

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

К. М. Задорожний

БІОХІМІЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для студентів 2 курсу денної та заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, спеціальності 101 – Екологія)

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019

УДК 577

Задорожний К. М. Біохімія : конспект лекцій для студентів 2 курсу денної та заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, спеціальності 101 – Екологія / К. М. Задорожний; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова» 2019. – 24 с.

Автор канд. біол. наук К. М. Задорожний

Рецензент

А. П. Полів'янчук, д-р техн. наук, проф., проф. кафедри інженерної екології міст, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою міських і регіональних екосистем, протокол № 1 від 31.08. 2018.

Конспект лекцій містить інформацію до курсу «Біохімія». Матеріали відповідають діючій програмі навчальної дисципліни та містять список літератури, який дозволяє отримати додаткову інформацію з питань курсу. Для студентів 2 курсу очної та заочної форм навчання.

© К. М. Задорожний, 2019

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019

ЗМІСТ

	Стор
Змістовий модуль 1 Речовини живих організмів	4
Тема 1 Основні поняття біохімії. Неорганічні речовини живих організмів	4
Тема 2 Основні групи органічних сполук	9
Змістовий модуль 2 Основні біохімічні процеси	16
Тема 3 Обмін білків та нуклеїнових кислот	16
Тема 4 Обмін вуглеводів і ліпідів	18
Список рекомендованих джерел.....	22

Змістовий модуль 1 Речовини живих організмів

Тема 1 Основні поняття біохімії. Неорганічні речовини живих організмів

Хімічні елементи живих організмів

Макроелементи

До цієї групи відносять елементи, маса яких становить від 10 до 0,001 % маси тіла. Вони є основною масою речовини живих організмів і беруть участь в утворенні їх органічних і неорганічних сполук. С, Н, О, N, Р і S входять переважно до складу органічних сполук.

Чотири елементи (С, Н, О, N), які за загальною масою та кількістю атомів у органічних сполуках значно перевищують усі інші, називають органогенними. Na, К, Mg, Са і Cl в живих організмах частіше за все трапляються у вигляді іонів.

Мікроелементи

До цієї групи відносять елементи, маса яких становить від 0,001 до 0,000001 % маси тіла. Вони входять до складу ферментів, гормонів і ряду інших важливих сполук. Наприклад, I входить до складу гормонів щитовидної залози, а Fe – до складу гемоглобіну.

Деякі з них мають велике значення лише для певних систематичних груп організмів. Так, бурі водорості містять багато I, молюски – багато Cu, який входить до складу їх дихальних пігментів, а хвощі – багато Si і Cr, які виконують захисні функції.

Ультрамікроелементи

До цієї групи відносять елементи, маса яких становить менше 0,000001 % маси тіла. Їх біологічна роль мало досліджена. Скоріше за все, вони потрапляють в організм випадково у вигляді домішок у складі необхідних речовин. Проте в ряді випадків було відмічено їхній вплив на організм.

Наприклад, препарати, які містили дуже низькі концентрації Au, виявили суттєвий профілактичний ефект щодо атеросклерозу.

Проблеми, пов'язані з порушенням умісту елементів

Порушення вмісту хімічних елементів у живих організмах досить часто призводить до негативних для них наслідків. Причиною негативних наслідків може бути як нестача, так і надлишок елемента. Так, нестача I призводить у людини до порушення роботи щитовидної залози, а надлишок важких металів (Hg, Pb, Cu, As тощо) викликає важкі отруєння та порушує роботу печінки й нирок. Нестача Fe у людини викликає анемію, нестача P підвищує ламкість кісток, а його надлишок викликає ураження нервової системи.

Дефіцит N у рослин пригнічує їхній ріст, викликає пожовтіння й опадання листя та зменшує врожайність. Дефіцит P також викликає пригнічення росту і зміну забарвлення листків. Різноманітні порушення розвитку рослин та забарвлення їх окремих частин викликає й дефіцит таких елементів, як Fe, Mo, Ca, Mg тощо. Надлишок Mn викликає у рослин пожовтіння листків, а надлишок B призводить до відмирання країв листків.

Вода в живих організмах

Води в живих організмах міститься дуже багато. У більшості випадків вона становить більше половини маси живого організму, а інколи її частка в організмі становить 95–99 %. Усе це обумовлено надзвичайно великою роллю води для життєдіяльності живих організмів. І таке значення обумовлене особливими властивостями води, якими вона завдячує своїй будові.

Молекула води складається із двох атомів Гідрогену та одного атома Оксигену. Ці атоми утворюють полярні полюси молекули (позитивний полюс – атоми Гідрогену, а негативний полюс – атом Оксигену). Існування полюсів робить можливим утворення водневих зв'язків, які дозволяють молекулам води утворювати між собою та з іншими речовинами різноманітні комплекси. Подібні комплекси молекул суттєво підвищують температури кипіння і танення

води (порівняно зі схожими молекулами) та збільшують її теплоємність. Вони ж таки роблять воду дуже гарним розчинником та сприятливим середовищем для проходження цілого ряду реакцій.

Найважливішими для живих організмів властивостями води можна назвати такі:

1. Вода є чудовим розчинником для полярних і неполярних речовин, які мають заряджені ділянки.

2. Вода здатна утворювати агрегатні групи молекул між своїми молекулами та з молекулами інших речовин. Це значно посилює силу поверхневого натягу, що дозволяє воді підійматися по капілярах ґрунту та судинах рослин.

3. Через наявність між молекулами води водневих зв'язків її випаровування потребує великої кількості енергії, а в разі її замерзання виділяється тепло. Тому наявність на нашій планеті води у трьох агрегатних станах значно пом'якшує її клімат. Крім того, багато організмів використовує випаровування води за умов високих температур для охолодження свого організму.

4. Найбільшої густини вода досягає за 4 °С. Лід має меншу густину, ніж вода. Тому взимку він розміщається на поверхні водойм і захищає організми, які в них живуть, від переохолодження.

Молекули органічних або неорганічних речовин, які є полярними або мають заряджені ділянки, легко взаємодіють з молекулами води та, відповідно, легко в ній розчиняються. Такі речовини називають гідрофільними. Якщо ж молекули органічних або неорганічних речовин не є полярними й не мають заряджених ділянок, то вони мало взаємодіють з молекулами води та, відповідно, у ній не розчиняються. Такі речовини називають гідрофобними.

Через те що вода в рідкому стані все ж таки не має жорсткої внутрішньої структури, тепловий рух молекул призводить до постійного перемішування молекул водного розчину. Це явище називають дифузією. Унаслідок дифузії концентрації розчинених речовин у різних частинах розчину вирівнюються.

Наявність у живих організмах біологічних мембран призводить до появи явища осмосу. Унаслідок того, що біологічні мембрани є напівпроникними, через них не можуть проходити великі органічні молекули, але можуть проходити молекули води. У випадку, коли концентрація великих молекул по різні боки мембрани є різною, молекули води починають інтенсивно переміщуватися на той бік, де концентрація розчинених речовин є вищою. Унаслідок цього й виникає надлишок речовин по один бік мембрани, що можна спостерігати у вигляді осмотичного тиску.

Осмотичний тиск є дуже важливим для живих організмів. Завдяки йому виникає тургор (пружність рослинних тканин) та відбувається клітинний транспорт.

Мінеральні речовини живих організмів

У живих організмах мінеральні речовини можуть бути представлені у вигляді іонів або нерозчинних солей. У вигляді іонів трапляються катіони K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} та аніони Cl^- , HCO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-} та ін. Нерозчинними сполуками в живих організмах є $Ca_2(PO_4)_2$ і $CaCO_3$. Ряд живих організмів здатен виробляти неорганічні кислоти, наприклад, хлоридну й сульфатну.

Mg. У рослинних і тваринних організмах магній міститься в кількостях близько 0,01 %, а до складу хлорофілу входить до 2 % Mg. За нестачі магнію припиняється ріст і розвиток рослин. Накопичується він переважно в насіннях. Уведення магнієвих сполук у ґрунт помітно підвищує врожайність деяких культурних рослин. У тварин магній є будівельним матеріалом для кісткової тканини (приблизно 70 % усього магнію). Крім цього він бере участь у багатьох

процесах клітинного метаболізму й необхідний для правильного функціонування різноманітних ферментів

Na. Натрій є основним позаклітинним катіоном. Він бере участь у підтриманні кислотно-лужної рівноваги і входить до складу бікарбонатної, фосфатної буферних систем. Обмін Натрію є основою водно-сольового обміну організму. Натрій забезпечує постійність осмотичного тиску в організмі. З участю його іонів передається збудження по нервовому волокну, від них залежить нервово-м'язова активність. Разом з Калієм Натрій відіграє основну роль у скоротливій функції міокарда

Ca. Кальцій впливає на проникність клітинних мембран, бере участь у роботі багатьох ферментних систем, передачі нервових імпульсів, м'язовому скороченні, відіграє важливу роль у всіх стадіях зсідання крові. У крові кальцій міститься в неорганічних сполуках і білкових комплексах. Його іони, будучи наявними в різних білкових структурах, керують функціями, життєвим циклом клітин. У рослинній клітині кальцій регулює фізико-хімічний стан цитоплазми: підтримує колоїдний стан, визначає поряд з магнієм та іншими елементами кислотність середовища. Завдяки стабільності стану цитоплазми спостерігається тургор рослини, йде активний обмін та синтез сполук.

K. Однією з найважливіших функцій калію є підтримка потенціалу клітинної мембрани. Концентрація іонів Калію впливає на осмотичний тиск у клітинах – тиск розчину на напівпроникну перетинку, яка відокремлює його від розчинника або розчину меншої концентрації. Конкурентність між іонами Калію та Натрію обумовлює участь калію в регуляції кислотно-лужної рівноваги в організмі.

Cl. Хлор у формі хлорид-аніону бере участь у регуляції тургору. Переміщаючись разом з Калієм, він підтримує в клітинах електронейтральність. Однак уміст хлориду рідко досягає такого високого рівня, як уміст Калію. Відомо також, що хлор стимулює фотосинтетичне фосфорилування, але його точна біохімічна роль у цьому процесі ще не встановлена.

Тема 2 Основні групи органічних сполук

Мономери

Моносахариди, або прості цукри, є органічними сполуками із загальною формулою $(C_n H_{2n} O)_n$. У моносахаридів n може приймати значення від трьох до семи. Усі вони мають у своєму складі гідроксильні групи, тому добре розчиняються у воді. За кількістю атомів Карбону в молекулі моносахариди поділяють на п'ять груп – тріози, тетрози, пентози, гексози й гептози.

Тріози відіграють важливу роль проміжних продуктів у процесах дихання і фотосинтезу. Тетрози у живих організмах трапляються рідко, переважно в деяких прокариотів. Пентози входять до складу нуклеїнових кислот, беруть участь у синтезі деяких коферментів, полісахаридів та макроергічних сполук (АМФ, АТФ тощо), у процесі фотосинтезу. Гексози є джерелами енергії, яка вивільняється під час реакцій окиснення в процесі дихання, входять до складу оліго- та полісахаридів. Гептози у рослин з родини Товстянкові відіграють важливу роль як один із проміжних продуктів фотосинтезу.

Нуклеотиди є мономерами нуклеїнових кислот, які складаються з моносахариду пентози (рибоза в молекулах РНК і дезоксирибоза в молекулах ДНК), залишка фосфатної кислоти та азотистої основи. З цих основ до складу РНК входять аденін (А), гуанін (Г), урацил (У) та цитозин (Ц), а до складу ДНК – аденін (А), гуанін (Г), тимін (Т) та цитозин (Ц). Крім того, що нуклеотиди є мономерами нуклеїнових кислот, вони ще відіграють роль коферментів, без яких не може працювати цілий ряд важливих ферментів. Ще одна функція нуклеотидів – утворення макроергічних сполук шляхом приєднання залишків фосфорної кислоти. Саме в такій формі зберігається і використовується енергія, яку отримують з їжею чи виробляють шляхом фотосинтезу чи хімічних реакцій живі організми. Циклічні форми нуклеотидів відіграють важливу роль у регуляції цілого ряду процесів у клітинах та організмі в цілому.

Амінокислоти – це група карбонових кислот, до складу яких крім карбоксильної групи входять одна або кілька аміногруп. В утворенні білкових молекул беруть участь лише так звані α -амінокислоти, в яких і карбоксильна і аміногрупа знаходяться біля одного атома Карбону. Їх загальна формула $H_2N - CHR - COOH$, де R – це амінокислотний радикал. Усього для утворення білків живі організми використовують двадцять амінокислот. Тобто існує двадцять варіантів амінокислотного радикала.

Під час узаємодії між карбоксильною групою однієї амінокислоти й аміногрупою іншої утворюється так званий пептидний зв'язок, а подальше збільшення цього ланцюга призводить до утворення молекули білка (пептиду). До речі, деякі амінокислоти організм людини не здатен синтезувати самостійно. Такі амінокислоти називають незамінними. Вони можуть надходити до організму людини лише з їжею. Незамінними амінокислотами є валін, лейцин, ізолейцин, треонін, лізин, метіонін, фенілаланін, триптофан.

Полімери

Сахароза є дисахаридом, який складається із залишків двох молекул – глюкози і фруктози. Дуже поширена речовина, що широко використовується рослинами як транспортна форма вуглеводів.

Лактоза є дисахаридом, який складається із залишків двох молекул – глюкози й галактози. У великій кількості міститься в молоці ссавців, може входити до складу гліколіпідів.

Мальтоза є дисахаридом, який складається із залишків двох молекул глюкози. Основний структурний елемент ряду полісахаридів (наприклад, крохмалю і глікогену). У великій кількості міститься у пророслих насінинах злаків.

Трегалоза є дисахаридом, який складається із залишків двох молекул глюкози, але, через інший спосіб їх з'єднання, відрізняється за властивостями

від мальтози. Головний вуглевод гемолімфи багатьох видів комах. Трапляється в клітинах ряду водоростей, грибів і вищих рослин.

Рафіноза є трисахаридом, який складається із залишків трьох молекул – глюкози, фруктози й галактози. Один з основних запасуючих вуглеводів рослин. У великій кількості цю речовину містять цукровий буряк і цукрова тростина.

Інулін – це полісахарид, який складається із залишків фруктози. Запасуючий полісахарид рослин, який відкладається у підземних органах представників родини Айстрові та деяких інших родин.

Крохмаль – це полісахарид, який складається із залишків глюкози. Складається з полімерних молекул двох типів – лінійної амілози (приблизно на 25 %) та розгалуженого амілопектину (приблизно на 75 %). Основний резервний вуглевод більшості рослин.

Глікоген – це полісахарид, який складається із залишків глюкози. Має сильно розгалужені молекули. Основний резервний вуглевод більшості тварин і грибів.

Целюлоза – це полісахарид, який складається із залишків глюкози. На відміну від крохмалю та глікогену молекули целюлози утворені іншим оптичним ізомером глюкози. Основний структурний полісахарид клітинних стінок рослин та покривних структур деяких тварин (наприклад, асцидій).

Хітин – це полісахарид, який складається із залишків N-ацетил-D-глюкозаміну. Основний структурний полісахарид клітинних стінок більшості грибів; основа зовнішнього скелета членистоногих.

Білки (або поліпептиди) – це високомолекулярні полімерні молекули, які складаються із залишків амінокислот. У білках амінокислоти з'єднані між собою з допомогою пептидного зв'язку, що утворюється під час узаємодії між карбоксильною групою однієї амінокислоти й аміногрупою іншої. До складу білків живих організмів входять двадцять амінокислот.

За складом білки можна розділити на дві великі групи – прості та складні. Прості білки містять у своєму складі лише амінокислоти, а до складу складних входять ще й небілкові компоненти. Простими білками є, наприклад, альбуміни, глобуліни та гістони. До складних відносять глікопротеїни, ліпопротеїни, хромопротеїни, нуклеопро­теїни, металопротеїни тощо.

Молекули білків відрізняються складною просторовою структурою, в якій виділяють чотири рівні організації. Первинна структура білків обумовлена кількістю й порядком розташування амінокислот у поліпептидному ланцюзі. Карбоксильні та аміногрупи амінокислот у поліпептидному ланцюзі регулярно повторюються. Це дозволяє їм узаємодіяти між собою, утворюючи водневі зв'язки. Ці зв'язки певним чином змінюють положення у просторі окремих ділянок поліпептидного ланцюга, створюючи вторинну структуру білкової молекули у вигляді спіральних або складчастих ділянок. Різні спіральні та складчасті ділянки білкової молекули також узаємодіють між собою. Це відбувається з допомогою гідрофобних чи електростатичних узаємодій між ними або внаслідок утворення водневих чи навіть ковалентних зв'язків між окремими радикалами амінокислот. Таким чином виникає третинна структура білка. Четвертинна ж структура білка виникає внаслідок об'єднання кількох білкових молекул у єдиний структурно-функціональний комплекс.

Саме особлива просторова структура дозволяє білкам виконувати більшість їх функцій. Розташування різних типів амінокислотних радикалів в одній точці простору створює унікальні умови для перебігу біохімічних реакцій, а складчасті ділянки білкового ланцюга виявляють значну стійкість до впливу зовнішніх факторів.

За формою білкової молекули білки поділяють на три великі групи – фібрилярні, глобулярні та проміжні. Фібрилярні білки складаються з довгих ниткоподібних молекул або складчастих структур. У них слабо виражена третинна структура білка й вони погано розчиняються у воді. Глобулярні білки мають добре виражену третинну структуру й добре розчиняються у воді. Їх

молекули приймають форму компактних глобул, що й дозволяє їм ефективно виконувати свої функції. Структура проміжних білків є перехідною між глобулярними й фібрилярними формами.

Просторова структура білків може порушуватися під впливом зміни температури, хімічного середовища, фізичних факторів. У цьому випадку спочатку руйнується четвертинна структура, потім третинна, вторинна і, наостанок, первинна, коли розпадається поліпептидний ланцюг. Цей процес називається денатурацією. Вона може бути зворотною, коли після припинення дії денатуруючого фактору білок самостійно відновлює свою структуру, і незворотною, коли після припинення дії фактору відновлення структури білка (або ренатурації) не відбувається.

У зв'язку з великим різноманіттям білків вони в живих організмах виконують багато функцій. Структурні білки є компонентами опорних структур і покривів. Входять до складу сполучних тканин. Беруть участь в утворенні скелета, зв'язок, шкіри, пір'я, шерсті та інших похідних епідермісу. Ферменти є каталізаторами біохімічних реакцій. Забезпечують життєдіяльність організму. Запасні білки беруть участь у створенні в організмі запасу речовин, які необхідні для забезпечення подальшої життєдіяльності. Токсини залежно від способу життя організму, який їх виробляє, можуть слугувати як засобом захисту, так і засобом нападу.

Ліпіди – це олієподібні або жирні речовини, які можуть бути екстраговані з клітин з допомогою неполярних розчинників (наприклад, хлороформом). До складу молекул більшості ліпідів входять жирні кислоти і спирти.

Ліпіди традиційно поділяють на прості та складні. Прості складаються тільки із залишків жирних кислот (або альдегідів) і спиртів. Складні ліпіди є комплексами простих ліпідів із білками, вуглеводнями або похідними фосфорної кислоти.

Жирними називають карбонові кислоти, які містять у складі свого вуглеводного «ланцюжка» від чотирьох до двадцяти чотирьох атомів Карбону. Хоча вони можуть траплятися в живих організмів і у вільному вигляді, але переважно представлені як компоненти ліпідів. Особливості будови цих кислот надають їм важливі для живих організмів властивості. Вони складаються з карбоксильної групи й вуглеводневого «хвоста». Карбоксильна група дозволяє реагувати зі спиртами, утворюючи ліпіди, а вуглеводневий «хвіст» надає гідрофобних властивостей. Жирні кислоти можуть бути насиченими (мають лише одинарні зв'язки між атомами Карбону) або ненасиченими (можуть мати один або кілька подвійних зв'язків між атомами Карбону). Обидва ці типи жирних кислот трапляються в природних ліпідах. Із насичених жирних кислот у живих організмах часто міститься пальмітинова, стеаринова або лаурінова. Із ненасичених жирних кислот у живих організмах часто міститься олеїнова, лінолева, ліноленова та арахідонова (для людини остання кислота є незамінною).

Найчастіше прості ліпіди жирні кислоти утворюють із триатомним спиртом гліцерином. Цю групу сполук називають тригліцеридами. Група восків утворюється внаслідок узаємодії жирних кислот з одноатомними спиртами. Крім того, до групи простих ліпідів включають стероїди й терпени, які є похідними ізопренів і не містять у своєму складі жирних кислот.

Функції простих ліпідів є різноманітними. Воски утворюють водонепроникні шари на поверхні тіла. Входять до складу зовнішнього скелета комах. Використовуються бджолами для будівництва стільників. Тригліцериди виконують структурні та енергетичні функції. Є основою біологічних мембран. Тригліцериди, які за температури 20 °C залишаються твердими, традиційно називають жирами, а ті, які за цієї температури є рідкими, – оліями. Стероїди й терпени виконують структурні, регуляторні та захисні функції. Відіграють важливу роль в обміні речовин.

Нуклеїнові кислоти – це лінійні біополімери, мономерами яких є нуклеотиди. У живих організмах вони представлені рибонуклеїновими кислотами (РНК) та дезоксирибонуклеїновими кислотами (ДНК). У більшості випадків ДНК мають вигляд подвійного полінуклеотидного ланцюга. Нуклеотиди ДНК містять у своєму складі дезоксирибозу та одну з чотирьох основ – аденін (А), гуанін (Г), тимін (Т) або цитозин (Ц). Дві нитки ДНК з'єднані між собою водневими зв'язками, утвореними основами, які входять до складу нуклеотидів. Такі зв'язки можуть утворювати лише певні пари: гуанін із цитозином, а аденін – із тиміном. Водневі зв'язки між іншими компонентами нуклеотидів надають молекулі ДНК форму спіралі.

Основна функція ДНК – зберігання і відтворення спадкової інформації та передача її нащадкам. Здійснюється це завдяки процесам реплікації та транскрипції. У ході реплікації спеціальні білки-ферменти розплітають ДНК на одинарні нитки. Після цього інші ферменти на кожній з ниток добудовують її дзеркальну копію, розміщаючи тимін навпроти аденіну, а гуанін – навпроти цитозину. Таким чином організм отримує дві однакові копії ДНК, які можна розподілити між дочірніми клітинами після поділу материнської клітини.

Процес транскрипції відрізняється тим, що в цьому випадку розплітається лише невелика ділянка подвійної нитки ДНК і копія синтезується лише на одній з її половин. До того ж у цьому випадку відбувається синтез не ДНК, а РНК.

Нуклеотиди РНК містять у своєму складі рибозу та одну з чотирьох основ – аденін (А), гуанін (Г), урацил (У) або цитозин (Ц). РНК в живих організмах виконує велику кількість функцій і поділяється на декілька типів. На відміну від ДНК, РНК частіше за все має вигляд одинарного ланцюга, але різні частини цього ланцюга можуть узаємодіяти між собою, утворюючи окремі дволанцюгові ділянки. Завдяки цьому молекула РНК може мати дуже складну просторову структуру. Крім того, вона часто утворює комплекси з білками (рибонуклеопротейди).

Найбільшу частину РНК в клітинах складають три її різновиди: рибосомальна РНК (р-РНК), транспортна РНК (т-РНК) та інформаційна РНК (і-РНК). Інформаційні РНК переносять інформацію про послідовність амінокислот у білкових молекулах від ДНК до місця синтезу білків. Транспортні РНК доставляють у місце синтезу білків вільні амінокислоти, а рибосомальні РНК разом із білками утворюють рибосоми, які здійснюють синтез білків. Існує ще кілька видів РНК, функції й особливості будови яких учені зараз інтенсивно вивчають.

Змістовний модуль 2 Основні біохімічні процеси

Тема 3 Обмін білків та нуклеїнових кислот

Клітина є єдиним цілим, біологічною системою, елементи якої об'єднують спільний обмін речовин і перетворення енергії. Обмін речовин клітини можна умовно поділити на дві частини – обмін із навколишнім середовищем і внутрішній обмін, або метаболізм. Точніше поняття метаболізму можна сформулювати як закономірний порядок перетворення речовин і енергії в клітині, спрямований на її ріст, збереження та самовідтворення.

Метаболізм будь-якої клітини складається з двох взаємопов'язаних комплексів реакцій. У результаті першої групи реакцій відбувається розщеплення складних органічних сполук на простіші, а енергія, яка при цьому виділяється, запасується клітиною у формі макроергічних зв'язків ряду сполук (наприклад, АТФ). Ця група процесів називається енергетичним обміном. У результаті другої групи реакцій за рахунок енергії макроергічних зв'язків відбувається синтез складних органічних сполук із більш простих попередників. Ця група процесів називається пластичним обміном.

За стратегією одержання матеріалів для забезпечення енергетичного обміну різні групи живих організмів суттєво різняться між собою. Автотрофні організми (фотосинтезуючі рослини й бактерії та хемоавтотрофні бактерії) в реакціях енергетичного обміну розщеплюють синтезовані ними ж органічні

речовини, частіше за все у формі глюкози. А от гетеротрофні організми (тварини, гриби й бактерії) розщеплюють органічні речовини, які надходять до їхніх клітин з їжею. При цьому гриби й бактерії виділяють травні ферменти в навколишнє середовище, а поглинають і розщеплюють уже досить прості органічні речовини, які утворилися внаслідок дії цих ферментів. А тварини поживні речовини спочатку поглинають, а вже потім починають їх обробляти ферментами у своїй травній системі. В аеробних живих організмів (тобто в організмів, які здатні існувати за наявності в навколишньому середовищі кисню) розщеплення глюкози в клітинах відбувається у два етапи – гліколіз і дихання. Гліколіз відбувається в цитоплазмі, а дихання – у мітохондріях (у еукаріотів, прокаріоти для цього використовують дихальні білкові комплекси, розташовані на плазмалемі).

Для реакцій пластичного обміну своїх клітин і гетеротрофні й автотрофні організми використовують зовнішні джерела енергії та Карбону. Різниця в тому, що автотрофи отримують Карбон з неорганічних речовин (вуглекислого газу) за рахунок енергії сонячного світла, а гетеротрофи – з органічних речовин інших живих організмів.

Тема 4 Обмін вуглеводів і ліпідів

Процеси дихання та фотосинтезу

Мітохондрії – це двомембранні органели, які можуть мати форму гранул, паличок або ниток. Мембрани мітохондрій називають зовнішньою і внутрішньою. Внутрішня мембрана утворює вирости – кристи. Внутрішнє середовище мітохондрій називається матриксом. У мітохондріях є дві порожнини. Перша з них – це міжмембранний простір, розташований між зовнішньою і внутрішньою мембранами. Друга – внутрішня камера, яка оточена внутрішньою мембраною й заповнена матриксом.

У клітині може бути від кількох штук до кількох тисяч мітохондрій. Головне завдання мітохондрій – забезпечення клітин енергією. Нові мітохондрії

в клітині утворюються шляхом поділу старих. Для забезпечення діяльності мітохондрій вони мають власну ДНК у формі кільцевих молекул і рибосоми прокаріотичного типу.

Енергія в мітохондрії виробляється в результаті процесу біологічного окиснення. У мітохондріях рослин окиснюються органічні речовини, синтезовані самою рослиною. Мітохондрії тварин і грибів окиснюють органічні речовини, які організм отримує в результаті живлення, хоча і власні білки цих груп організмів також можуть розщеплюватися у мітохондріях.

У результаті гліколізу (це перший етап вивільнення енергії з глюкози), який відбувається в цитозолі, утворюються три карбонові сполуки. Ці сполуки транспортуються з цитозолу в матрикс мітохондрії, де й відбувається їхнє окиснення до вуглекислого газу й води з допомогою ферментів. Окиснення відбувається ступінчасто, і на кожному його етапі виділяється енергія у вигляді електронів і протонів. Протони захоплюються молекулами-переносниками й накопичуються в міжмембранному просторі, а електрони залишаються на внутрішній стороні мембрани. Накопичені по різні боки мембрани частки з різними зарядами використовуються клітиною для синтезу АТФ з АДФ і фосфатної кислоти. При цьому, за рахунок енергії електронів, які переміщуються по внутрішній мембрані, відбувається зміна конформації білків АТФ-синтетазних комплексів, у яких при цьому відкривається канал для протонів.

Пластиди також є двомембранними органелами. Їх форма може бути дуже різноманітною. Виділяють три основні типи пластид – хлоропласти (зелені), хромопласти (червоні, оранжеві або жовті) і лейкопласти (безбарвні). Мембрани пластид називають зовнішньою і внутрішньою. Внутрішня мембрана хлоропластів утворює вирости – ламели. Ламели можуть утворювати окремі замкнені мішечки – тилакоїди. Тилакоїди можуть об'єднуватися у групи – грани, які з'єднуються між собою з допомогою ламел. Внутрішнє середовище пластид називається строною. Як і мітохондрії, пластиди мають власну ДНК

у формі кільцевих молекул і рибосоми прокариотичного типу. Розмножуються вони шляхом поділу. У деяких випадках пластиди одного типу можуть перетворюватися на інший. Наприклад, під час пожовтіння листя восени хлоропласти перетворюються на хромопласти.

Ці органели виконують різні функції. У них можуть накопичуватися запасні поживні речовини. З допомогою різних пластид рослини забезпечують забарвлення окремих своїх частин у різний колір. Але найголовнішою функцією є здійснення фотосинтезу. Цю функцію виконують хлоропласти. У результаті фотосинтезу з вуглекислого газу й води з допомогою сонячної енергії утворюються вуглеводи. Цей процес складається з двох основних фаз – світлової і темної.

У ході світлової фази спочатку кванти світла вловлюються пігментом хлорофілом, який розташований на мембранах тилакоїдів. Енергія квантів переходить до електронів, які захоплюються молекулами-переносниками. Енергія цих електронів використовується в тилакоїдах для синтезу АТФ. Втрачені електрони замінюються електронами з атомів Гідрогену молекул води, які під дією світла в результаті фотолізу розпадаються на Гідроген і Оксиген. Звільнені атоми Оксигену взаємодіють між собою й утворюють молекули кисню, що виділяється як побічний продукт реакції. Утворені ж у результаті відриву електрона від атомів Гідрогену протони підхоплюються іншими молекулами-переносниками. Це молекули динуклеотиди, скорочена назва яких НАДФ. Приєднуючи до себе протони, вони стають акумуляторами хімічної енергії (НАДФ·Н₂) і можуть використовуватися у відновних процесах.

У темній фазі фотосинтезу за рахунок енергії НАДФ·Н₂ і АТФ, які утворилися під час світлової фази з вуглекислого газу, утворюються молекули глюкози. Сукупність реакцій, які задіяні в цьому процесі, називається циклом Кальвіна.

Рибосоми і синтез білку

Рибосоми є органелами клітин, які мають складну форму і складаються з двох субодиниць (великої та малої). Ці субодиниці можуть розпадатися й об'єднуватися знову. У цитоплазмі еукаріотичних клітин розташовані рибосоми еукаріотичного типу, а в мітохондріях, пластидах і цитоплазмі прокаріотичних клітин – рибосоми прокаріотичного типу. Ці типи рибосом відрізняються за деякими РНК і білками, які входять до їхнього складу. Функцією обох типів рибосом є синтез білків. Еукаріотичні рибосоми містять чотири типи РНК і близько ста білків. Прокаріотичні – три типи РНК і меншу кількість білків.

Для синтезу білка інформацію, яка міститься в молекулі ДНК, треба перевести в послідовність з'єднаних між собою амінокислот. Для цього використовуються молекули РНК. Спочатку в результаті транскрипції інформація про послідовність амінокислот у білку переноситься на інформаційну РНК. До складу РНК входить лише чотири типи нуклеотидів (аденін, урацил, гуанін і цитозин), а до складу білків входить двадцять амінокислот. Тому кожна амінокислота кодується з допомогою трьох нуклеотидів. Така трійка (триплет) нуклеотидів, яка відповідає певній амінокислоті, називається кодоном. Відповідність між усіма можливими варіантами триплетів і амінокислотами називається генетичним кодом.

Можливих варіантів триплетів 64, а амінокислот – 20. Тому більшості амінокислот відповідає по кілька триплетів (у теорії інформації такі коди називають виродженими). Але кожний триплет кодує лише одну амінокислоту (тобто код є однозначним). Межі між триплетами спеціальними засобами в генетичному коді не позначаються (код безперервний). Крім того, три кодони генетичного коду амінокислот не кодують. Вони позначають кінець процесу трансляції (так звані стоп-кодони). Однією з найважливіших особливостей генетичного коду є те, що він універсальний – однаковий для всіх живих організмів.

Наступним після транскрипції етапом синтезу білка є трансляція. Під час трансляції інформація з і-РНК переводиться в послідовність амінокислот синтезованого білка згідно з генетичним кодом. Відбувається цей процес у рибосомах. Починається він з першого старт-кодону, який є однаковим для всіх і-РНК. Це кодон АУГ, який кодує амінокислоту метіонін. Субодиниці рибосоми розпізнають його і приєднуються до нього. Транспортна РНК, яка відповідає за транспорт метіоніну (всього існує 20 типів т-РНК за кількістю амінокислот), підходить до рибосоми і взаємодіє зі старт-кодомом з допомогою свого антикодону УАЦ. Після цього з допомогою власних білків-моторів та цитоскелету рибосома переміщується вздовж і-РНК на один триплет. До наступного триплету приєднується відповідна т-РНК із другою амінокислотою, і між нею та метіоніном утворюється пептидний зв'язок. Усі ці процеси відбуваються з витратами енергії. Далі рибосома рухається до наступного триплету і процес повторюється. Триває від до того моменту, поки рибосома не дійде до стоп-кодону, після чого процес трансляції завершується.

На одній інформаційній РНК можуть одночасно розміщуватися кілька рибосом, утворюючи полісому. Це дозволяє синтезувати білки набагато швидше.

Після закінчення синтезу може відбуватися процес дозрівання білка. У ході цього процесу деякі ділянки білків можуть вирізатися спеціальними ферментами, білок може змінювати свою конформацію, об'єднуватися з іншими білками чи приєднувати до себе небілкову частину.

Список рекомендованих джерел

Базовий

1. Березов Т. Т. Биологическая химия / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. – Москва : издательство Медицина, 1998. – 704 с.
2. Биологическая химия / [Л. Н. Воронина, А. Л. Загайко, В. Н. Кравченко и др.]. – Харьков : Издательство НФаУ, 2004. – 30 с.
3. Биологическая химия. Методич. рекомендації для студентів 3 курсу по спец. «Фармація» / [Л. Н. Воронина, Л. Г. Савченко, В. Н. Кравченко и др.]. – Харків : Издательство НФаУ, 2002. – 30 с.
4. Векірчик К. М. Мікробіологія з основами вірусології / К. М. Векірчик. – Київ : Вища школа, 2001. – 311 с.
5. Гудзь С. П. Вірусологія / С. П. Гудзь, Г. Б. Перетятко, А. А. Галушка. – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2018. – 536 с.
6. Кнорре Д. Г. Биологическая химия / Д. Г. Кнорре, С. Д. Мызина. – Москва : издательство Высшая школа, 2000. – 479 с.
7. Пяткін К. Д. Мікробіологія з основами вірусології та імунології / К. Д. Пяткін, Ю. С. Кривошеїн. – Київ : Вища школа, 1995. – 512 с.
8. Северин Е. С. Биологическая химия / Е. С. Северин. – Москва : ГЭОТАР МЕД, 2004 г. – 784 с.
9. Северин Е. С. Биологическая химия / Е. С. Северин, Т. Л. Алейникова, Е. В. Осипов. – Москва : издательство Медицина, 2000. – 164 с.
10. Северин С. Е. Практикум по биохимии / С. Е. Северин, Г. А. Соловьева. – Москва : издательство МГУ, 1989. – 509 с.
11. Шлегель Г. Общая микробиология / Г. Шлегель. – Москва : Мир, 1987 – 567 с.

Допоміжний

1. Бактерии и актиномицеты // Жизнь растений. Т. 1. Введение. Под. ред. чл.-кор. АН СССР, проф. Н. А. Красильникова и проф. А. А. Уранова. – Москва : Просвещение, 1974. – 487 с.

2. Заварзин Г. А. Введение в природоведческую микробиологию : учеб. пособие / Г. А. Заварзин, Н. Н. Колотилова. – Москва : Книжный дом «Университет», 2001. – 256 с.
3. Кольман Я. Наглядная биохимия / Я. Кольман, К. Рём. – Москва : Мир, 2000. – 469 с.
4. Крю Ж. Биохимия. Медицинские и биологические аспекты / Ж. Крю. – Москва : Медицина, 1979. – 510 с.
5. Куценко С. А. Основы токсикологии / С. А. Куценко. – Москва : Фолиант, 2004. – 164 с.
6. Лабораторні та семінарські заняття з біологічної хімії / [Л. Н. Воронина, В. Ф. Десенко, А. Л. Загайко и др.]. – Харків : Издательство НФаУ, 2004. – 30 с.
7. Ленинджер А. Основы биохимии: В 3-х т. / А. Ленинджер. – Москва : Мир, 1985. – 1056 с.
8. Сологуб Л. І. Екологічна біохімія. Метаболізм ксенобіотиків у людини і тварин : навч. посібник / Л. І. Сологуб, М. М. Великий. – Київ : Видавництво Київського нац. авіаційного ун-ту, 1994. – 188 с.
9. Строев Е. А. Биологическая химия : учебник / Е. А. Строев. – Москва : издательство Высшая школа, 1986. – 479 с.
10. Тетиор А. Н. Городская экология : учеб. пособие для вузов / А. Н. Тетиор. – Москва : Academia, 2007. – 331 с.
11. Шапиро Д. К. Практикум по биологической химии / Д. К. Шапиро. – Минск : издательство Вышэйная школа, 1976. – 288 с.

Навчальне видання

ЗАДОРОЖНИЙ Костянтин Миколайович

БІОХІМІЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів 2 курсу денної та заочної форм навчання
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, спеціальності 101 – Екологія)*

Відповідальний за випуск *Т. В. Дмитренко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2017, поз. 67Л

Підп. до друку 27.09.2019. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 1,4.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.