінокислотного складу пептиду отримано: Фен- (Ліз, Глу, Про)

Б. Після гідролізу трипсином (розщеплює пептидні зв'язки, в утворенні яких беруть участь карбоксильні групи Ліз або Арг) утворюється трипептид, що містить Ліз, Фен, Про.

Напишіть отриману формулу тетрапептиду.

18. Чим визначається розчинність білків у водному середовищі?

А. Іонізацією білкової молекули

Б. Гідратацією білкових молекул при розчиненні

В. Формою молекули білку

Г. Здатністю зв'язувати природні ліганди

19. Визначте послідовність амінокислот в тетрапептиді використовуючи такі дані:

а) під час аналізу N-кінцевої амінокислоти і амінокислотного складу пептиду отримано: Цис- (Три, Про, Сер);

б) після гідролізу хімотрипсином (розщеплює пептидні зв'язки, в утворенні яких беруть участь карбоксильні групи ароматичних амінокислот) утворюється трипептид, що містить Три, Цис, Про.

Напишіть отриману формулу тетрапептиду.

20. Чим супроводжується денатурація білків?

А. Порушенням великої кількості міжрадикальних зв'язків

Б. Зменшенням розчинності

В. Порушенням просторової структури

Г. Зміною первинної структури

21. У поліпептидному ланцюзі між радикалами амінокислот можуть виникати хімічні зв'язки. Виберіть пари амінокислот здатних утворювати зв'язки і зазначте тип цих зв'язків:

1) Сер, Асн

2) Ала, Вал

3.) Глу, Асп

4) Цис, Цис

5) Гіс, Асп

6) Фен, Арг

7) Цис, Ала

22. Цитохром С – мітохондріальний білок, що бере участь у перенесенні електронів в процесі біологічного окислення. Амінокислотні послідовності цього білку вивчені більш ніж у 100 видів. Кількість амінокислотних замінів в порівнянні з цитохромом людини (всього 104 амінокислоти)

у шимпанзе, кенгуру, змії і пшениці – 0, 10, 14, 35 відповідно. Які загальні закономірності зв'язку первинної структури і функції білків підтверджуються цими даними?

А. Значний збіг первинної структури різних білків, що виконують схожі, але не однакові функції

Б. Велика схожість білків, що виконують у різних видів одну і ту ж функцію (схожість первинних структур більш ніж на 50 % є досить великою)

В. Зв'язок між еволюційною близькістю видів і схожістю первинної структури білків, що виконують одну і ту ж функцію

4. Вплив окремих амінокислотних замін на функцію білку.

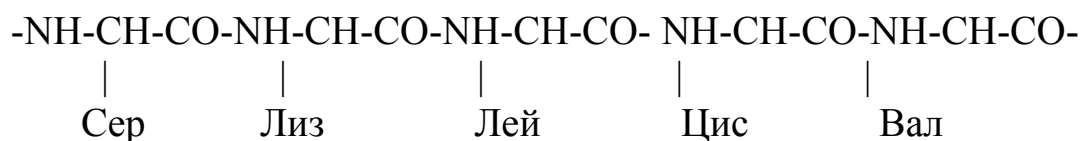
23. З наведених амінокислот виберіть ті, радикали яких можуть брати участь в утворенні водневих зв'язків:

Асп, Асн, Глн, Глу, Сер, Вал, Ліз, Гис, Глі

Напишіть формули цих амінокислот.

24. У молекулах цілої низки природних білків міститься велика кількість залишків цистину. Водночас спостерігається кореляція між механічними властивостями білків (міцністю на розрив, в'язкістю, твердістю тощо) і змістом цистину. Наприклад, глютенін (багатий цистином білок пшениці) визначає в'язкість і еластичність тіста, виготовленого з пшеничного борошна. Так само твердий і міцний панцир черепахи зобов'язаний цими властивостями високому вмісту цистину в кератині, з якого він складається. Яка молекулярна основа кореляції, що спостерігається між змістом цистину і механічними властивостями?

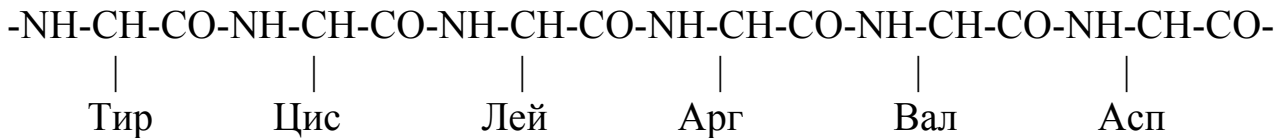
25. Надано фрагмент поліпептидного ланцюга:



Напишіть хімічні формули радикалів зазначених амінокислот. В утворенні яких типів зв'язків можуть брати участь радикали кожної з амінокислот, що входять до складу цього пептиду під час формування третинної структури білка?

26. Під час вживання великої кількості сирого яєчного білка може розвинутиися (особливо у дітей) гіповітаміноз біотину, що супроводжується специфічним дерматитом (хвороба Свіфта). Виявлено, що в сирих яйцях міститься глікопротеїн-авідин. У шлунково-кишковому тракті авідин утворює нерозчинний комплекс з біотином. Чому варені яйця такого ефекту не викликають?

27. Надано фрагмент поліпептиду



Напишіть хімічні формули радикалів зазначених амінокислот.

а) позначте пунктирною лінією від однієї амінокислоти до іншої зв'язки, що беруть участь в утворенні  $\alpha$ -спіралі;

б) радикали яких амінокислот в цьому фрагменті білку можуть брати участь в утворенні зв'язків: 1-гідрофобних, 2-іонних, 3-водневих, 4-дисульфідних?

в) у формуванні яких рівнів структурної організації білка беруть участь зв'язки, вказані в п. Б?

28. Виберіть правильне визначення конформації білка:

А. Амінокислотна послідовність поліпептидного ланцюга

Б. Число пептидних ланцюгів в олігомерному білку

В. Кількість  $\alpha$ -спіралей і  $\beta$ -складчастих структур в поліпептидному ланцюзі

Г. Просторове взаєморозташування атомів у білковій молекулі

29. У ядерних білках-гістонах міститься велика кількість амінокислотних залишків аргініну і лізину, у білку крові – альбуміні – багато залишків глутамінової і аспарагінової кислот. Напишіть формули цих амінокислот. Дайте відповідь на питання:

1) В яких середовищах ( $>$ ,  $<$  чи  $= 7$ ) знаходиться ізоелектрична точка цих білків?

2) З яким з двох білків може взаємодіяти  $\text{Ca}^{+2}$ ?

30. Що розуміють під зміною конформації білків?

А. Зміна амінокислотної послідовності поліпептидного ланцюга

Б. Зміна вторинної і третинної структури поліпептидних ланцюгів

В. Заміну однієї простетичної групи в складному білку на іншу простетичну групу

Г. Зміна взаєморозташування в просторі субодиниць олігомерного білку

31. Напишіть хімічні формули двох трипептидів:

1) Вал-Глу-Ала

2) Лей-Асп-Арг

Порівняйте їх напрямки руху в електричному полі при рН 7,0 (до катода або анода).

32. Денатурація білка супроводжується:

А. Розривом дисульфідних зв'язків

Б. Зміною конформації білка

- В. Зменшенням розчинності білка
  - Г. Порушенням зв'язування білка з лігандом
  - Д. Порушенням первинної структури білка
- Вкажіть правильні твердження

33. Напишіть формулу пентапептида:

Глу – Ала – Сер – Мет – Асп

Визначте його сумарний заряд. Як він зміниться при  $pH \ll 7$  і при  $pH \gg 7$ ?

34. Підберіть до кожного рівня структурної організації білка відповідне поняття:

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| 1. Первинна структура    | А. Конформація пептидного остову, у формуванні якої беруть участь водневі зв'язки між пептидними угрупованнями |
| 2. Вторинна структура    | Б. Порядок чергування амінокислот у білках   |
| 3. Третинна структура    | В. Просторове розташування і характер взаємодії пептидних ланцюгів в олігомерному білку                        |
| 4. Четвертинна структура | Г. Конформація поліпептидного ланцюга, стабілізована міжрадикальними зв'язками                                 |

35. Напишіть формули і порівняйте розчинність двох пептидів при  $pH 7,0$ :

Сер – Цис – Глу – Тир – Асп  
Вал – Арг – Мет – Фен – Тир

36. Що відбувається з білками при висолюванні і денатурації?

- |  |  |
|--|--|
| 1. Зменшення розчинності білка                 | А. Характерно тільки для висолювання                 |
| 2. Зміна міри гідратації                       | Б. Характерно тільки для денатурації                 |
| 3. Оборотно осідання білка                     | В. Характерно для обох процесів                      |
| 4. Безповоротне осідання білка                 | Г. Не характерно ні для одного з зазначених процесів |
| 5. Збереження нативної структури               |  |
| 6. Зміна молекулярної маси                     |  |
| 7. Безповоротна зміна біологічних властивостей |  |

37. Надано пептид

Арг-Ліз-Асп-Сер.

Напишіть його хімічну формулу.



А. Біля кожної амінокислоти вкажіть заряд її радикала (0, +, -) при рН 7,0; визначте область рН (<, > чи = 7,0), в якій знаходиться ізоелектрична точка цього пептида.

Б. Що відбувається з пептидом в електричному полі при рН 7,0: рух до анода або до катода чи залишається на старті?

В. Як зміниться заряд пептида при рН 7,0, якщо амінокислоту Ліз замінити на Лей? Чи зміниться і, якщо так, то як саме, напрямок його руху в електричному полі?

38. Виберіть визначення вторинної структури білка:

а) спосіб укладання протомерів в олігомерному білку;

б) послідовність амінокислот, сполучених пептидним зв'язком в поліпептидному ланцюзі;

в) просторове укладання поліпептидного ланцюга, стабілізоване переважно слабкими зв'язками між радикалами амінокислот;

г) спосіб укладання поліпептидного ланцюга у вигляді  $\alpha$ -спіралей і  $\beta$ -структур;

д) об'єднання декількох поліпептидних ланцюгів у фібрилярні структури.

39. Нижче показано електрофоретичну рухливість низки мутантних гемоглобінів А при рН 8,6



Як розподіляються місця a, b, c, і d між гемоглобінами такого складу:

НЬ D ( $\alpha$  68)

Лізін замість аргініну

НЬ J ( $\beta$  69)

Аспарагінова кислота замість гліцину

НЬ N ( $\beta$  95)

Глутамінова кислота замість лізину

НЬ С ( $\beta$  6)

Лізін замість глютамінової кислоти

40. Виберіть правильне визначення четвертинної структури білка:

а) спосіб укладання поліпептидного ланцюга в просторі;

б) просторове розташування поліпептидних ланцюгів у вигляді фібрилярних структур;

в) кількість протомерів, їх розташування один відносно одного і характер зв'язків між ними в олігомерному білку;

г) порядок чергування амінокислот в поліпептидному ланцюзі;

д) спосіб укладання поліпептидного ланцюга у вигляді  $\alpha$ -спіралей і  $\beta$ -структур.

## Тема 4. Нуклеїнові кислоти

1. Розподіліть перераховані азотисті основи за приналежністю до ДНК і РНК:

- |            |                                     |
|------------|-------------------------------------|
| 1. Аденин  | А. Характерні тільки для ДНК        |
| 2. Гуанін  | Б. Характерні тільки для РНК        |
| 3. Тимін   | В. Характерні для обох НК           |
| 4. Урацил  | Г. Не характерні ні для однієї з НК |
| 5. Цитозин |                                     |

Напишіть формулу цитозину.

2. Розподіліть перераховані з'єднання за групами:

- |                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| 1. Аденин                | А. Нуклеозид       |
| 2. Цитидин-5'-монофосфат | Б. Азотиста основа |
| 3. Гуанозин              | В. Нуклеотид       |
| 4. Цитозин               |                    |
| 5. Аденозин              |                    |
| 6. Уридин                |                    |
| 7. Тимідин-5'-монофосфат |                    |

Напишіть формулу цитозину.

3. Виберіть твердження, які характеризують первинну структуру РНК і ДНК:

- а) до складу мономерів НК входять аденин, гуанін, цитозин;
- б) до складу мономерів НК входять аденин, гуанін, цитозин, урацил;
- в) до складу мономерів біополімера входить дТМФ;
- г) мономери в молекулі біополімера пов'язані 3'-5'-фосфодієфірними зв'язками;
- д) мономери в молекулі біополімера пов'язані пептидними зв'язками;
- ж) первинна структура являє собою порядок чергування нуклеотидів в полінуклеотидному ланцюзі;
- з) первинна структура являє собою порядок чергування амінокислот в поліпептидному ланцюзі.

4. З перерахованих пар азотистих основ виберіть комплементарні пари, що забезпечують формування вторинної структури ДНК і РНК:

- |          |                                   |
|----------|-----------------------------------|
| 1. А – У | А. Характерно для ДНК             |
| 2. А – Т | Б. Характерно для РНК             |
| 3. Г – Ц | В. Характерно для обох НК         |
| 4. Ц – А | Г. Не характерно ні для однієї НК |
| 5. У – Г |                                   |

5. Які зв'язки забезпечують формування первинної і вторинної структури нуклеїнових кислот?

- |               |                                       |
|---------------|---------------------------------------|
| 1. Глікозидні | А. Характерні для первинної структури |
|---------------|---------------------------------------|

- |                  |  |
|------------------|--|
| 2. Складноефірн  | Б. Характерні для вторинної структури  |
| 3. Прості ефірні | В. Характерні для обох типів структури |
| 4. Водневі       | Г. Не характерні ні для однієї з них   |
| 5. Гідрофобні    |  |

6. Які особливості будови характерні для вторинної структури ДНК?

Виберіть правильні твердження:

- а) побудована з двох поліпептидних ланцюгів;
- б) ланцюги антипаралельні;
- в) азотисті основи ланцюгів комплементарні одне одному;
- г) обидві нитки закручені в спіраль, що має загальну вісь.

7. Виберіть положення, які характеризують особливості структури ДНК:

- а) молярна кількість нуклеотидів А і Т однакова;
- б) молярна кількість нуклеотидів Г і Ц однакова;
- в) один полінуклеотидний ланцюг комплементарний іншому;
- г) нуклеотидна послідовність однієї нитки ідентична нуклеотидній послідовності іншої нитки;
- д) полінуклеотидні нитки в молекулі антипаралельні.

8. Якими з перелічених параметрів розрізняються різні типи РНК:

- а) первинною структурою;
- б) молекулярною масою;
- в) вторинною структурою;
- г) способом з'єднання нуклеотидів в полінуклеотидному ланцюзі.

9. Підберіть до перелічених функцій відповідні нуклеїнові кислоти:

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Слугують адаптерами амінокислот до кодонів мРНК  | А. мРНК |
| 2. Передають генетичну інформацію дочірнім клітинам | Б. ДНК  |
| 3. Є структурними компонентами рибосом              | В. тРНК |
| 4. Слугують матрицями для синтезу білку             | Г. рРНК |
| 5. Слугують матрицями для синтезу РНК               |         |

10. Підберіть для кожного матричного біосинтезу відповідну матрицю:

- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| 1. Синтез білка | А. ДНК         |
| 2. Синтез тРНК  | Б. мРНК        |
| 3. Синтез ДНК   | В. тРНК        |
| 4. Синтез рРНК  | Г. Поліпептиди |
| 5. Синтез мРНК  |                |

11. Для процесу реплікації вкажіть:

- а) матрицю;
- б) субстрати;
- в) джерела енергії;
- г) фермент, що забезпечує з'єднання дезоксирибонуклеотидів у біо-полімер;
- д) локалізацію в клітині.

12. Для процесу транскрипції вкажіть:

- а) матрицю;
- б) субстрати;
- в) джерела енергії;
- г) фермент, що забезпечує з'єднання рибонуклеотидів у біополімер;
- д) локалізацію в клітині.

13. Виберіть положення, які правильно характеризують властивості біологічного коду:

- а) кожному кодону відповідає тільки одна амінокислота;
- б) одну амінокислоту можуть кодувати декілька триплетів;
- в) сенс кодонів однаковий для всіх живих організмів на Землі;
- г) кожній амінокислоті відповідає тільки один кодон;
- д) коди мРНК читаються в напрямку від 5'- до 3'- кінця.

14. Виберіть компоненти, які потрібні для підготовки рибосоми до синтезу білка на стадії ініціації:

- а) мРНК;
- б) ГТФ;
- в) АТФ;
- г) Мет-тРНК;
- д) 40s субодиниця рибосоми;
- ж) 60s субодиниця рибосоми;
- з) Ліз-тРНК;
- и) білки-чинники ініціації.

15. Виберіть, які причини обумовлюють фенотипічні відмінності органів і тканин багатоклітинного організму:

- а) стійка репресія окремих генів;
- б) алостеричне інгібування різних ферментів;
- в) відмінності в наборі мРНК різних органів, які надходять з ядра в цитоплазму;
- г) різна швидкість елонгації пептидних ланцюгів під час трансляції.

16. У препаратах ДНК, що виділені з двох неідентифікованих видів бактерій зміст аденіна складає відповідно 32 і 17 % загального вмісту основ. Які відносні кількості аденіну, тиміну, гуаніну і цитозину ви припускаєте знайти в цих двох препаратах ДНК? Які Ви зробили припущення? Одна з цих бактерій була виділена з гарячого джерела (64 °С). Яка з ДНК належить термофільній бактерії? На чому ґрунтується Ваша відповідь?

17. Нуклеотидна послідовність комплементарних ланцюгів ДНК.

Напишіть нуклеотидну послідовність одного ланцюга дволанцюгової ДНК, інший ланцюг якої має послідовність (5') ATGCCGTATGCATTC (3').

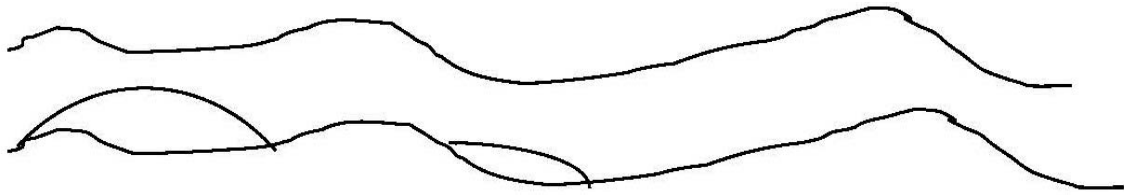
18. Яка довжина гена рибонуклеази?

Яка мінімальна кількість нуклеотидних пар міститься в гені, що кодує панкреатичну рибонуклеазу (124 амінокислоти)? Чому кількість нуклеотидних пар може виявитися значно більшим, ніж у Вашій відповіді?

19. Очки-глазки в частково денатурованій ДНК.

Зразок дволанцюгової лінійної ДНК, ретельно виділений з одного виду ракоподібних нанесено на сітку при 20 °С і проаналізовано за допомогою електронного мікроскопа. Інший зразок цієї ж ДНК заздалегідь витримано при 60 °С впродовж 30 хвилин, а потім також проаналізовано за допомогою електронної мікроскопії. Ці зразки схематично виглядали так:

20 °С



60 °С

Як ви поясните такий результат? Яку корисну інформацію можна отримати із явища, яке спостерігалось?

20. Циклофосфан, потрапляючи в пухлинні клітини розщеплюється присутніми там фосфатазами з утворенням дуже реакційно здатного алкіліруючого реагенту, який взаємодіє з ДНК і ушкоджує її структуру.

Які матричні синтези інгібує цей препарат в пухлинних клітинах?

## Тема 5. Ферменти

1. Які положення правильно характеризують активний центр ферменту?

- а) це ділянка, що безпосередньо взаємодіє з субстратом і бере участь у каталізі;
- б) між активним центром і субстратом є комплементарність;
- в) активний центр складає відносно невелику частину молекули ферменту;
- г) активний центр містить тільки полярні амінокислоти.

2. Назвіть типи зв'язків субстрату з активним центром ферменту:

- а) гідрофобні
- б) водневі
- в) іонні
- г) ковалентні

3. Які з наведених тверджень характеризують апофермент?

- а) це комплекс білка і кофактора;
- б) має високу каталітичну активність;

в) є неорганічним іоном або органічним з'єднанням, яке є похідною вітаміну;

г) має низьку активність, зазвичай взагалі неактивний.

4. Оптимальні умови дії амілази: рН 6,8;  $t = 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Як зміниться активність ферменту в кожному з таких випадків (зменшиться, збільшиться)? Вкажіть причину зміни активності ферменту:

- 1) рН інкубаційного середовища складає 5;
- 2) температура інкубації –  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- 3) у інкубаційну суміш додано розчин  $\text{CuSO}_4$ ;
- 4) за наявності  $\text{CuSO}_4$  в середовищі збільшена концентрація крохмалю.

5. Печінку щура гомогенізували, потім фракціонували на субклітинні фракції шляхом диференційного центрифугування. У кожній фракції визначали активність гістидази – ферменту, що каталізує відщеплення аміногрупи від гістидину. Умови для визначення активності ферменту наведено в таблиці. Визначте локалізацію гістидази.

Умови дослідження	Субклітинні фракції			
	ядра	мітохондрії	мікросоми	цитозоль
1. Кількість перетвореного субстрату (в мкмоль на 1 пробу)	200	500	320	240
2. Час інкубації ферменту з субстратом (в хв.)	5	15	10	8
3. Об'єм проби (в мл)	0,5	1,0	2,0	0,4
4. Концентрація білка (в мг на 1 мл)	2,5	3,2	0,8	0,8

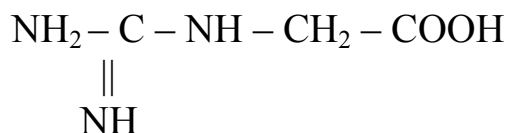
6. Якщо змінити оптимальні умови інкубації аргінази – рН 9,5 і  $t = 37\text{ }^{\circ}\text{C}$  – на рН 5,0 і  $t = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$  активність ферменту змінюється. Зазначте головну причину зміни активності ферменту. Підберіть відповідні пари:

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1. Зміна конформації молекул ферменту                | А. Тільки при зміні температури       |
| 2. Зміна міри іонізації функціональних груп ферменту | Б. Тільки при зміні рН                |
| 3. Зміна міри іонізації функціональних груп          | В. У разі зміни обох умов             |
| 4. Гідроліз пептидних зв'язків                       | Г. Не відбувається ні при яких змінах |
| 5. Порушення слабких зв'язків в молекулі ферменту    |                                       |

7. Препарат, що містить 2,0 мг аргінази за 10 хвилин при  $38\text{ }^{\circ}\text{C}$  і рН 9,0 каталізував утворення 30 мкмоль сечовини. Розрахуйте питому активність аргінази. Поясніть, як і чому зміниться активність ферменту, якщо:

- а) інкубаційне середовище підкислити до рН 5,0;

б) в середовище додати глікоциамін



в) за наявності глікоциаміну в середовищі підвищити концентрацію аргініну.

8. Холінестераза за оптимальних умов (рН 8,4 і  $t = 37^\circ\text{C}$ ) впродовж 15 хвилин каталізує гідроліз ацетилхоліну з утворенням 100 мкмоль холіну і оцтової кислоти. Розрахуйте активність ферменту. Поясніть, як і чому зміниться активність ферменту якщо:

а) температуру інкубаційного середовища змінювати від 5 до  $40^\circ\text{C}$ ;

б) в інкубаційне середовище додати прозерін (що структурно нагадує ацетилхолін);

в) підвищувати концентрацію ацетилхоліну у присутності прозерину.

9. За зміною концентрації яких речовин можна виміряти швидкість реакцій, що каталізуються протеолітичними ферментами? Які кольорові реакції можна використати з цією метою?

10. Піруват може перетворюватися на оксалоацетат. Напишіть цю реакцію. Як зміниться швидкість цієї реакції у разі зменшення в клітині концентрації перерахованих нижче речовин?

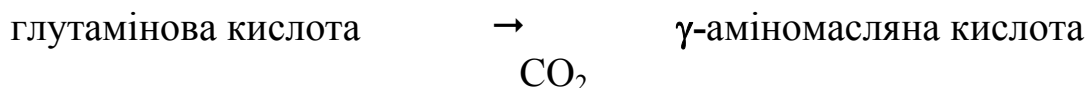
1) АДФ;

2)  $\text{CO}_2$ ;

3) піруват;

4) піруваткарбоксилаза.

11. Глутаматдекарбоксилаза каталізує перетворення:



а) по зміні концентрації яких речовин можна охарактеризувати активність глутаматдекарбоксилази?

б) за участю якого кофермента відбувається ця реакція?

в) як можна збільшити швидкість цієї реакції?

12. Поясніть біохімічний сенс деяких вимог (підкреслені), що висуваються до зберігання і використання ферментних препаратів:

а) розчинення сухого препарату дистильованою водою кімнатної температури;

б) під час розчинення препарату перемішувати обережно, не допускаючи утворення піни;

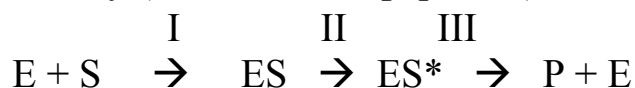
в) зберігання розчину препарату при низькій температурі;

г) за необхідністю тривалого зберігання – висушування препарату і запаювання у вакуумовані ампули.

13. Неоднакова швидкість одного й того самого метаболічного процесу в різних органах може бути обумовлена відмінностями в певних властивостях і будові ферментів. Виберіть правильну відповідь:

- А. Кількість ферментів
- Б. Активність ферментів
- В. Ізоферментний склад
- Г. Ферментний склад

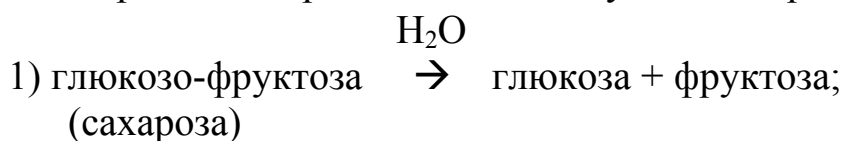
14. У схемі ферментативної реакції цифрами позначені основні етапи ферментативного каталізу (\* – зміна конформації):



Запишіть, на яких з цих стадій відбувається:

- а) перерозподіл електронної щільності в хімічних зв'язках субстрату;
- б) збільшується комплементарність між субстратом і активним центром ферменту;
- в) утворення нових хімічних зв'язків в молекулах, що перетворюються під дією ферменту.

15. Фермент сахароза може каталізувати такі реакції:



2)  $\text{фруктозо-глюкозо-галактоза} \xrightarrow{H_2O} \text{фруктоза} + \text{глюкоза} + \text{галактоза}$ .  
Якщо субстратом є сахароза, то  $K_m = 0,05 \text{ мМ}$ , якщо рафіноза, то  $K_m = 2,0 \text{ мМ}$ . В якому випадку швидкість реакції буде більше, якщо концентрація субстратів однакова?

16. Відобразіть у вигляді графіків залежність швидкості реакції, яка каталізована гексокіназою, від концентрації субстратів – глюкози ( $K_m = 0,04 \text{ мМ}$ ) і фруктози ( $K_m = 1,5 \text{ мМ}$ ), – якщо вважати  $V_{max}$  однаковою – (10 мМ/хв). У якому випадку за однакової концентрації субстратів (наприклад, 0,1 мМ) швидкість реакції буде більшою?

17. Активність ферментів за наявності інгібіторів може бути понижена. Вкажіть причину цього, вибравши найбільш правильну і повну відповідь:

- а) взаємодія інгібітора з функціональними групами амінокислот активного центру;
- б) взаємодія інгібітора з функціональними групами поза активним центром;
- в) конформаційні зміни молекул ферменту;
- г) зменшення кількості фермент-субстратного комплексу;
- д) взаємодія інгібітора з функціональними групами алостеричного центру.

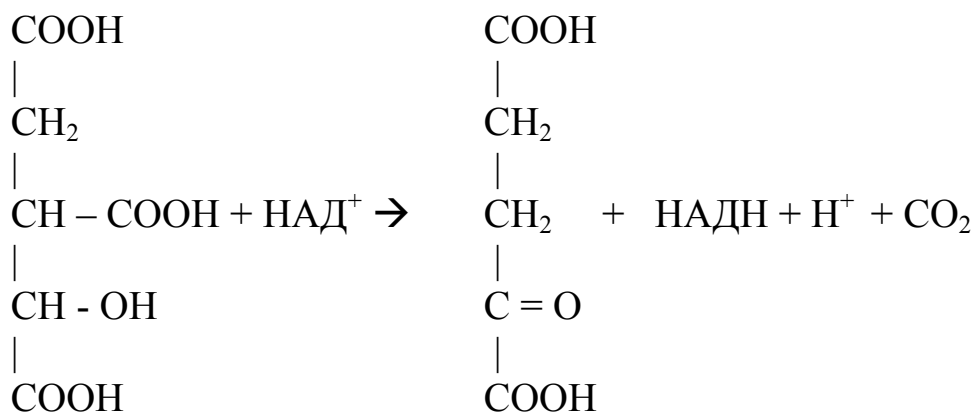
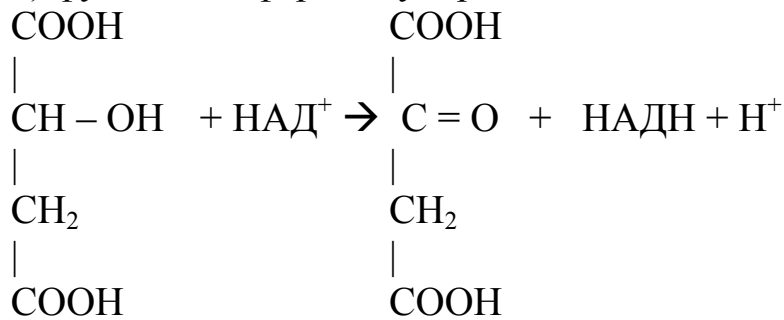


18. А. Розгляньте реакції і вкажіть:

1) клас ферментів;

2) вітамін, що входить до складу коферменту;

3) функцію коферменту в реакціях:



Б. Чим визначається субстратна специфічність ферментів, що каталізують однотипні реакції?

а) будовою ферменту;

б) будовою субстрату;

в) вітаміном, що міститься в коферменті;

г) апоферментом.

19. Вкажіть клас ферментів, що каталізують такі реакції:

1) Ала + тРНК + АТФ  $\rightarrow$  Ала - тРНК + АМФ + ФФ;

2) Ацетил-КоА + CO<sub>2</sub> + АТФ  $\rightarrow$  малоніл-КоА + АДФ + Ф;

3) 1,3-діфосфогліцерат + АДФ  $\rightarrow$  3-фосфогліцерат + АТФ;

4) Фен + НАДФН + H<sup>+</sup> + O<sub>2</sub>  $\rightarrow$  Тир + НАДФ + H<sub>2</sub>O;

5) Фосфодіоксиацетон  $\rightarrow$  фосфогліцериновий альдегід;  
H<sub>2</sub>O

6) Триацилгліцерин  $\rightarrow$  гліцерин + жирна кислота;

7) Фруктозо-1,6-діфосфат  $\rightarrow$  діоксиацетонфосфат + глицераль-дегідропосфат;

8) Глюкоза<sub>n</sub> + H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>  $\rightarrow$  глюкозо-1-фосфат + глюкоза<sub>n-1</sub>

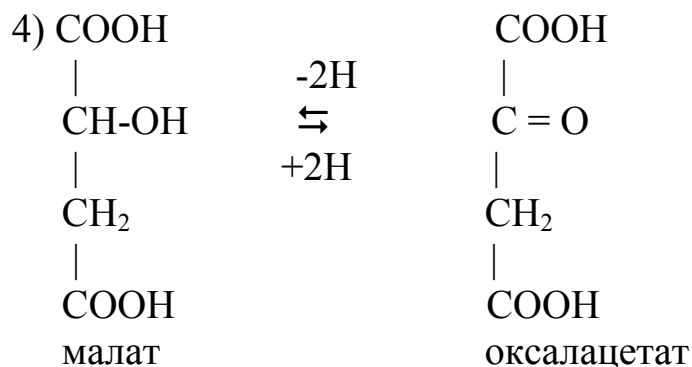
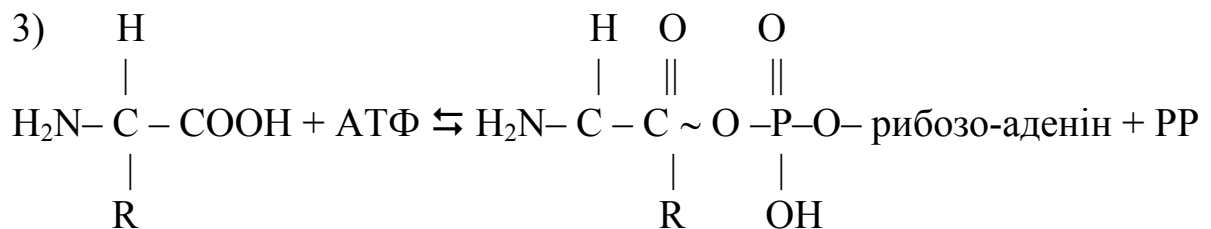
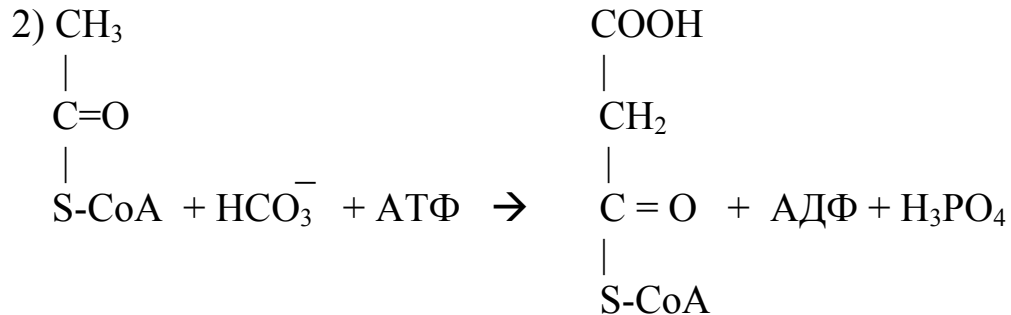
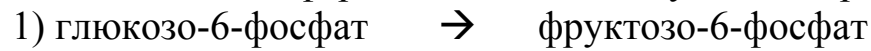
а) оксидоредуктази

б) трансферази

в) гідролази

- г) ліази
- д) ізомерази
- ж) лігази

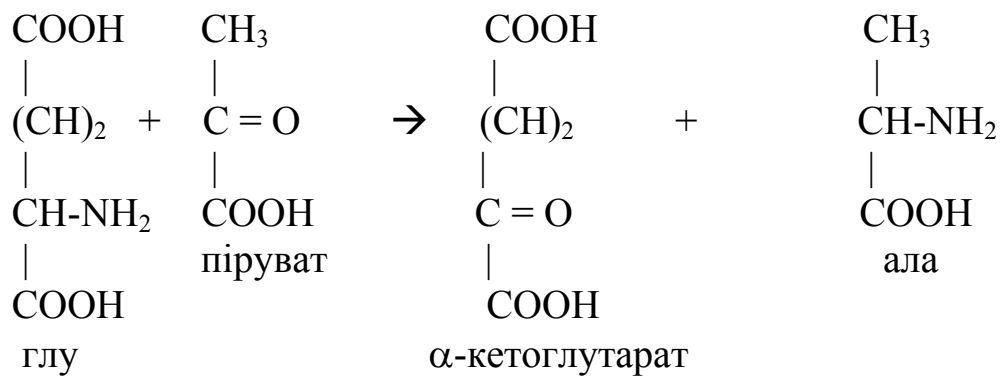
20. Назвіть клас ферментів, які каталізують такі реакції:



21. Виберіть і запишіть послідовність подій (наприклад: 3 $\rightarrow$ 2 $\rightarrow$ 4...), що відбуваються при алостеричному інгібуванні активності ферменту:

- а) зменшується швидкість ферментативної реакції;
- б) змінюється конформація ферменту;
- в) ефектор приєднується в активному центрі;
- г) змінюється конформація алостеричного центру;
- д) порушується комплемент активного центру до субстрату;
- ж) ефектор приєднується в алостеричному центрі;
- з) змінюється конформація активного центру.

22. Розгляньте схему ферментативної реакції. Порівняйте структурні формули субстратів і продуктів:



а) назвіть клас ферменту, що каталізує цю реакцію;

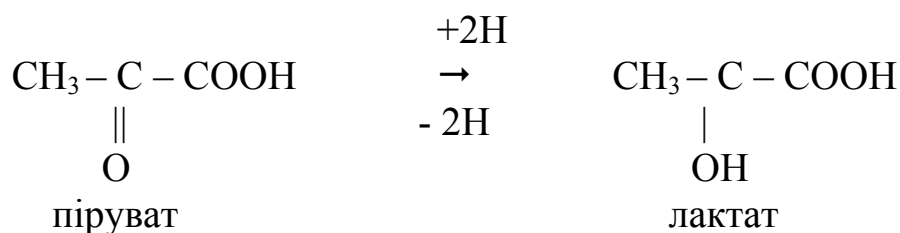
б) за участю якого коферменту відбувається ця реакція? Який вітамін входить до його складу?

в) розрахуйте питому активність ферменту, якщо за 15 секунд 1 мг ферменту за оптимальних умов (рН 7,4; 37 °С) перетворює 20 мкмоль пірувату;

г) активність цього ферменту зменшується якщо змінити рН від 7,4 до 5,0. Уявіть послідовність подій, що призводять до зменшення активності ферменту, розташовуючи вибрані номери в потрібній послідовності:

- 1) порушується комплементарність активного центру і субстрату;
- 2) відбувається гідроліз пептидних зв'язків;
- 3) змінюється іонізація функціональних груп ферменту і субстрату;
- 4) змінюється конформація молекули ферменту.

23. Розгляньте схему ферментативної реакції. Порівняйте структурні формули субстратів і продукту:



а) назвіть клас ферменту, що каталізує цю реакцію;

б) за участю якого коферменту відбувається ця реакція? Який вітамін входить до його складу?

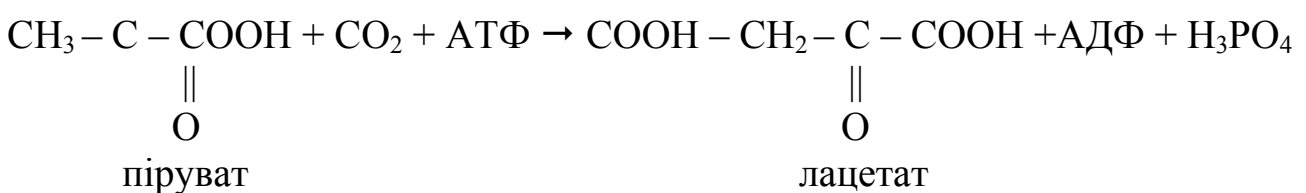
в) розрахуйте питому активність ферменту, якщо за 30 секунд 1 мг ферменту за оптимальних умов (рН 7,2; 37 °С) перетворює 50 мкмоль пірувату.

24. У таблиці подано дані, що характеризують залежність швидкості ферментативної реакції (V) від концентрації субстрату (S).

S, моль/л	V, мкмоль/хв.
$1 \cdot 10^{-6}$	20
$2 \cdot 10^{-5}$	32
$1 \cdot 10^{-4}$	39
$1 \cdot 10^{-3}$	40

Використовуючи ці таблиці, намалюйте графік залежності швидкості реакції від концентрації субстрату. Знайдіть приблизне значення  $V_{\max}$  і  $K_m$ .

25. Розгляньте схему ферментативної реакції. Порівняйте структурні формули субстратів і продукту:



а) назвіть клас ферменту, що каталізує цю реакцію;

б) за участю якого кофермента відбувається ця реакція?

в) розрахуйте питому активність ферменту, якщо за 20 секунд в результаті реакції за участю 1 мг ферменту за оптимальних умов (рН 8,0; 37 °С) виходить 25 мкмоль оксалацетату;

г) виберіть причини зниження активності ферменту після інкубації впродовж 10 хвилин при 60 °С. Уявіть послідовність подій, що призводять до зменшення активності цього ферменту, записавши вибрані номери в потрібній послідовності:

1) відбувається розрив пептидних зв'язків;

2) відбувається розрив слабких зв'язків (водневих, гідрофобних і іонних);

3) порушується комплемент активного центру і субстрату;

4) змінюється конформація молекули ферменту.

26. Підберіть спосіб регуляції (А-Г) активності для кожного з перерахованих ферментів:

1) протеїнкіназа (неакт.)  $\xrightarrow{\text{ц-АМФ}}$  протеїнкіназа (акт.)

2) глікогенсинтаза (не акт.)  $\rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 +$  глікогенсинтаза (акт.)

3) аденілатциклаза (неакт.)  $\xrightarrow{\text{адреналін}}$  аденілатциклаза (акт.)

4) пепсиноген  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$  пепсин + пептид

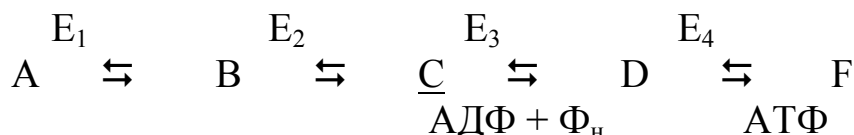
5) фосфорилаза (неакт.)  $\rightarrow$  фосфорилаза (акт.)

- а) алостерична регуляція;
- б) регуляція шляхом фосфорилювання або дефосфорилювання;
- в) регуляція шляхом асоціації і дисоціації субодиниць;
- г) частковий протеоліз.

27. Виберіть можливі причини конформаційних змін, що призводять до активації алостеричних ферментів:

- а) хімічна модифікація ферменту;
- б) гідроліз пептидних зв'язків;
- в) взаємодія просторово віддалених ділянок ферменту;
- г) розрив зв'язків між субодиницями;
- д) кооперативна взаємодія субодиниць.

28. Розгляньте схему метаболічного шляху, в якому попередник за допомогою низки реакцій перетворюється на продукт F, причому кожна стадія процесу каталізується специфічним ферментом (E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> і так далі):



Значення цього процесу – синтез макроергічного з'єднання АТФ – універсального постачальника енергії в клітині. Проте, якщо АТФ не витрачається для енергетичних потреб клітини з'єднання C не утворюється навіть за наявності попередників.

А. що є причиною цього явища?

Б. припустіть, який фермент є регуляторним?

В. вкажіть основні особливості будови і функціонування ферментів, які регулюються цим способом.

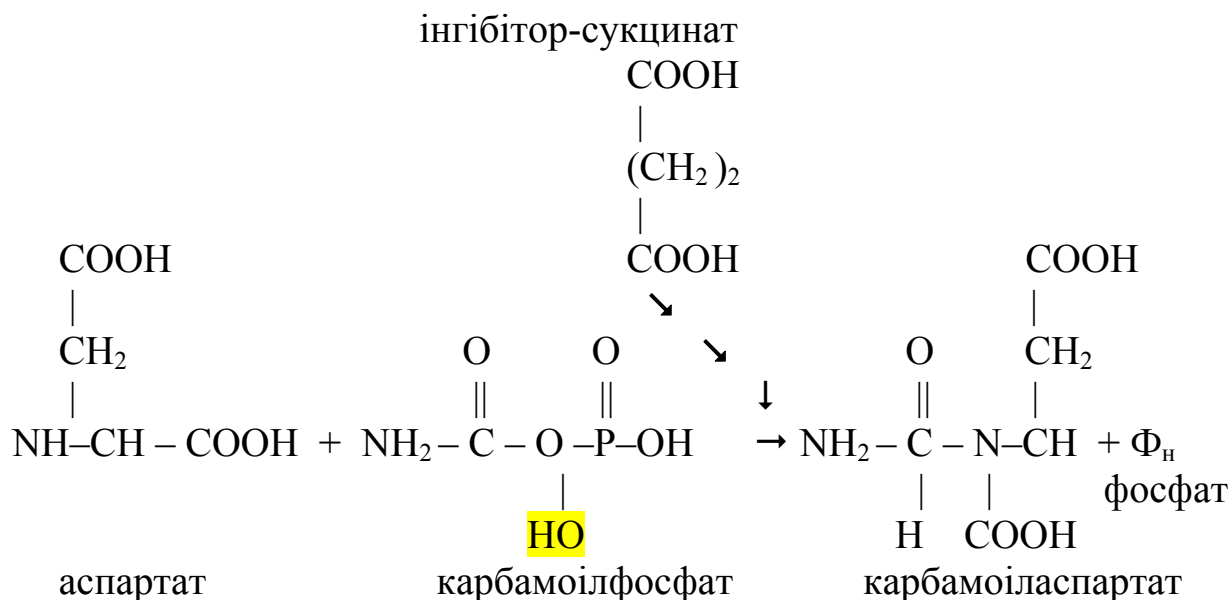
29. А. Виберіть особливості будови і функціонування алостеричних ферментів:

- а) є головними ферментами метаболічних шляхів;
- б) мають просторово розділені активний і регуляторний центри;
- в) переважно є олігомерними білками;
- г) не проявляють регуляторні властивості під час дисоціації молекули на протомери;
- д) під час взаємодії з лігандами відбувається кооперативна зміна субодиниць.

Б. Які з вибраних особливостей будови і функціонування алостеричних ферментів підтверджують такі дані: виявлено, що короткочасна витримка більшості алостеричних ферментів при температурі вище кімнатної (50–60 °С) призводить до втрати їхньої чутливості до дії алостеричних ефektorів при збереженні ферментативної активності. Наприклад, аспартат-карбамоїлтрансфераза (молекула складається з 12 протомерів) після витрим-

ки впродовж 4 хвилин при 60 °С втрачала чутливість до інгібітору (ЦТФ) зі збереженням ферментативної активності. При цьому відбувалась дисоціація фермента на окремі протомери.

30. Регуляторна реакція в синтезі піримідинових нуклеотидів каталізується аспартаткарбамоілтрансферазою. Цей фермент інгібується сукцинатом, що відображає така схема:



А. Порівняйте структурні формули інгібітору і субстратів. Чому можна припустити, що інгібітор зв'язується в активному центрі ферменту?

Б. Як можна зменшити інгібірувальну дію сукцинату на активність ферменту?

31. Які вимоги висувають до ферментів, які можна використати з метою ензімодіагностики?

- 1) органоспецифічність ферментів;
- 2) вихід ферментів у кров при ушкодженні органів;
- 3) низька активність або нестача ферментів в сироватці крові в нормі;
- 4) висока стабільність ферментів.

32. Амілаза – тканинспецифічний фермент підшлункової залози, що бере участь в процесі травлення:

- а) яку реакцію каталізує амілаза?
- б) яка амілазна активність в сироватці крові і в сечі здорової людини (низька, висока)?
- в) як можна підтвердити діагноз гострого панкреатиту (запалення підшлункової залози)?

33. Для чого використовується кількісне визначення активності ферментів в тканинах і біологічних рідинах?

- а) для діагностики захворювань пов'язаних з порушенням функціонування ферментів;

б) для приготування ферментних препаратів, що використовуються як ліки;

в) для контролю ефективності лікування низки захворювань;

г) для оцінки ефективності лікарських препаратів, що діють на ферменти-мішені.

34. Трипсин у кількості 0,05 мг за 15 хвилин утворює 100 мкмоль тирозину за оптимальних умов інкубації (рН 8,0 і 37 °С). Розрахуйте питому активність трипсину. Поясніть як і чому зміниться активність трипсину якщо:

а) рН інкубаційного середовища понизити до 3,0;

б) температуру інкубаційного середовища підвищити до 78 °С;

в) в інкубаційне середовище додати трасилол (поліпептид, що не містить тирозину).

35. Фермент сукцинатдегідрогенази у кількості 1 мг за 5 хвилин каталізує окислення бурштинової кислоти з утворенням 10 мкмоль фумарової (при 37 °С і рН 7,0). Розрахуйте питому активність ферменту. Поясніть як і чому зміниться активність ферменту якщо:

а) рН інкубаційного середовища понизити до 4,0;

б) до середовища додати малонову кислоту;

в) за наявності малонової кислоти збільшити концентрацію бурштинової кислоти.

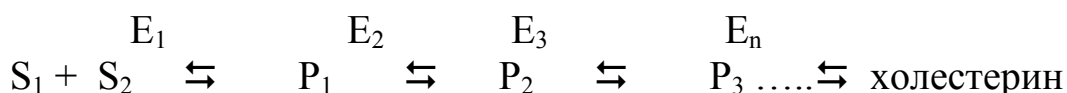
36. Фермент ЛДГ у кількості 5 мг за 30 хвилин каталізує перетворення пірувату з утворенням 20 мкмоль лактату (при 37 °С і рН 7,4). Розрахуйте активність ферменту і припустіть як і чому зміниться активність ферменту якщо:

а) рН інкубаційного середовища збільшити до 10,0;

б) понизити концентрацію НАД<sup>+</sup>.

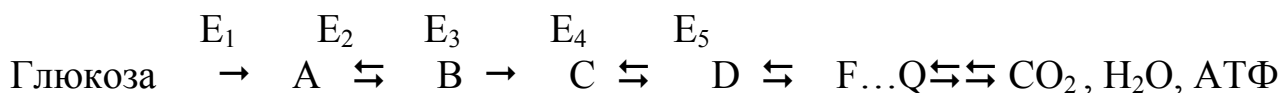
37. Ліпаза в жировій тканині може знаходитися в двох формах з різною активністю: у вигляді простого білка і фосфопротеїну. Поясніть як відбувається перехід однієї форми в іншу і чому цей перехід супроводжується зміною активності?

38. Холестерин синтезується в клітинах надниркових залоз в результаті низки послідовних реакцій:



Якщо холестерин не витрачається і його концентрація в клітині підвищується синтез холестерину припиняється попри те, що початкові речовини можуть вступати в реакції, які каталізуються ферментами  $E_1$  і  $E_2$  з утворенням продуктів  $P_1$  і  $P_2$ . Який фермент є регуляторним в цьому ланцюзі реакцій? Назвіть тип регуляції. Які структурні особливості регуляторного ферменту?

39. Розгляньте схему послідовного окислення глюкози до CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O:



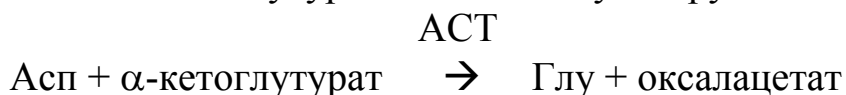
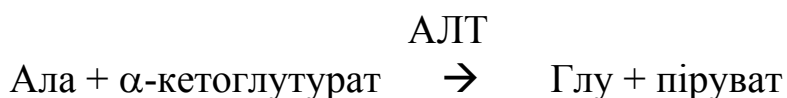
Основне значення цього процесу – синтез АТФ. Проте у разі надлишку АТФ окислення глюкози не відбувається.

А. Що є причиною цього явища?

Б. Припустіть, які ферменти є регуляторними?

В. Назвіть спосіб регуляції активності цього ферменту і основні особливості його будови.

40. У клітинах печінки людини виявлена висока активність амінотрансфераз (аланінової – АЛТ і аспарагінової – АСТ):



АЛТ локалізована лише в цитоплазмі, АСТ на 1/3 – в мітохондріях, на 2/3 – в цитоплазмі.

Некротичні процеси в тканинах (руйнування усіх клітинних структур) супроводжуються виходом в кров усіх внутрішньоклітинних ферментів. Під час запальних процесів підвищується проникність клітинних мембран, і в крові можуть виявлятися цитоплазматичні ферменти. У таблиці наведено розподіл активності амінотрансфераз в клітинах печінки і в крові, виражений в умовних одиницях.

Органи, тканини	АСТ (умовні одиниці)		АЛТ (умовні одиниці)	
	цитоплазма	мітохондрії	цитоплазма	мітохондрії
Печінка	60	30	80	-
Кров	8		5	

Визначте, яке буде співвідношення активності АСТ/АЛТ в крові при простому інфекційному гепатиті з некротичними явищами.



## ЧАСТИНА II

### ДИНАМІЧНА БІОХІМІЯ

#### Тема 6. Метаболізм вуглеводів

1. Виберіть твердження, які правильно характеризують фізіологічне значення анаеробного розпаду глюкози:

а) забезпечує енерговитрати скелетних м'язів в початковий період під час виконання термінової інтенсивної роботи;

б) активується у серцевому м'язі під час захворювань з порушенням кровообігу і явищами гіпоксії;

в) характерний для метаболізму клітин злоякісних пухлин;

г) є основним джерелом енергії для метаболізму еритроцитів;

д) кінцевий продукт виводиться з організму;

ж) кінцевий продукт піддається подальшим перетворенням.

Напишіть кінцеву реакцію анаеробного розпаду глюкози з вказівкою ферменту і коферменту.

2. Виберіть шляхи використання метаболітів пентозофосфатного циклу перетворень глюкози:

1. НАДФН + Н

А. Синтез нуклеотидів.

2. Рибозо-5-фосфат

Б. Відновні реакції під час синтезу жирних кислот

3. Гліцераальдегідфосфат

В. Реакції гідроксилування

4. Фруктозо-6-фосфат

Г. Аеробний і анаеробний гліколіз

Напишіть реакції окислювальної ділянки пентозофосфатного циклу.

3. До клініки поступила хвора дитина з систематичною діареєю після прийому молочної їжі. Для визначення діагнозу провели тест на толерантність до лактози. Хворому натще давали 50 г лактози розчиненої у воді. Через 30, 60 і 90 хвилин в крові визначали концентрацію глюкози і виявили, що вона не збільшилася. Поясніть отримані результати. Напишіть формулу лактози і реакцію її ферментативного гідролізу.

4. Напишіть схему реакцій катаболізму глюкози (без формул), відзначте реакції, з яких складаються:

а) процеси анаеробного гліколізу;

б) процеси аеробного гліколізу;

в) необоротні реакції напишіть формулами із зазначенням ферментів.

5. Напишіть схему реакцій катаболізму глюкози (без формул), відзначте реакції, з яких складаються:

а) окислювально-відновні реакції, що відбуваються в анаеробному гліколізі;

б) запишіть ці реакції у вигляді формул із зазначенням ферментів і коферментів.

6. Напишіть схему реакцій катаболізму глюкози (без формул), відмітьте реакції:

а) супряжені з синтезом АТФ без участі ланцюга перенесення електронів;

б) запишіть ці реакції у вигляді формул із зазначенням ферментів;

в) як називається шлях отримання АТФ без участі ланцюга перенесення електронів?

7. Напишіть схему реакцій катаболізму глюкози (без формул), відмітьте реакції:

а) супряжені з синтезом АТФ, і які відбуваються під час аеробного гліколізу;

б) запишіть у вигляді формул реакцію, пов'язану з синтезом АТФ за ялектронів.

8. Запишіть формули реакцій до перелічених ферментів, які вони каталізують:

а) лактатдегідрогеназа;

б) гексокіназа;

в) фосфоглюкоізомераза.

Скільки моль пірувату утворюється у разі розпаду 1 моль глюкози під час аеробного гліколізу? Скільки моль АТФ синтезується в цьому процесі? Як зміниться енергетичний ефект, якщо окислення 1 моль глюкози до пірувату відбуватиметься за анаеробних умов.

9. Запишіть до перелічених ферментів реакції (у вигляді формул), які вони каталізують:

а) фосфофруктокіназа;

б) піруваткіназа;

в) фосфоглюкомутаза.

Скільки моль АТФ синтезується під час окислення 2 моль гліцеральдегід-3-фосфата до піровиноградної кислоти в аеробних умовах (якщо концентрація НАД<sup>+</sup> достатня)? Як зміниться енергетичний ефект, якщо цей процес відбудеться без кисню?

10. До перелічених ферментів запишіть формули реакції, які вони каталізують:

а) енолаза;

б) гліцераальдегідфосфатдегідрогеназа;

в) фосфогліцераткіназа.

Скільки моль пірувату утворюється при розпаді 1 моль глюкози під час аеробного гліколізу? Скільки моль АТФ буде синтезовано в цьому процесі? Як зміниться енергетичний ефект, якщо цей процес відбувається без кисню?

11. Складіть схему катаболізму глюкози в аеробних умовах. Напишіть реакцію (у вигляді формул), супряжену з ланцюгом перенесення електронів. Виберіть, які з перерахованих тверджень правильно характеризують описаний процес:

- а) кінцевим продуктом є лактат;
- б) є джерелом енергії для клітин, що позбавлені мітохондрій;
- в) супряжений з синтезом 8 моль АТФ на 1 моль глюкози;
- г) відбувається в цитозолі клітин.

12. Підберіть особливості, характерні для аеробного і анаеробного гліколізу:

- |  |  |
|--|--|
| 1. Процес вимагає постійної регенерації НАД                                    | А. Характерно тільки для аеробного гліколізу   |
| 2. Акцептором водню від НАДН є піруват   | Б. Характерно тільки для анаеробного гліколізу |
| 3. Пов'язаний з синтезом АТФ за участю ланцюга перенесення процесів електронів | В. Характерно для обох                         |
| 4. Є джерелом енергії для клітин, що не характерно позбавлені мітохондрій      | Г. Для зазначених процесів                     |
| 5. Метаболіти процесу використовуються в анаболічних шляхах                    |  |

Напишіть сумарні реакції аеробного і анаеробного гліколізу.

13. Виберіть твердження, які правильно характеризують процес глюконеогенезу:

- а) є одним з джерел глюкози в крові;
- б) регуляторні ферменти каталізують необоротні реакції;
- в) інгібується при накопиченні в клітині АТФ;
- г) відбувається переважно в печінці, а також – в кірковій речовині нирок і слизовій оболонці кишківника;
- д) забезпечує глюкозою мозок в тих умовах, коли вона в організм не потрапляє.

Запишіть (у вигляді формул) необоротні реакції глюконеогенезу.

14. Складіть схему синтезу глюкози з лактату, розташувавши в необхідній послідовності перелічені компоненти. Над стрілками вкажіть реакції, що відбуваються з витратою АТФ, ГТФ:

- 1) лактат
- 2) фосфоенолпіруват
- 3) глюкоза
- 4) фруктозо- 1,6, -дифосфат
- 5) 1,3-дифосфогліцерат.
- 6) оксалоацетат
- 7) гліцеральдегідфосфат
- 8) диоксиацетонфосфат

- 9) глюкозо-6-фосфат
- 10) 2-фосфогліцерат
- 11) піруват
- 12) фруктозо-6-фосфат
- 13) 3-фосфогліцерат

Напишіть у вигляді формул регуляторні реакції, вкажіть ферменти.

15. Під час відщеплення аміногрупи аланін перетворюється на піруват, який залучається до процесу гліюконеогенезу. Складіть схему синтезу глюкози з аланіну, розташувавши перелічені компоненти в необхідній послідовності:

- 1) аланін
- 2) фосфоенолпіруват
- 3) глюкоза
- 4) фруктозо- 1,6, -діфосфат
- 5) 1,3-дифосфогліцерат
- 6) оксалоацетат
- 7) гліцеральдегідфосфат
- 8) диоксиацетонфосфат
- 9) глюкозо-6-фосфат
- 10) 2-фосфогліцерат
- 11) піруват
- 12) фруктозо-6-фосфат
- 13) 3-фосфогліцерат

Напишіть у вигляді формул реакцію, що відбувається з витратою енергії ГТФ, вкажіть фермент.

16. При відщепленні аміногрупи, аспарагінова кислота перетворюється на піруват, який залучається до процесу гліюконеогенезу. Складіть схему синтезу глюкози з аспарагінової кислоти, розташувавши перелічені компоненти в необхідній послідовності:

- 1) 3-фосфогліцерат
- 2) фосфоенолпіруват
- 3) глюкоза
- 4) фруктозо- 1,6, -діфосфат
- 5) 1,3-дифосфогліцерат
- 6) оксалоацетат
- 7) диоксиацетонфосфат
- 8) глюкозо-6-фосфат
- 9) 2-фосфогліцерат
- 10) фруктозо-6-фосфат
- 11) гліцеральдегідфосфат

Напишіть у вигляді формул окислювально-відновну реакцію, вкажіть фермент.

17. Який процес є джерелом енергії для скелетних м'язів у початковий період їх інтенсивних скорочень в умовах, коли фізична робота виконується через 3–4 години після обіду? З переліку нижче виберіть метаболіти та складіть схему цього процесу:

- 1) піруват
- 2) глікоген
- 3) УДФ-глюкоза
- 4) глюкоза
- 5) глюкозо-1-фосфат б) лактат
- 7) глюкозо-6-фосфат
- 8) метаболіти цитратного циклу
- 9) ацетил-КоА
- 10)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$
- 11) метаболіти гліколізу

Який з перелічених гормонів стимулює цей процес?

- 1) інсулін
- 2) глюкагон
- 3) адреналін
- 4) кортизол

Які з перелічених тверджень правильно характеризують вибраний гормон?

- а) взаємодіє з рецепторами клітин;
- б) запускає внутрішньоклітинний каскад реакцій, що посилює дію гормону;
- в) виробляється клітинами надниркових залоз;
- г) синтезується в клітинах підшлункової залози.

18. Виберіть твердження, що правильно характеризують пентозофосфатний цикл перетворення глюкози:

- а) активно проходить в жировій тканині;
- б) містить спільне проходження окислювального шляху синтезу пентоз і шляху повернення пентоз в гексози;
- в) проміжні продукти можуть залучатися до аеробного і анаеробного гліколізу;
- г) відбуваються реакції, пов'язані з ланцюгом перенесення електронів;
- д) утворюються відновлені коферменти, водень яких використовується для відновних синтезів;
- ж) утворюються пентози, які використовують для синтезу нуклеотидів.

Напишіть формули окислювально-відновних реакцій циклу із зазначенням ферментів і коферментів.

19. Яким перетворенням піддається лактат в печінці в період відновлення після інтенсивної м'язової роботи?

Напишіть схеми цих процесів. У схемі вкажіть реакції, що відбуваються з витратою або синтезом АТФ, та енергетичний ефект цих процесів.

20. Скільки моль лактату необхідно окислювати в печінці до  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$  для того, щоб забезпечити енергією синтез 2 моль глюкози з лактату?

Напишіть сумарне рівняння синтезу глюкози з лактату.

Окислення лактату проілюструйте схемою. У схемі вкажіть реакції, пов'язані з синтезом АТФ. Реакції окислення зв'яжіть з ланцюгом перенесення електронів і покажіть шлях водню від окислюваного субстрату до кисню, відмітьте точки сполучення ланцюга перенесення електронів з синтезом АТФ.

## Тема 7. Центральний шлях метаболізму

1. Напишіть реакції перетворення бурштинової кислоти в оксалоацетат:

- а) вкажіть назви ферментів і коферментів;
- б) покажіть у вигляді схеми (за участю ланцюга перенесення електронів) шлях водню від першого субстрату, що дегідрується, до кисню;
- в) визначте енергетичний ефект (у кількості моль АТФ) перетворення бурштинової кислоти в оксалоацетат.

2. Напишіть реакції перетворення цитрату в  $\alpha$ -кетоглутарову кислоту:

- а) вкажіть назви ферментів і коферментів;
- б) покажіть у вигляді схеми (за участю ланцюга перенесення електронів) шлях водню від субстрату, що дегідрується до кисню;
- в) визначте енергетичний ефект (у кількості моль АТФ) перетворення цитрату в  $\alpha$ -кетоглутарову кислоту.

3. Виберіть з'єднання, які беруть участь в перенесенні електронів від ізоцитрату на кисень і розмістіть їх так, як вони розташовані в дихальному ланцюзі:

- 1)  $\text{НАД}^+$
- 2) ФАД
- 3) цитохром *c*
- 4) цитохроми  $a a_3$
- 5) убіхінон
- 6) кисень
- 7) ФМН
- 8) протонна АТФ-аза
- 9) цитохроми  $b c_1$

4. Виберіть з'єднання, що беруть участь в переносі електронів від яблучної кислоти на кисень, і розмістіть їх так, як вони розташовані в дихальному ланцюзі:

- 1) Q (убіхінон)
- 2) Малатдегідрогеназа

- 3) НАДН-дегідрогеназа
- 4) цитохром *c*
- 5) НАДН
- 6) QH<sub>2</sub>-дегідрогеназа
- 7) сукцинатдегідрогеназа
- 8) НАДФ<sup>+</sup>
- 9) цитохромоксидаза
- 10) кисень

5. Виберіть з'єднання, що беруть участь в перенесенні електронів від бурштинової кислоти на кисень, і розмістіть їх так, як вони розташовані в дихальному ланцюзі:

- 1) цитохромоксидаза
- 2) Q (убіхінон)
- 3) НАДН-дегідрогеназа
- 4) НАД<sup>+</sup>
- 5) цитохром *c*
- 6) кисень
- 7) малатдегідрогеназа
- 8) НАДФ<sup>+</sup>
- 9) сукцинатдегідрогеназа
- 10) QH<sub>2</sub>-дегідрогеназа

6. Виберіть з'єднання, що є загальними переносниками електронів від яблучної і бурштинової кислот на кисень, і розмістіть їх так, як вони розташовані в дихальному ланцюзі:

- 1) НАДН-дегідрогеназа
- 2) Q (убіхінон)
- 3) НАД<sup>+</sup>
- 4) цитохроми *aa<sub>3</sub>*
- 5) цитохром *c*
- 6) QH<sub>2</sub>-дегідрогеназа
- 7) сукцинатдегідрогеназа
- 8) кисень

7. Які з наступних тверджень правильно описують механізм окислювального фосфорилування?

- а) функцією ЛПЕ є перенесення протонів через внутрішню мембрану в мітохондріальний матрикс;
- б) енергія електронів, що переносяться по ЛПЕ трансформується в енергію електрохімічного градієнта;
- в) односпрямований транспорт H<sup>+</sup> в міжмембранний простір створює градієнт рН;
- г) протонофори роз'єднують тканинне дихання і фосфорилування;

д) АТФ-аза здійснює транспорт  $H^+$  в міжмембранний простір;  
ж) енергія електрохімічного градієнта використовується для синтезу АТФ.

8. Напишіть сумарне рівняння реакцій окислювального декарбоксілювання піровиноградної кислоти:

- а) перелічіть назви ферментів і коферментів;
- б) покажіть у вигляді схеми ланцюга переносу електронів шлях водню від субстрату до кисню;
- в) визначте енергетичний ефект (у кількості моль АТФ) перетворення бурштинової кислоти в оксалоацетат.

9. Напишіть у вигляді схеми послідовність реакцій перетворення ацетил-КоА в  $\alpha$ -кетоглутарову кислоту:

- а) перелічіть назви ферментів;
- в) випишіть реакції дегідрування;
- г) покажіть у вигляді схеми (за участю ланцюга переносу електронів) шлях водню від субстрату, що дегідрується, до кисню;
- д) визначте енергетичний ефект реакції дегідрування (кількість моль АТФ).

10. Напишіть реакції перетворення fumarату в оксалоацетат:

- а) перелічіть назви ферментів і коферментів;
- б) виберіть реакції дегідрування і покажіть у вигляді схеми ланцюга переносу електронів шлях водню від субстрату, що дегідрується, до кисню;
- в) визначте енергетичний ефект реакції дегідрування (у кількості моль АТФ).

11. Суспензію невідмитих мітохондрій печінки щурів інкубували в аеробних умовах при оптимальній температурі та рН. Інтенсивність дихання вимірювали за поглинанням кисню після додавання до суспензії:

- а) малату;
- б) АТФ;
- в) АДФ;
- г) саліцилової кислоти (протонофору).

А. Напишіть реакцію окислення малату, назвіть фермент, кофермент.

Б. Покажіть у вигляді схеми (за участю ланцюга переносу електронів) шлях водню від субстрату, що дегідрується, до кисню.

В. Як зміниться процес синтезу АТФ мітохондріями при додаванні в середовище кожної із зазначених речовин?

12. Напишіть реакції перетворення сукциніл-КоА в малат:

- а) перелічіть назви ферментів і коферментів;
- б) виберіть реакції дегідрування і покажіть у вигляді схеми ланцюга переносу електронів шлях водню від субстрату, що дегідрується, до кисню;



г) визначте енергетичний ефект реакції дегідрування (у кількості моль АТФ).

13. Скільки молекул АТФ (п. п. 1–6) може синтезуватися за участю зазначених реакцій (А–Д) ЦТК з розрахунку на одну молекулу субстрату?

А. Піруват → сукциніл-КоА	1. 0
Б. Малат → оксалоацетат	2. 1
В. Сукциніл-КоА → сукцинат	3. 2
Г. Фумарат → малат	4. 3
Д. Сукцинат → оксалоацетат	5. 5
	6. 9

14. Чим визначаються анаболічні функції цитратного циклу?

а) використанням проміжних продуктів циклу для синтезу амінокислот і гема;

б) утворенням донорів водню (НАДН, ФАДН<sub>2</sub>) для ланцюга перенесення електронів;

в) використанням проміжних продуктів циклу для утворення донора водню НАДФН необхідного для синтезу жирних кислот і стероїдів;

г) синтезом цитрату.

15. Виберіть пропозиції, які правильно характеризують «мікросомальне окислення»:

а) «мікросомальне окислення» відбувається в гладкому ендоплазматичному ретикулумі печінки і інших органів;

б) НАДН є донором водню для реакцій «мікросомального окислення»;

в) головні ферменти системи – цитохром Р450 і НАДФ-цитохром Р450-редуктаза;

г) для утворення гідроксильної групи в гідрофобній речовині, що модифікується, використовується атом кисню молекули води;

д) цитохром Р450 (атом заліза гема) переносить електрони на атом кисню з утворенням молекули води;

ж) в якості побічних продуктів утворюються активні форми кисню.

16. Виберіть правильні твердження:

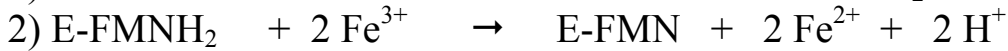
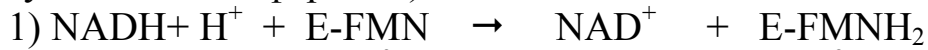
а) активні форми кисню (супероксидний аніон радикал, пероксид водню, гідроксильний радикал) можуть утворюватися в результаті послідовного одноелектронного відновлення молекулярного кисню у ферментативних і неферментативних реакціях в клітині;

б) активні форми кисню ініціюють вільнорадикальні процеси в клітині, вступають у реакцію з нуклеїновими кислотами, ліпідами, білками і можуть викликати їх ушкодження;

в) вітамін Є – найважливіший компонент системи неферментативного антиоксидантного захисту клітини;

г) бактерицидна дія фагоцитів обумовлена активацією ферментів антиоксидантного захисту.

17. NADH – дегідрогеназний комплекс мітохондріального ланцюга перенесення електронів каталізує такі окислювально-відновні реакції ( $\text{Fe}^{3+}$  і  $\text{Fe}^{2+}$  – атоми заліза залізо-сіркових центрів, Q – убіхінон,  $\text{QH}_2$  – убіхінол і E – фермент):



Напишіть сумарну реакцію.

Для кожної з цих трьох реакцій, каталізованих NADH- дегідрогеназним комплексом вкажіть:

- а) донора електронів;
- б) акцептора електронів;
- в) сполучену окислювально-відновну пару;
- г) відновник;
- д) окисник.

18. Ротенон (токсична речовина, що виробляється одним з видів рослин) різко пригнічує активність мітохондріальної NADH-дегідрогенази. Токсичний антибіотик антіміцин А сильно інгібує окислення убіхінола.

А) Чому ротенон є смертельною отрутою для деяких комах і риб?

Б) Чому антіміцин А діє як отрута в тваринних тканинах?

В) Припустимо, що обидві ці речовини блокують відповідні ділянки дихального ланцюга з рівною ефективністю. Яка з них при цьому буде найбільш потужною отрутою? Дайте аргументовану відповідь. Напишіть сумарну реакцію окислення NADH, вкажіть фермент і кофермент.

19. У суспензію мітохондрій додали 2 ммоль цитрату і 2 ммоль АДФ. Швидкість окислення субстрату вимірювали за поглинанням кисню. Через деякий час реакція припинилася.

А. Поясніть, чому це сталося.

Б. Скільки субстрату залишилося неокисленим?

В. Яку речовину можна додати, щоб реакція поновилася?

Дайте аргументовану відповідь.

20. У суспензію мітохондрій додали 2 ммоль  $\alpha$ -кетоглутарата і 2 ммоль АДФ. Швидкість окислення субстрату вимірювали по поглинанню кисню. Через деякий час реакція припинилася.

А. Поясніть, чому це сталося.

Б. Скільки субстрату залишилося неокисленим?

В. Яку речовину можна додати, щоб реакція поновилася?

Дайте аргументовану відповідь.

## Тема 8. Метаболізм ліпідів

1. Напишіть окислювально-відновні реакції, що відбуваються за участю коферментів НАД<sup>+</sup> і НАДФН під час:

- а) β-окислення жирних кислот;
- б) біосинтезу жирних кислот.

2. Розрахуйте, скільки молекул АТФ утворюється при окисленні капронової кислоти (C<sub>6</sub>:0) до CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O. Напишіть реакції процесу. Порівняйте з виходом АТФ при повному окисленні глюкози. Визначте, яка молекула має більший запас енергії.

3. Назвіть основне джерело енергії скелетних м'язів через 40–50 хвилин після початку роботи. Напишіть схему процесу, що відбувається за цих умов, в м'язах з пальмітиновою кислотою.

4. У експериментальній тварини визначали різницю в концентрації жирних кислот в крові, що живить інтенсивно працюючий скелетний м'яз (тобто, на вході в м'яз) і в крові, що відтікала від цього м'яза на 1-ій і 20-ій хвилині роботи. У якому випадку різниця в концентрації жирних кислот буде більшою? Напишіть схему процесу, що відбувається за таких умов в м'язах з пальмітиновою кислотою.

5. Під час інтенсивного фізичного навантаження впродовж 30 хвилин в крові експериментальних тварин визначали концентрацію жирних кислот. Вкажіть, де ця величина більша: в крові, що живить жирову тканину (артеріальній), або в крові, що відтікає від неї (венозній). Напишіть реакції обміну жирів, які за цих умов в жировій тканині є причиною артеріовенозної різниці.

6. Під час інтенсивного фізичного навантаження впродовж 30 хвилин в крові експериментальних тварин визначали концентрацію жирних кислот. Вкажіть, де ця величина більша: в крові, що живить міокард (артеріальній) або в крові, що відтікає від нього (венозній). Напишіть реакції обміну жирів, які за цих умов в серцевому м'язі є причиною артеріовенозної різниці.

7. Виберіть донорів водню, необхідних для синтезу жирних кислот в організмі людини:

1. ФАДН<sub>2</sub>
2. НАДН
3. аскорбінова кислота
4. НАДФН
5. QH<sub>2</sub>

Напишіть реакції, в яких бере участь ця речовина.

8. Яка частина молекули триацилгліцеридів містить більше біологічно доступної енергії (з розрахунку на один атом вуглецю): залишки жирних кислот або залишки гліцерину? Обґрунтуйте свою відповідь схемами метаболічних шляхів.

9. Аналогічні метаболічні перетворення часто відбуваються в клітині через одні й ті ж ферментативні етапи. Дуже схожі, наприклад, етапи окислення пірувату і  $\alpha$ -кетоглутарату відповідно до ацетил-КоА і сукциніл-КоА, хоча вони і каталізуються різними ферментами. На першій стадії окислення жирних кислот відбувається через послідовність реакцій, що дуже нагадує послідовність реакцій в циклі Кребса. Напишіть рівняння цих реакцій, схожих у обох зазначених метаболічних шляхах.

10. Порівняйте процеси  $\beta$ -окислення і біосинтезу жирних кислот, підбравши відповідні пари.

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1. Регуляторний фермент-ацетил-КоА-карбоксилаза   | А. $\beta$ -окислення          |
| 2. Регуляторний фермент-ацил-КоА-дегідрогеназа    | Б. Біосинтез жирних кислот     |
| 3. Регуляторний фермент-пальмитатсинтетаза        | В. Обидва процеси              |
| 4. Активатор регуляторного ферменту – цитрат      | Г. Жоден з зазначених процесів |
| 5. Інгібітор регуляторного ферменту – малоніл-КоА |                                |

11. Напишіть формули кетонових тіл. Виберіть твердження, що правильно характеризують наслідки накопичення кетонових тіл:

- а) у м'язах і мозку кетонові тіла стають важливим джерелом енергії;
- б) печінка починає використовувати кетонові тіла як джерело енергії;
- в) зростає ацидоз;
- г) зростає кетонурія;
- д) з повітрям, що видихається, виділяється ацетон.

12. Людина виконує інтенсивну фізичну роботу протягом декількох годин. Напишіть реакції обміну жирів, швидкість яких в жировій тканині при цьому істотно зростає. Яка частка продуктів цих реакцій в печінці? Напишіть схему відповідних метаболічних шляхів.

13. Людина виконує інтенсивну фізичну роботу протягом декількох годин. Напишіть реакції обміну жирів, швидкість яких в жировій тканині при цьому істотно зростає. Яка частка продуктів цих реакцій в м'язах? Напишіть схему відповідних метаболічних шляхів.

14. Людина пробігла 10 км приблизно за 60 хвилин. Як зміниться метаболізм жирів в жировій тканині за 30–40 хвилин після початку бігу? Напишіть реакції обміну жирів в жировій тканині, швидкість яких зміниться.

15. Людина пробігла 10 км приблизно за 60 хвилин. Як зміниться обмін жирних кислот в'язовій тканині через 30–40 хвилин після початку бігу? Напишіть схему метаболічного шляху жирних кислот, швидкість якого збільшиться в м'язах за цих умов.

16. Як зміниться метаболізм жирних кислот в жировій тканині за 1,5–2 годин після їжі, яка містить 250–300 г вуглеводів? Напишіть схему шляху обміну жирних кислот, активність якого зростає за цих умов, на схемі вкажіть ферменти і коферменти, витрати АТФ. Напишіть реакцію, що каталізується регуляторним ферментом цього шляху обміну жирних кислот, вкажіть активатор ферменту.

17. Як зміниться метаболізм жирних кислот в жировій тканині через 1,5–2 годин після їжі, яка містить 250–300 г вуглеводів? Напишіть схему шляху обміну жирних кислот, активність якого зростає за цих умов, на схемі вкажіть ферменти і коферменти, витрати АТФ. Напишіть ті компоненти, які утворюються при окисленні глюкози і потрібні для того, щоб реакція зазначеного шляху відбулася.

18. Опишіть усі етапи асиміляції харчових жирів на їх шляху від шлунково-кишкового тракту до клітин жирової тканини. Відповідь дайте у вигляді схеми. Опишіть транспортні форми ліпідів в крові. Що відбувається з жирними кислотами, що поступили в серцевий м'яз. Напишіть схему процесу і регуляторний фермент.

19. Напишіть сумарне рівняння для повного окислення міристоїл-КоА. (Міристинова кислота – C14:0).

20. Напишіть схему синтезу жирів з вуглеводів у печінці.

## Тема 9. Метаболізм амінокислот і білків

1. Напишіть реакцію трансамінування між глутаміновою і піровиноградною кислотами:

- а) вкажіть повну назву ферменту за прямою і зворотною реакціями;
- б) з якою метою використовується визначення активності трансаміназ в клінічній практиці?

2. Підберіть до цих реакцій орнітинового циклу компонент, якого бракує:

1. ? + аспартат  $\rightarrow$  аргініносукцинат                      А. Цитрулін
2. Орнітин + карбамоїлфосфат  $\rightarrow$  ?                                      Б. Фумарат



грами. Є патологоанатомічно-некротичні процеси в мозку. Напишіть схему орнітинового циклу і вкажіть місце блокування. Чи можна таким хворим вводити білкові препарати, наприклад, для парентерального живлення?

15. Існує спадкове захворювання, при якому добова екскреція аргініносукуцината досягає 3 г (у нормі немає). Захворювання супроводжується судомами, порушенням координації рухів, аномаліями електроенцефалограми. Є патологоанатомічно-некротичні процеси в мозку. Запишіть реакцію, яка буде блокуватися під час цієї патології. Поясніть причину порушення функцій ЦНС. Чи можна таким хворим вводити білкові препарати, наприклад, для парентерального живлення.

16. На ізольованих гепатоцитах досліджували синтез глюкози з амінокислот. Для цього до культури клітин додавали різні амінокислоти і реєстрували швидкість утворення глюкози. У контрольному досліді (без додавання амінокислот) швидкість глюконеогенезу складала 0,15 мкмоль глюкози за хвилину. Під час введення в інкубаційне середовище Ала, Про, Глу швидкість збільшувалася до 0,17–0,18 мкмоль за хвилину, а якщо додавали Ліз і Лей – не змінювалася. Як можна пояснити це спостереження? Напишіть реакції процесу у разі додавання Глу.

17. Тварини тривалий час отримували їжу, що містить тільки білки, проте концентрація глюкози в крові знаходилася на постійному рівні. Напишіть схему перетворень, які підтримують постійну концентрацію глюкози в крові на прикладі Глу. Назвіть амінокислоти, які можуть залучатися до цього процесу.

18. У 1962 році уперше було описано спадкове захворювання: сімейна гіперамоніємія. Воно характеризується стійким збільшенням вмісту аміаку в крові і браком цитруліну. Основні клінічні симптоми пов'язані з поразкою ЦНС. Напишіть реакцію, яка буде блокуватися під час цієї патології. Як зміниться добове виділення сечовини ?

19. Існує спадкове захворювання цитрулінемія, яке супроводжується у дітей важкою блювотою, порушенням свідомості, судомами. У крові виявляється значна кількість цитруліну. Напишіть місце блокування орнітинового циклу під час цього захворювання. Запишіть блоковану реакцію. Яку дієту можна рекомендувати таким хворим?

20. Запишіть реакції окислювального дезамінування і декарбоксилювання фенілаланіну.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Биохимия: учебник / под ред. чл.-корр. РАН, проф. Е. С. Северина. – М. : ГЭОТАР-МЕД, 2003. – 784 с.
2. Биохимия: Краткий курс с упражнениями и задачами / под ред. чл.-корр. РАН, проф. Е. С. Северина, проф. А. Я. Николаева – М. : ГЭОТАР-МЕД, 2001. – 448 с.
3. Біохімія: програмований контроль із застосуванням ЕОМ: навч. посібник / М. Є. Кучеренко, О. Ю. Пащенко, П. М. Туряниця, З. Й. Фабрі. – К. : Либідь, 1993. – 240 с.
4. Біохімія: Тестовий контроль знань : навч. посібник / М. Є. Кучеренко, О. Ю. Пащенко, П. М. Туряниця та ін. – К. : Либідь, 1995. – 344 с.
5. Біохімія: ділові ігри та ситуаційні задачі : навч. посібник / М. Є. Кучеренко, О. Ю. Пащенко, П. М. Туряниця та ін. – К. : Либідь, 1994. – 208 с.
6. Гринштейн Б. Наглядная биохимия: пер. с англ. / Б. Гринштейн, А. Гринштейн. – М. : ГЭОТАР-МЕД, 2000. – 119 с. («Екзамен на отлично»).
7. Ленинджер А. Основы биохимии: В 3-х томах. Пер. с англ. – М. : Мир, 1985. – 367 с.
8. Е. О. Ромоданова, Біохімія: навч. посібник / Е. О. Ромоданова, Т. М. Овсяннікова. – Харків : ХДУ, 1997. – 241 с.
9. Страйер Л. Биохимия: в 3-х томах. пер. с англ. – М. : Мир, 1984. – 232 с.