ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

Кафедра біохімії та гігієни

Параняк Н.М.

Білки та нуклеїнові кислоти. Будова, властивості, біологічна роль

Лекція з навчальної дисципліни

«Біохімія»

для студентів спеціальності 241 Готельно–ресторанна справа

(шифр і назва спеціальності)

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

на засіданні кафедри

біохімії та гігієни

«31» серпня 2018 р. протокол № 1

Завідувач кафедри_____ Ю.Р.Борецький

Лекція

Білки та нуклеїнові кислоти. Будова, властивості, біологічна роль

ПЛАН

1. Будова і класифікація білків
2. Біологічна роль білків в організмі
3. Білки, їх амінокислотний склад. Харчова цінність
4. Фізичні та хімічні властивості білків
5. Нуклеїнові кислоти. Будова та організація молекул ДНК та РНК

1. Будова і класифікація білків

Серед різних органічних сполук у живих організмів білкам належить провідна роль. Ці сполуки переважають у клітинах і кількісно. Так, у клітинах тварин вони становлять до 40-50% сухої речовини, а рослин - до 20-35%. До складу молекул білків входять атоми Карбону, Оксигену, Нітрогену, Гідрогену, Сульфуру, а також Фосфору, Феруму та ін.

Білки - це високомолекулярні біополімери, мономерами яких є залишки α- амінокислот, які сполучені між собою пептидними зв'язками.

Нескінченна різноманітність білкових молекул забезпечується різними комбінаціями залишків лише 20 амінокислот. Кожен білок характеризується постійним складом амінокислотних залишків та їхньою певною послідовністю.

Відомо чотири рівні структурної організації білків: первинний, вторинний, третинний і четвертинний
Первинна структура білків визначається якісним і кількісним складом амінокислотних залишків, а також їхньою послідовністю.

Часто молекула білка у вигляді ланцюга, складеного з амінокислотних залишків, нездатна виконувати специфічні функції. Для цього вона має набути складнішої просторової структури.

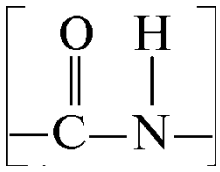
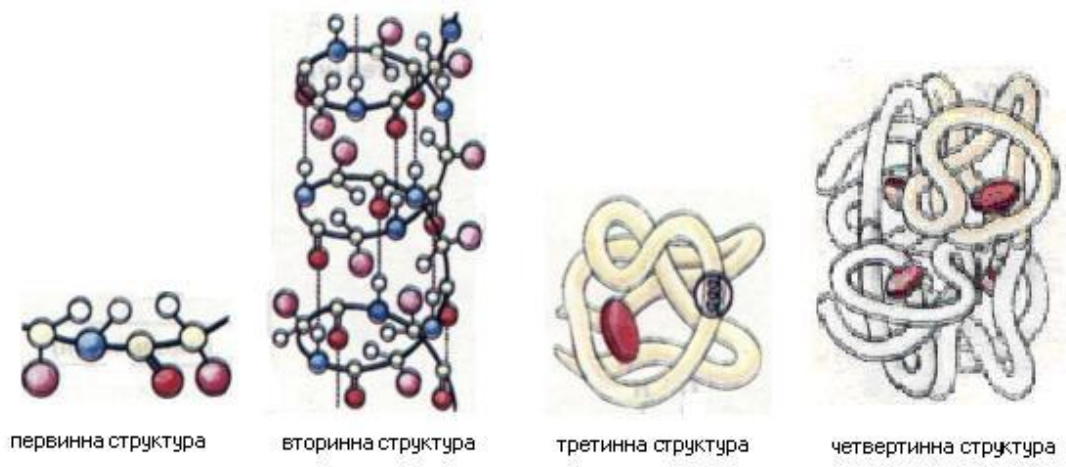


Схема пептидного зв 'язку

Вторинна структура характеризує просторову організацію білкової молекули, яка повністю або частково закручується в спіраль. Радикали амінокислот (R-групи) при цьому залишаються ззовні спіралі. У підтриманні вторинної структури важлива роль належить **водневим** зв'язкам, які виникають між атомами Гідрогену NH2-гpyn одного витка спіралі та Оксигену CO-групи іншого.



Третинна структура зумовлена здатністю поліпептидної спіралі закручуватись певним чином у грудку, або глобулу (від лат. глобулюс - кулька). Важлива роль у підтриманні третинної структури належить так званим **дисульфідним** зв'язкам, які виникають між залишками амінокислоти цистеїну.

Четвертинна структура білків виникає внаслідок об'єднання окремих глобул, які разом утворюють функціональну одиницю. Стабілізація четвертинної структури досягається **гідрофобними, електростатичними та іншими взаємодіями,** а також **водневими** зв'язками.

Структура молекули білка дуже лабільна й легко змінюється під впливом різних факторів, що приводить до зміни їх нативних властивостей – фізичних, фізико-хімічних і біологічних властивостей.

Фактори, що впливають на зміну структури і стану білків:

- температура;
- механічний вплив (струшування, збивання);
- дія лугів, кислот;
- дегідратація при сушінні або заморожуванні.

Будова і класифікація білків

Класифікація білків:

Ø За будовою молекули: глобулярні і фібрилярні;

Ø За складом молекул: прості (протеїни) і складні (протеїди);

Ø За розчинністю: у воді, солях, у кислотах;

Ø За фізичним станом: тверді, рідкі, напіврідкі;

Ø За харчовою цінністю: повноцінні, неповноцінні.

2.Біологічна роль білків в організмі.

Функції білків в організмі

*Структурна функція***.** Забезпечується структурними білками, які відповідають за підтримання форми і стабільності клітин і тканин. Приклади: колаген, гістони (організують укладання ДНК в хроматині).

*Транспортна функція***.** Забезпечується білками: гемоглобін (переносник кисню та вуглекислого газу до тканин і легень), преальбумін (переносник гормонів щитовидної залози – тироксин і трийодтиронін), іонні канали (транспорт іонів і метаболітів через біологічні мембрани).

Захисна функція. Забезпечує білок-імуноглобулін G, який утворює на еритроцитах комплекс з мембранними гліколіпідами.

Регуляторна функція. В біохімічних сигнальних ланцюгах білки виконують функції сигнальних речовин (гормонів) і гормональних рецепторів. Наприклад, комплекс гормону росту соматотропіну з

відповідним рецептором, інсулін (гормон, що регулює вуглеводний обмін).

Каталітична функція. Забезпечують ферменти.

Рухова функція. Взаємодія актину з міозином відповідає за м'язові скорочення та інші форми біологічної рухомості.

Запасаюча функція. Забезпечуються запасаючими білками, які містяться в рослинах, і є цінними харчовими речовинами. В організмах тварин м'язові білки служать резервними харчовими речовинами, які мобілізуються при потребі.

Енергетична функція (джерело енергії). При розщепленні 1г білка виділяється 17,7 кДж енергії.

3.Білки, їх амінокислотний склад. Харчова цінність.

Молекулярна маса білків коливається в діапазоні від кількох тисяч (інсулін – 5700) до сотень мільйонів (білок вірусу грипу – 322млн.). До складу білків входять 20 α-амінокислот. Кожен білок характеризується постійним складом амінокислотних залишків та їхньою певною послідовністю.

Амі́нокислоти — органічні сполуки, які одночасно містять у своєму складі аміно- (- NH_2) та карбоксильну (- COOH) групи. Амінокислоти є мономерними одиницями білків, у складі яких залишки амінокислот з'єднані пептидними зв'язками.

Усі амінокислоти мають спільну групу атомів. Вона складається з аміногрупи (-NH_2), якій притаманні лужні властивості, та карбоксильної групи (—COOH) з кислотними властивостями. Ці групи, як і атом Гідрогену, зв'язані з одним і тим самим атомом Карбону.

Групи атомів, за якими амінокислоти розрізняються між собою, називають радикалами, або R-групами. Ці групи відрізняються за розміром, формою, гідрофільністю, електричним зарядом, схильністю формувати водневі зв'язки і загальною реакційною здатністю надаючи кожній амінокислоті унікальних властивостей.

Класифікація. Залежно від числа аміно- та карбокси-груп розрізняють такі кислоти:

- моноаміномонокарбонові $H_2N–R–COOH$;
- діаміномонокарбонові$(NH_2)_2–R–COOH$;
- моноамінодикарбонові $H_2N–R–(COOH)_2$,
- діамінодикарбонові $(NH_2)_2–R–(COOH)_2$.

У залежності від того, до якого атому вуглецю приєднана аміно-група, амінокислоти поділяються на α-, β-, γ- і тощо. α-атомом вважається той атом карбону, до якого приєднана карбоксильна група, якщо біля нього ж розташована й аміногрупа, така амінокислота називається α-амінокислотою. Якщо аміногрупа приєднана до наступного (β) атома карбону, це буде β-амінокислота і так далі. Всі протеїногенні амінокислоти є α-амінокислотами.

Номенклатура

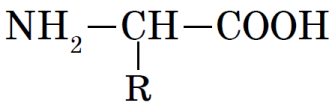
Кожна із двадцяти стандартних, і багато нестандартних, амінокислот мають тривіальні назви.

Наприклад, аспарагін виділений зі спаржі (лат. *Asparagus*), глутамін — з глютену пшениці, тирозин — із сиру (сир грецькою *tyros*). Для скороченого запису протеїногенні амінокислоти позначають трибуквенним кодом, використовуючи перші три літери тривіальної назви (за винятком аспарагіну (Асн), глутаміну (Глн), ізолейцину(Іле) і триптофану (Трп),

Ізомерія. Для амінокислот характерна структурна та стерео-ізомерія. Структурна ізомерія обумовлена ізомерією вуглецевого ланцюга та положенням аміногрупи щодо карбоксилу (ізомерія положення).

Утворення пептидного зв’язку

Між карбоксильною групою однієї α-амінокислоти та аміногрупою іншої може відбуватись реакція конденсації, продуктами якої є дипептид і молекула води. В утвореному дипептиді залишки амінокислот сполучені між собою CO-NH зв'язком, який називають пептидним або амідним (міцним ковалентним зв'язком, який виникає між карбоксильною групою однієї амінокислоти і аміногрупою іншої).



Загальна формула амінокислоти

Такий тип зв'язку називають пептидним (від грец. пептос — зварений). Структури, які складаються з великої кількості амінокислотних залишків, належать до поліпептидів:

...NH_2—CH—CO—NH—CH—CO—NH—CH—COOH...

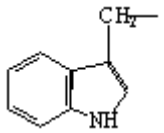
R_1 R_2 R_3

У природі зустрічається понад 70 амінокислот, але тільки 20 грають важливу роль в живих організмах. Амінокислоти, які можуть синтезуватися в організмі тварин і людини з інших амінокислот або небілкових компонентів, називаються замінними (гліцин, серин, глутамінова кислота), а ті, що не синтезуються, але є необхідними для життєдіяльності – незамінними (лізин, лейцин, ізолейцин, фенілаланін). Відомо дев’ять незамінних амінокислот. Вони синтезуються лише в зелених рослинах.

Незамінними називаються амінокислоти, які не можуть бути синтезовані організмом з речовин, що надходять з їжею, в кількостях, достатніх для того, щоб задовольнити фізіологічні потреби організму.

Незамінні амінокислоти R-CHNH $_2$ COOH

Назва (скорочення)	R
ізолейцин (ile, ileu)	*CH $_3$ CH $_2$ CH (CH) $_3$ -*
лейцин (leu)	*(CH $_{3)\,2}$ CHCH $_2$ -*
лізин (lys)	*NH $_2$ CH $_2$ CH $_2$ CH $_2$ C H $_2$ -*
метіонін (met)	*CH $_3$ SCH $_2$ CH $_2$ -*
фенілаланін (phe)	*C $_6$ H $_5$ CH $_2$ -*
треонін (thr)	*CH $_3$ CH (OH) -*

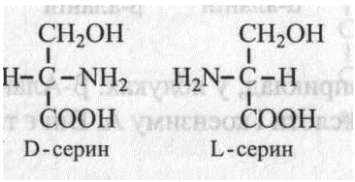
триптофан (try)	
валін (val)	*(CH 3) 2 CH-*
тирозин (tyr)	

З 20 амінокислот, що входять до складу білків, людський організм може синтезувати тільки половину. Решта, названа незамінними (наприклад, триптофан, лізин, лейцин та деякі інші), повинні надходити до організму з білками їжі. Білки, які містять всі незамінні амінокислоти, називаються повноцінними, а ті, у складі яких відсутня хоча б одна незамінна амінокислота, - неповноцінними. До перших належать переважно тваринні білки (молока, м'яса, яєць, риби тощо), до других – більшість рослинних білків. Харчування тільки неповноцінними білками може призвести до порушення обміну білків, і тоді азотна рівновага стане негативною.

Хімічні властивості *амінокислот*

Амфотерність. Амінокислоти виявляють подвійну хімічну функцію: основну та кислотну, тобто вони є амфотерними органічними сполуками. *Одержання*. Амінокислоти добувають гідролізом білків (подібно до того, як глюкозу одержують гідролізом високомолекулярних вуглеводів).

У молекулах амінокислот, як і моносахаридів, присутні асиметричні атоми вуглецю, отже, вони оптично активні та мають стереоізомери. Важливою парою стереоізомерів є D- і L-ізомери. Стандартом для визначення приналежності амінокислот до D- або L-ряду є серин, що має тільки один асиметричний атом вуглецю й одну пару стереоізомерів.



Усі природні амінокислоти зазвичай належать до L-ряду. Однак в останні десятиліття в рослинах, грибах і бактеріях були виділені в дуже малій кількості D-амінокислоти.

Складні білки

Ліпопротеїди входять до складу клітинних мембран. Як простетична група вони мають різні жироподібні речовини. У тваринних ліпопротеїдах ліпідна частина складається в основному з фосфоліпідів і холестерину. Рослинні ліпопротеїди мають більш різноманітні ліпідні компоненти. Крім фосфоліпідів, до їх складу входять гліколіпіди, сульфоліпіди, різноманітні стероїди і терпеноїди. Особливою різноманітністю ліпідних компонентів відрізняються ліпопротеїни мембран хлоропластів.

Глікопротеїди мають у своєму складі вуглеводи та їх похідні – глюкозу, манозу, галактозу, глюкозамін, глюкуронову кислоту тощо. Цукор звичайно пов'язаний із залишками серину, треоніну, оксипроліну або аспарагінової кислоти. Прикладом глікопротеїдів можуть бути запасний білок бобових – віцилін, ферменти – пероксидаза і глюкооксидаза, отруйний білок рицин із насіння рицини. Рицин незворотно інактивує рибосоми.

До глікопротеїдів належить група рослинних білків, які називають *фітогемаглютинінами*, або лектинами. Першу свою назву вони одержали тому, що викликають аглютинацію еритроцитів. Вони також здатні аглютинувати ракові клітини, зв'язувати й осаджувати полісахариди і гліколіпіди, стимулювати мітози в деяких типів клітин. Лектини широко використовуються в біохімічних дослідженнях, тому їх більше вивчали у біохімії тварин.

Роль лектинів у рослинах ще далеко не вивчена. Припускають, що вони беруть участь у «впізнаванні» бульбочковими бактеріями рослини-хазяїна і у формуванні стійкості рослин до патогенних грибів. Розміщаються лектини під плазмалемою рослинної клітини.

Хромопротеїди – це білки, що містять забарвлену простетичну групу. До них належать білки, пов'язані з хлорофілом, каротиноїдами, фітохромами, а

також цитохроми, фередоксин, пластоціанін. Хромопротеїди беруть участь у процесах фотосинтезу, дихання, різних окисно-відновних реакціях.

Нуклеопротеїди рослин подібні до таких же білків тварин за будовою, властивостями і функціями.

4. Фізичні та хімічні властивості білків

Функціональні властивості білків, крім їх амінокислотного складу, зумовлені також і послідовністю амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюгу та його просторовою структурою.

Одна з основних властивостей білків — це їх здатність під впливом різних факторів (дія концентрованих кислот і лугів, важких металів, високої температури тощо) змінювати свою структуру і властивості. Процес порушення природної структури білків, який супроводжується розгортанням поліпептидного ланцюга без зміни його первинної структури, називають денатурацією Як правило, денатурація має необоротний характер. Проте на початкових стадіях денатурації за умови припинення дії факторів, що спричиняють цей процес, білок може відновити свій початковий стан. Це явище має назву ренатурації У живих організмів відбувається часткова оборотна денатурація білків, пов'язана з виконанням ними певних функцій - забезпеченням рухової активності, передачею в клітини сигналів з довкілля, прискорення біохімічних реакцій тощо.

Процес порушення первинної структури білків називають деструкцією. Він завжди має необоротний характер.

Залежно від розчинності або нерозчинності у воді білки поділяють на гідрофільні та гідрофобні. Серед білків є активні у хімічному відношенні (наприклад, ферменти) і малоактивні. Деякі білки стійкі до дії різних факторів (наприклад, температури, хімічних чинників), інші - нестійкі. Наприклад, кератин, який входить до складу волосся, кігтів, нігтів, копит, здатний витримувати високу й низьку температуру. Натомість білок яйця птахів при нагріванні змінює свою структуру.

- Є білки розчинні (фібриноген);
- Є нерозчинні, що виконують механічні функції (кератин, колаген);

- Є білки активні в хімічному відношенні (ферменти);
- Є хімічно неактивні, стійкі до впливу різних умов зовнішнього середовища і вкрай нестійкі.

5.Нуклеїнові кислоти. Будова та організація молекул ДНК та РНК

Чому ми схожі на батьків, чому клітини певного організму синтезують тільки властиві їм білки? Як відбувається механізм передачі спадкової інформації, а головне – де вона зберігається?

Нуклеїнові кислоти - це біополімери, макромолекули яких складаються з нуклеотидів. Тому їх називають також полінуклеотидами. Найважливішою характеристикою нуклеїнових кислот є їх нуклеотидний склад. До складу нуклеотида - структурної ланки нуклеїнових кислот - входять три складові частини:

азотиста основа - піримідинова або пуринова. У нуклеїнових кислотах містяться 4 різних види: два з них відносяться до класу пуринів і два – до класу піримідинів. Азот, що міститься в кільцях, додає молекулам основні властивості.

моносахарид - рибоза або дезоксирибоза. Цукор, що входить до складу нуклеотиду, містить п'ять вуглецевих атомів, тобто є пентозою. Залежно від виду пентози, яка присутня в нуклеотиді, розрізняють два види нуклеїнових кислот – рибонуклєїнові кислоти (РНК), які містять рибозу, і дезоксирибонуклеїнові кислоти (ДНК), що містять дезоксирибозу.

залишок фосфорної кислоти.

Нуклеїнові кислоти є кислотами тому, що в їх молекулах міститься фосфорна кислота.

Нуклеотид - фосфорний ефір нуклеозида. До складу нуклеозида входять два компоненти: моносахарид (рибоза або дезоксирибоза) і азотиста основа.

ДНК

ДНК у еукаріотів міститься в ядрі, пластидах і мітохондріях клітин.

У молекулах **ДНК** наявні чотири основні типи нітрогеновмісних основ: аденін, гуанін, цитозин і тимін.

До складу **РНК** замість тиміну входить подібний до нього за будовою урацил.

Нуклеотиди, з'єднуючись один з одним, утворюють полінуклеотидний ланцюг. Молекули РНК складаються з одного такого ланцюга, а молекули ДНК — із двох полінуклеотидних ланцюжків. Ці ланцюжки з'єднуються між собою водневим зв'язком у суворій послідовності: тимін з одного ланцюжка лише з аденіном протилежного, а цитозин — тільки з гуаніном. Об'єднавшись, два полінуклеотидні ланцюжки згортаються в спіраль, тобто молекула ДНК стає подвійною спіраллю.

Макромолекула ДНК являє собою два паралельні нерозгалужені полінуклеотидні ланцюги, закручені навколо загальної осі в подвійну спіраль. Така просторова структура містить безліч водневих зв'язків, утворених азотистими основами, спрямованими всередину спіралі. Водневі зв'язки виникають між пуриновою основою одного ланцюга й піримідиновою основою іншого ланцюга. Ці основи складають комплементарні пари

Комплементарність ланцюгів у ДНК.

Здатність ДНК не лише зберігати, але й використовувати генетичну інформацію визначається такими її властивостями:

- молекули ДНК здатні до реплікації (подвоєння), тобто можуть забезпечити можливість синтезу інших молекул ДНК, ідентичних початковим;
- молекули ДНК можуть абсолютно точно й певним чином спрямовувати синтез білків, специфічних для організмів певного виду

Інформація про амінокислотну послідовність кожного білка, що синтезується в організмі, закодована в молекулах ДНК. Нуклеїнові кислоти — головні дійові особи в синтезі білків. Усе, що необхідно клітині для життя, запрограмовано на ділянках молекул ДНК — генах. Записана в генах інформація реалізується молекулами РНК. На молекулі ДНК синтезується молекула інформаційної РНК. На молекулі інформаційної РНК, як на матриці, синтезується молекула певного білка, а окремі молекули амінокислот для синтезу постачаються транспортною РНК

Первинна структура ДНК — це певна послідовність нуклеотидів у двох ланцюгах. Причому, залишки пентози і ортофосфатної кислоти розташовані на периферії двох ланцюгів, а нітратні основи — усередині. Ланцюги прошиті водневими зв'язками і відповідають один одному згідно з правилом комплементарності. Водневі зв'язки слабкі, але у молекулі ДНК їх так багато, що комплементарні ланцюги зазвичай самостійно не розділяються. Молекула ДНК у первинній структурі не може існувати, тільки її фрагменти.

Вторинна структура ДНК — це правогвинтова подвійна спіраль, утворена двома ланцюгами ДНК, які, обвиваючи один одного, закручуються вправо. Діаметр спіралі близько 2 нм, крок — 3,4 нм, у кожному витку розташовано по 10 пар залишків основ.

Третинна спіраль, або суперспіраль — це компактна щільна структура, яка утворюється завдяки подальшій спіралізації вторинної структури. Вона існує завдяки взаємодії ДНК і спеціальних білків у хромосомах еукаріотів.

Властивості ДНК

Структура ДНК має дуже важливе значення, але в результаті дії певних факторів (висока температура, рентгенівське, жорстке ультрафіолетове або інфрачервоне опромінення, солі важких металів тощо) може порушуватися третинна або вторинна структура (*денатурація*). У разі припинення дії шкідливого фактору структура і функції ДНК можуть відновлюватися (*ренатурація*). Якщо зміни незворотні, молекула разом з інформацією, яку вона містить, припиняє існування. Цей процес називається *деструкцією*.

Шкідливі фактори можуть викликати зміни у певній ділянці ДНК, що може викликати зміни структури і функцій організму. Цьому протидіє *репарація* — відновлення структури нуклеїнової кислоти. За участі специфічних ферментів ушкоджені «неправильні» ділянки ДНК вирізаються і замінюються на «правильні», які синтезуються з вільних нуклеотидів.

РНК зустрічається в усіх живих організмах: вірусах, прокаріотах та еукаріотах. Існують декілька видів РНК, розглянемо їхню будову, функції та місцезнаходження у клітині.

Інформаційна (або *матрична)* *РНК* (коротке позначення *іРНК*, або *мРНК*) може знаходитись у цитоплазмі, ядрі, мітохондріях, хлоропластах, утворювати з рибосомами комплекс *полісому*. Основні функції іРНК — перенесення генетичної інформації від основного джерела (як правило, від ДНК) до місця синтезу білка та безпосередня участь у синтезі білкових молекул.

Транспортна РНК (тРНК) міститься в цитоплазмі, мітохондріях і пластидах, має найменші розміри серед усіх молекул РНК (складається з 70—90 нуклеотидів). Основна функція тРНК — переносити амінокислоти до рибосом, на яких відбувається синтез білкових молекул. Кожен вид тРНК високо специфічний, тобто переносить тільки конкретну амінокислоту. Хоча до складу білка входить 20 амінокислот, існує 60 видів тРНК (декілька видів тРНК можуть переносити один вид амінокислот).

Транспортна РНК має *вторинну структуру*, що підтримується водневими зв'язками і формою нагадує листок конюшини. Біля верхівки «листка» містяться три нуклеотиди, які відповідають певній амінокислоті за генетичним кодом. Вони називаються *антикодоном*. А з протилежного боку, біля основи молекули тРНК, є ділянка, до якої приєднується амінокислота.

Рибосомна РНК (рРНК) є найбільшою (3—5 тис. нуклеотидів), вона є складовою рибосом і разом з білками забезпечує певне розташування іРНК і тРНК під час синтезу білкової молекули.

.

Рекомендована література

Базова

1. Практикум з біохімії: Навчальний посібник / В.М.Трач, М.Г.Сибіль, І.З.Гложик, І.М.Башкін, - Л., - ЛДУФК. – 2014. – 238 с.

2. Биохимия. Учебник для инст-тов физ. культуры //Под ред. В.В. Меншикова, Н.И.Волкова, - М.: ФиС, 1986.

3. Биохимия. Учебник для инст-тов физ.культуры //Под ред. Н.Н.Яковлева.-2е изд., М.: ФиС, 1974.

4. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия. - Москва.: Медицина, 1998. - 704 с.

5. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2 кн.: підручник. Кн. 2. Біологічна хімія / Ю. І. Губський, І. В. Ніженковська, М. М. Корда та ін. – Київ, ВСВ «Медицина», 2016. – 544 с.

6. Біологічна хімія. Боєчко Ф.Ф.- К.: Вища школа, 1989.

7. Біохімія людини : підручник / Я. І. Гонський, Т. П. Максимчук ; за ред. Я. І. Гонського. — 3-тє вид., випр. і допов. — Тернопіль : ТДМУ, 2017. — 732 с.

Допоміжна

1. Біологічна хімія. Лабораторний практикум : практикум / [М. М. Корда, Г. Г. Шершун, М. І. Куліцька та ін.] ; за ред. М. М. Корди. — 3-тє вид., випр. і допов. – Тернопіль : ТДМУ, 2015. — 216 с.
2. Боєчко Ф.Ф., Боєчко Л.О. Основні біохімічні поняття, визначення і терміни. - К.: Вища школа, 1993. - 527 с.
3. Кучеренко М.Є., Бабенюк Ю.Д., Войціцький В.М. Сучасні методи біохімічних досліджень. - К.: Фітосоціоцентр, 2001. - 423 с.
4. Ленинджер А. Основы биохимии. - М.: Мир, 1986. - Т. 1-3.
5. Лисиця А.В. Біохімія. Практикум. Суми: Університетська книга, 2009. – 239 с.

Інформаційні ресурси

1) інтернет;

2) бібліотеки:

- бібліотека ЛДУФК(м. Львів, вул. Костюшка);
- Львівська наукова бібліотека імені В.Стефаника НАН України (м. Львів, вул. В. Стефаника);
- Львівська обласна наукова бібліотека (м. Львів, просп. Шевченка);
- Наукова бібліотека ЛНУ імені І.Франка (м. Львів, вул. Драгоманова).