Білки.

Білки — високомолекулярні органічні нітрогеновмісні сполуки. Крім Нітрогену, до складу всіх білків входять Карбон, Гідроген, Оксиген, а також Сульфур.

Деякі білки містять Фосфор, Ферум, Купрум і Цинк. Відносна молекулярна маса білків коливається в широких межах — від кількох тисяч до сотень мільйонів. Так, молекулярна маса міоглобіну м’язової тканини становить 16 900 Да, а білка вірусів грипу — 332 млн Да.

Найбільш характерними фізико-хімічними властивостями білків є: висока в’язкість розчинів, незначна дифузія, здатність до значного набрякання, оптична активність, рухливість в електричному полі, низький осмотичний і високий онкотичний тиск, здатність до поглинання ультрафіолетових променів з довжиною хвилі приблизно 280 нм.

Білки, як і амінокислоти, амфотерні завдяки наявності вільних NH2-груп і СООН-груп і характеризуються всіма властивостями кислот і основ. Білки мають гідрофільні властивості. Молекули білка не здатні проходити крізь напівпроникні штучні мембрани (целофан, пергамент), а також мембрани рослинних і тваринних клітин.

Білки належать до високомолекулярних сполук, до складу яких входять сотні та навіть тисячі амінокислотних залишків, об’єднаних у макромолекулу. Молекулярна маса білків коливається від кількості поліпептидних ланцюгів (субодиниць), які входять до складу молекули білка. Їх молекулярна маса також коливається у широких межах — від 6 000 Да до 100 000 Да. Природні білкові тіла мають певну просторову конфігурацію та кілька характерних фізико-хімічних і біологічних властивостей (за певних значень температури та pH середовища). Під впливом різних фізичних і хімічних чинників білки можуть зсідатись і випадати в осад, втрачаючи нативні властивості. Порушення загального плану будови нативної молекули білка, що призводить до втрати характерних для неї властивостей (розчинності, біологічної активності, електрофоретичної активності тощо), називають денатурацією. Більшість білків денатурують під час нагрівання їх розчинів вище +50° ... +60 °С. Зовнішні вияви денатурації: втрата розчинності (особливо в ізоелектричній точці), підвищення в’язкості білкових розчинів, збільшення кількості вільних функціональних SH-груп і зміна характеру розсіювання рентгенівських променів.

Найбільш характерною ознакою денатурації є різке зниження або повна втрата білком його біологічної активності (каталітичної, антигенної або гормональної). Руйнуються переважно нековалентні (водневі) зв’язки й дисульфідні мостики, але не порушуються пептидні зв’язки самого стовбура поліпептидного ланцюга; за усунення денатуруючого агента можлива ренатурація білка.

**Рівні структурної організації білкових молекул**

Послідовність і кількість амінокислотних залишків, сполучених між собою за допомогою специфічних пептидних зв’язків ковалентного типу, формують **первинну структуру** білка. Утворюється лінійний біополімер, структуру якого закодовано в послідовності нуклеотидів інформаційних РНК, які, у свою чергу, є копіями певних генів. Це зумовлює утворення клітинами впродовж життя організму й у наступних його поколіннях необхідного набору білкових молекул. Первинну структуру розшифровано для таких білків: інсулін, рибонуклеаза, міоглобін, амінотрансфераза тощо.

**Вторинна структура** білка — певний характер спіралізації поліпептидного ланцюга. Пептидні ланцюги зазвичай згортаються в спіраль за рахунок виникнення водневих зв’язків між Оксигеном карбонільної групи одного залишку амінокислоти та іміногрупою іншої амінокислоти, віддаленої по ланцюгу від неї на відстань чотирьох амінокислотних залишків. Водневі зв’язки стабілізують утворювані структури спірального або складчастого типу, набуваючи специфічної об’ємно-просторової організації, яку називають конформацією. Це термодинамічно найстійкіший стан поліпептидного ланцюга. Поліпептидні ланцюги утворюють два типи впорядкованих конформацій: α-структуру та β-конформацію. Найчастіше в природі існують білки в спіральній α-конфігурації, а β-конформація за типом складчастого шару трапляється рідше. Наприклад, у білкових шарах біомебран існують α-спіральні й β-складчасті ділянки, а також зони з невпорядкованим розташуванням молекул білка.

Найвищий ранг має **третинна структура** білка — спосіб просторового укладення спіральних поліпептидних ланцюгів вторинної структури. Саме для третинної структури характерні найбільш складні й тонкі особливості просторової орієнтації білкових молекул, що відрізняють один білок від іншого. Третинна структура виникає внаслідок скручування вторинної спіральної структури в клубок. Таку трансформацію забезпечує гнучкість спіралі та взаємодія певних її ділянок, унаслідок чого каркас білкової молекули набуває певної орієнтації у просторі.

Зв’язки, що підтримують третинну структуру, створюються силами гідрофобної взаємодії. Вони слабші за водневі, оскільки це сили зчеплення між неполярними молекулами або неполярними радикалами. Третинна структура деяких білків додатково стабілізується дисульфідними ковалентними зв’язками, що виникають між радикалами цистеїну, які розташовані на віддалених одна від одної ділянках поліпептидного ланцюга. Чинником структуроутворення є також імінокислота пролін, розташування якої в поліпептидному ланцюгу визначає місце згинання (складки), а це визначає просторову структуру біополімеру. Тривимірна організація білкової молекули, фіксація її в такому стані здійснюється за рахунок гідрофобних, водневих, іонних та інших взаємодій. Важливо, що третинна структура білка визначає компактність макромолекули та певний розподіл її функціональних груп у просторі. Є підстави вважати, що ферментативна активність білків залежить від третинної структури як більш лабільної, зумовленої хімічними зв’язками, на утворення яких витрачено менше енергії, ніж на утворення зв’язків, що стабілізують первинну структуру.

**Четвертинна структура** формується кількома аналогічними або близькими за будовою молекулами білка третинної структури, що взаємодіють між собою, утворюючи стійку структуру. Наприклад, молекула гемоглобіну є стійкою структурою, що складається із двох α-ланцюгів і двох ланцюгів з β-конфігурацією. Глобули в складі четвертинної структури називають протомерами (субодиницями), а четвертинне утворення називають мультимером, або епімером. Головні типи зв’язків, що скріплюють протомери в мультимер, — електростатичні, йонні та гідрофобні. Інколи протомери можуть з’єднуватися міцними ковалентними дисульфідиими зв’язками.

Глобулярні білки складаються з кількох протомерів із третинною структурою, які утворюють загальну округлу четвертинну структуру (наприклад, гемоглобін). Поліпептидні ланцюги глобулярних білків компактно згорнуті в тривимірні сфероїдні утворення (глобули). Глобулярні білки розчинні у воді або розчинах солей. Понад 1 000 відомих нині ферментів належать до глобулярних білків. До цього ж класу білків відносять антитіла, мембранні білки-переносники, транспортні білки, деякі гормони.

**Основні функції білків**

**1. Білки-ферменти.** Однією з найважливіших властивостей білків є їх каталітична активність. Каталітично активні білки називають ферментами, або ензимами. Більшість білків-ферментів мають складну четвертинну структуру, комплементарну просторовій структурі того субстрату, з яким вони взаємодіють. Це забезпечує специфічність взаємодії ферменту із субстратом і складне регулювання його каталітичної активності.

**2. Регулятивні білки** виявляють активність щодо таких важливих процесів як регуляція експресії генів, ріст і розвиток організму. Одними з найбільш важливих регулятивних білків є гістони, що містяться в хроматині клітинних ядер, у яких вони зв’язані з ДНК йонними та іншими зв’язками. Гістони впливають на матричну активність ДНК, чим і визначається їх регулятивна функція.

Регулятивна функція властива білкам хроматину, рибосом, які беруть участь у реплікації ДНК, транскрипції і трансляції; білкам-посередникам гормонів; онкобілкам, які призводять до злоякісного переродження клітин тощо.

**3. Білки-гормони** впливають на фундаментальні механізми регуляції метаболізму організму. Характерною особливістю цих білків є наявність особливих зон, до яких приєднуються рецептори гормонів. Інші невеликі ділянки білкової молекули є носіями гормональної активності. Відносні молекулярні маси більшості білків-гормонів перебувають у межах від 20 000 до 40 000.

Гормони білкової природи: інсулін, глюкагон, соматотропін, паратгормон тощо.

**4. Захисні білки.** Найбільш важливими захисними білками є антитіла, утворені організмами тварин або людини у відповідь на вторгнення носія чужорідної генетичної інформації, які називають антигенами. Захисні білки цієї групи (імуноглобуліни) зв’язуються з антигенами й нейтралізують їх. Захист організму від мікробів та продуктів їх життєдіяльності забезпечують також інші білки імунної системи (лізоцими, інтерферони).

Білки системи зсідання крові теж є захисними. Один з них (тромбін) здійснює активацію перетворення розчинного білка фібриногену в нерозчинний фібрилярний білок фібрин. У результаті утворюється тромб, який запобігає подальшим утратам крові. Поряд з іншими органічними сполуками, гідрофільні білки здатні зв’язувати воду в клітині, що знижує температуру її замерзання. Це визначає роль білків як кріопротекторів.

**5. Білки-токсини** синтезують тварини, рослини, гриби та мікроорганізми. Найбільш повно вивчено структуру та механізм дії токсичних білків змій, які у своїй більшості блокують передачу нервового імпульсу, а тому названі нейротоксинами. Доволі повно вивчені токсини грибів і бактерій. Токсичний білок червоного мухомора та блідої поганки аманітин пригнічує активність ферменту РНК-полімерази, унаслідок чого блокується транскрипція та синтез важливих білків. Низка токсинів бактерій (дифтерійний, холерний, дизентерійний) пригнічують синтез білка в рибосомах клітини. Інші білки-токсини (стафілококовий ентеротоксин кишкової палички) перфорують клітинну стінку й зумовлюють лізис (руйнування) клітини. На основі токсичних білків імунологи створюють вакцини-антитоксини, які широко використовують у медицині та ветеринарії.

**6. Рецепторні білки.** Сприйняття того чи іншого подразника зовнішнього середовища органами чуттів має єдиний механізм. Він включає:

а) сприйняття енергії сигналу рецепторними білками мембран клітини;

б) перетворення енергії сигналу особливими білковими молекулами в специфічну інформацію, яка впливає на обмінні процеси. Нейромедіатором в організмі багатьох тварин і людини служить ацетилхолін. Медіатор впливає на особливі рецепторні білки, вбудовані в мембрану клітини. У результаті на короткий час різко змінюється проникність мембрани для йонів Na+ і виникає електричний потенціал нервового імпульсу. Представниками фоторецепторних білків є опсин тварин і фітохром рослин. Під впливом світлового сигналу ці білки змінюють свою структуру й передають збудження клітинам-мішеням.

Особливий «нюховий» білок виділений із сенсил самців шовковичного шовкопряда. Він реагує на статевий феромон самок цього виду.

Існує також особливий білок, здатний зв’язувати моно- і дисахариди, завдяки чому організм встановлює наявність цих вуглеводів у середовищі й оцінює їх концентрацію. Білки-рецептори також беруть участь у сприйнятті звукових коливань і перетворенні їх у нервові імпульси.

**7. Транспортні білки** забезпечують як велике транспортування органічних і неорганічних сполук по внутрішніх транспортних магістралях організму, так і ближче транспортування через плазматичні мембрани клітини. В організмі хребетних функцію транспортування О2 до тканин виконує гемоглобін, у молюсків і членистоногих — гемоціанін, у кільчастих червів — гемеретрин. Аналогічну роль у тканинах рослин, заселених нітрогенфіксувальними бактеріями, виконує білок легоглобін.

Альбумін сироватки крові переносить деякі аніони й катіони, стероїдні гормони, які містяться у крові, та інші сполуки. Білки плазми беруть участь у транспортуванні речовин через стінки капілярів кровоносної системи. Оскільки це високомолекулярні полімери, то вони створюють колоїдно-осмотичний тиск крові. Цей тиск відіграє ключову роль у транспортуванні поживних речовин з капілярів до тканин, що їх оточують, а продуктів розпаду — у зворотному напрямі.

Білки внутрішніх і зовнішніх мембран клітини (порини, транслокази) — ще один різновид транспортних білків. Вони забезпечують перенесення різноманітних низько- і високомолекулярних сполук через клітинні мембрани. Транспортну функцію виконують також інформатини — особливі білки ядра. Вони утворюють з і-РНК комплекс (нуклеопротеїн) і в такому вигляді забезпечують перенесення (транслокацію) і-РНК з ядра до цитоплазми.

**8. Накопичувальна функція білків** полягає в їх здатності слугувати місцем зберігання, своєрідним депо хімічних сполук, які постійно беруть участь в обміні речовин організму. Прикладами таких білків є фератин, виявлений у печінці, селезінці, кістковому мозку, та міоглобін — білок м’язів тварин і людини.

Білок фератин — це порожниста сфера, оболонка якої пронизана каналами. Через ці канали всередину сфери надходять іони Феруму, які накопичуються та використовуються для синтезу ферумовмісних сполук. У порожнині молекули фератину може розміститись до 3 500 молекул FeO, що становить близько 20 % маси білка.

Білок міоглобін — металопротеїн, який містить Ферум (Fe2+) у складі гема. Міоглобін міститься в поперечно-посмугованих м’язах тварин і людини, де відіграє роль накопичувача Оксигену, принесеного до м’язів гемоглобіном крові.

**9. Скоротливі білки.** До цієї групи належать білки м’язів людини, а також скоротливі білки багатьох бактерій, клітин грибів, рослин і тварин.

Білки джгутиків одноклітинних тварин, рухливих клітин грибів і водоростей, сперматозоїдів тварин забезпечують їх активне пересування в рідкому середовищі. Білки-фібрини амеби беруть участь у перетіканні її цитоплазми. Рух хромосом у процесі поділу клітини регулюють особливі фібрилярні білки, а рух цитоплазми клітини — білки мікротрубочок.

Найкраще вивчені білки міозин та актин. Під час м’язового скорочення ці білки утворюють комплекс актоміозин, кожна фібрила якого складається із 2 500 тоненьких ниток (протофібром). Скорочення ниток актомізину відбувається завдяки енергії АТФ:

Важливо, що білок міозин у цьому процесі відіграє роль фермента, який активує розпад АТФ до АДФ й ортофосфатної кислоти за участі йонів Са2+.

Отже, міозин суміщає функції скоротливого й каталітичного білків.

**10. Структурні білки** беруть участь у створенні структури біологічних мембран, цитоскелета, ядерного та міжклітинного матрикса. Білки клітинних мембран закріплюють у них ферменти, фосфоліпіди й інші сполуки, які входять до складу цих важливих структур.

Білки цитоскелета беруть участь у створенні внутрішньоклітинної структури. Унаслідок цього еукаріотна клітина стає розділеною на відсіки (компартменти), у яких відбуваються специфічні біохімічні перетворення. Аналогічному впорядкуванню процесів усередині клітинного ядра сприяють структурні білки ядерного матрикса.

Серед структурних білків переважають фібрилярні білки: колаген, кератин, еластин, фіброїн та інші.

***Колаген*** — важливий компонент сполучної тканини; він входить до складу шкіри, кісток, сухожиль, кровоносних судин, хрящів, зубів. Головна його функція — утворення нерозчинних фібрил високої міцності.

***Кератин***— структуроутворювальний фібрилярний білок. Із кератину складаються волосся, нігті, дзьоби, кігті, пір’я, шипи, панцирі, сухий поверхневий шар шкіри.

***Еластин*** — нерозчинний фібрилярний білок, який має вагоме значення для формування еластичних органів — артерій, легень, зв’язок тощо. Фіброїн надає міцності шовковому волокну.

**11. Метаболічна функція** білків виявляється в процесі їх дисиміляції. Під час розпаду білків утворюються пептиди й вільні амінокислоти, які є вихідним матеріалом для синтезу багатьох органічних сполук і нових білків. Наприклад, альбуміни епітелію перетворюються в кератини кігтів, копит, рогів.

Білки м’язів у місці свого прикріплення до кістки поступово перетворюються в колагени й еластини, унаслідок чого м’язове волокно перетворюється в сухожилля. У період нересту риб їх м’язові білки частково розпадаються і витрачаються на побудову білків статевих продуктів.

У результаті гідролізу білків в організмі з’являються амінокислоти. Вони легко перетворюються у біологічно активні речовини — гормони, вітаміни, пігменти тощо. Наприклад, амінокислота тирозин у наднирниках перетворюється в гормон адреналін; у щитоподібній залозі — в гормон тироксин, а в шкірі та її похідних — у чорний пігмент меланін.

**12. Запасальна функція.** У молоці багатьох тварин масова частка білка приблизно дорівнює масовим часткам жирів і вуглеводів (переважно лактози) або перевищує їх. Найважливіший білок молока — казеїн, масова частка якого становить близько 80 % загального вмісту білків у молоці. Казеїн містить усі амінокислоти, необхідні організму тварин чи людини, а також Фосфор.

Багаті на білки також насіння, бульби, цибулини, коренеплоди рослин. Під час їх проростання білки розпадаються на амінокислоти, які служать джерелом для синтезу білків та інших нітрогеновмісних сполук у клітинах проростків.

**13. Збереження онкотичного тиску в клітинах і крові.** Онкотичний тиск, колоїдно-осмотичний тиск — частина осмотичного тиску, що створюється високомолекулярними компонентами — білками розчину. Онкотичний тиск у крові людини й тварин порівняно із загальним осмотичним тиском (7-8 атм) незначний (0,03 атм/1 атм), але має вагоме значення для процесів всмоктування та переходу рідини з капілярів у тканини й навпаки.

Швидкість фільтрації рідини крізь стінки капілярів залежить від різниці між онкотичним тиском білків плазми крові та гідростатичним тиском крові, що створюється роботою серця. Зниження онкотичного тиску (особливо у випадку зменшення концентрації альбумінів) спричиняє нагромадження рідини в міжклітинному просторі, унаслідок чого утворюються набряки.

**14. Роль білків у буферній системі крові.** Білки плазми крові відіграють значну роль у буферній системі крові завдяки своїм амфотерним властивостям. У кислому середовищі вони поводяться як основи, зв’язуючи кислоти. У лужному середовищі білки реагують як кислоти, зв’язуючи основи та підтримуючи pH крові на певному рівні (pH артеріальної крові становить 7,4, а венозної — 7,35).