

**Міністерство освіти і науки України
Миколаївський національний університет імені В. О. Сухомлинського
Факультет фізичної культури і спорту**

Кафедра теорії та методики фізичної культури

Навчальна дисципліна «Біохімія фізичних вправ»

ЛЕКЦІЯ №2

**Тема: «Білки та нуклеїнові кислоти»
(2 години)**

Ступінь бакалавра

Галузь знань 01 Освіта

Код та найменування спеціальності 014 Середня освіта

Предметна спеціалізація 014.11 Середня освіта (Фізична культура)

Освітні програми Середня освіта: Фізична культура, спортивно-масова
робота та туризм,

Середня освіта: Фізична культура та Захист Вітчизни

Галузь знань 01 Освіта

Код та найменування спеціальності 017 Фізична культура і спорт

Освітня програма Фізична культура і спорт: Тренер з видів спорту

Розробив:

Доктор біологічних наук,
професор кафедри теорії і
методики фізичної культури
Рожков І. М.

Лекція №2. Білки та нуклеїнові кислоти» (2 години)

Мета лекції: Ознайомити студентів з харчовою та біологічною цінністю білків, структурою та фізико-хімічними властивостями білків, новими формами білкової їжі, функціональними властивостями білків, методами якісного та кількісного визначення білків.

Література основна

1. Біологічна хімія. Губський Ю.І. - Київ-Тернопіль,: Укрмедкнига., 2000.
2. Копильчук Г.П., Волощук М.М. Біохімія. – Чернівці: Рута. – 2004. – 224с.
3. Шевряков М.В., Яковенко Б.В., Явоненко О.Ф. Практикум з біологічної хімії: Навчально-методичний посібник для студентів біологічних спеціальностей і факультетів фізичного виховання і спорту вищих навчальних закладів. – Суми: ВДТ Університетська книга. – 2003. – 204 с.
4. Явоненко О.Ф., Яковенко Б.В. Біохімія. – Суми: Університетська книга. – 2002. – 401 с.

Література додаткова

1. Кучеренко Н.Е. Биохимия: Практикум. – К.: Вища школа. – 1998. – 104 с.
2. Строев Е.А., Макарова В.Г. Практикум по биологической химии: Учебное пособие. – М.: Высшая школа. – 1986. – 174 с.
3. Пустовалова Л.М. Практикум по биохимии – Ростов-на-Дону: Феникс. – 1999. – 544 с.
4. Филиппович Ю.Б. и др. Практикум по общей биохимии: Учебное пособие. – М.: Просвещение. – 1975. – 311 с.

План

1. Загальна характеристика білків.
2. Незамінні амінокислоти. Харчова та біологічна цінність білків.
3. Структура білків.
4. Фізико-хімічні властивості білків.
5. Класифікація білкових молекул.
6. Функціональні властивості білків
7. Методи якісного та кількісного визначення білків.

Ключові терміни: амінокислота, білок, пептидний зв'язок, глобула.

1. Загальна характеристика білків.

Білки — це високомолекулярні полімери, мономерами яких є амінокислоти.

Назва "протеїни" вперше була введена в науку в 1838 році голландським хіміком і лікарем Г.Я. Мульдером. Більш досконалою була гіпотеза будови білка, запропонована українським біохіміком із Харкова О.Я. Данилевським

(1888 р.), так звана "теорія елементарних рядів". За О.Я. Данилевським, у білках існують зв'язки -HN-CO-, як у біуреті. Разом із тим, інший знаменитий український біохімік із Тернопільщини І.Я. Горбачевський виділив усі амінокислоти і висунув думку, що вони є цеглинками, з яких побудовані білки. Сучасна теорія будови білків була висунута в 1902 році німецькими науковцями Фішером і Гофмейстером. Фішер вперше синтезував у лабораторних умовах пептиди.

Розмаїтість білків у природі вражаюча. Так, за сучасними даними, в клітині кишкової палички міститься приблизно 3000 різних білків, а в організмі людини — більше 50000. Вони становлять у середньому 18-20 % загальної маси тіла людини і близько 50 % його сухої маси.

2. Структура білків.

Вміст білків в органах і тканинах

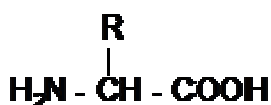
В організмі людей і тварин вміст білка значно вищий, ніж у рослин. У м'язах, легенях, селезінці, нирках на білки припадає більше 70-80 % сухої маси; в печінці — 57 %, у мозку — 45 %. Найнижчий вміст білка в кістці і у зубах — 20 і 18 %. Неоднаковий вміст білка і у різних субклітинних органелах. Найбільше білка в гіалоплазмі (внутрішньоклітинний сік). Якщо прийняти загальний білок клітини за 100 %, то на гіалоплазму припадає 40 %. Мітохондрії та мікросоми містять по 20 %, ядро — 12 %, лізосоми — 2 %, пероксисоми — 2,5 %, плазматична мембрана — 1,5 % білка.

Амінокислотний склад білків

Мономерами білків, як було сказано вище, є амінокислоти.

Усього у світі їх відкрито понад 200. В організмі людини міститься близько 60 амінокислот і їх похідних, але у склад білків входять лише 20. Решта або знаходяться у клітині у вільному вигляді або входять до складу інших небілкових сполук.

Спільною ознакою для всіх амінокислот є наявність карбоксильної та амінної груп. Загальну формулу α -амінокислоти можна зобразити так:



де R- вуглеводневий радикал.

Радикал може бути аліфатичний або циклічний, містити різні функціональні групи.

Амінокислоти - слабкі електроліти, оскільки вони містять групи як кислотного, так і основного характеру, тобто є біполярними йонами. Їх заряд залежить від кількості цих груп і рН середовища.

Амінокислоти проявляють спільні хімічні властивості, пов'язані з наявністю карбоксильної та аміногрупи, а також індивідуальні, зумовлені функціональними групами радикалу. Останні використовуються для ідентифікації окремих амінокислот. Наприклад, взаємодія з азотною кислотою, характерна для похідних бензолу, використовується для

визначення фенілаланіну (ксантопротеїнова реакція), а взаємодія сульфідів з йонами свинцю - для визначення цистеїну (реакція Фоля).

Для α -аміногрупи амінокислот характерна чутлива реакція з нінгідриновим реактивом: При нагріванні α -амінокислот з надлишком нінгідринового реактиву утворюється розчинний продукт лілового кольору. Імінокислота пролін дає з нінгідрином продукт жовтого кольору.

КЛАСИФІКАЦІЯ І ВЛАСТИВСТІ АМІНОКИСЛОТ

НЕЗАМІННІ АМІНОКИСЛОТИ	
ВАЛІН	Один з головних компонентів в рості і синтезі тканин тіла. Основне джерело - тваринні продукти. Досліди на лабораторних щурах показали, що валін підвищує м'язову координацію і знижує чутливість організму до болю, холоду та спеки.
ГІСТИДИН	Амінокислота, сприяє росту і відновленню тканин. У великій кількості міститься в гемоглобіні; використовується при лікуванні ревматоїдних артритів, алергій, виразок і анемії. Недолік гістидину може викликати ослаблення слуху.
ІЗОЛЕЙЦИН	Поставляється усіма продуктами, що містять повноцінний білок - м'ясом, птицею, рибою, яйцями, молочними продуктами.
ЛЕЙЦИН	Одна з "незамінних" амінокислот. Поставляється усіма продуктами, що містять повноцінний білок - м'ясом, птицею, рибою, яйцями, молочними продуктами. Необхідна не тільки для синтезу протеїну організмом, але й для зміцнення імунної системи.
ЛІЗИН	Гарні джерела - сир, риба. Одна з важливих складових у виробництві карнітину. Забезпечує належне засвоєння кальцію; бере участь в утворенні колагену (з якого потім формуються хрящі і сполучні тканини); бере активну участь у виробленні антитіл, гормонів і ферментів. Недавні дослідження показали, що лізин, покращуючи загальний баланс поживних речовин, може бути корисний при боротьбі з герпесом. Недолік може виражатися в підвищеній втомлюваності, нездатності до концентрації, дратівливості, пошкодження судин очей, втрати волосся, анемії і проблем в репродуктивній сфері.
МЕТІОНІН	Добрі джерела - зернові, горіхи та злакові. Важливий в метаболізмі жирів і білків, організм використовує її також для виробництва цистеїну. Є основним постачальником сульфуру, який запобігає розлади у формуванні волосся, шкіри та нігтів; сприяє зниженню рівня холестерину, підсилюючи вироблення лецитину

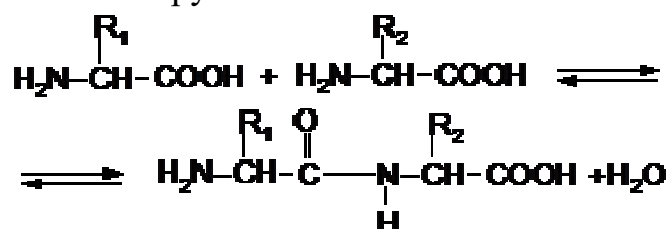
	печінкою; знижує рівень жирів у печінці, захищає нирки; бере участь у виведення важких металів з організму; регулює утворення аміаку і очищає від нього сечу, що знижує навантаження на сечовий міхур; впливає на цибулини волосся і підтримує зростання волосся.
ТРЕОНІН	Важлива складова в синтезі пуринів, які, у свою чергу, розкладають сечовину, побічний продукт синтезу білка. Важлива складова колагену, еластину і протеїну емалі, бере участь у боротьбі з відкладенням жиру в печінці; підтримує більш рівну роботу травного і кишкового трактів; приймають загальні участь у процесах метаболізму і засвоєння.
ТРИПТОФАН	Чи є первинним по відношенню до ніацин (вітаміну В) і серотоніну, який, беручи участь в мозкових процесах управляє апетитом, сном, настрою і больовим порогом. Природний релаксанти, допомагає боротися з безсонням, викликаючи нормальний сон, допомагає боротися зі станом неспокою і депресії; допомагає при лікуванні головного болю при мігрені; зміцнює імунну систему, зменшує ризик спазмів артерій і серцевого м'яза; разом з лізином бореться за зниження рівня холестерину. В Канаді і в багатьох країнах Європи призначається як антидепресант і снодійного. У Штатах до такого застосування ставляться з побоюванням.
ФЕНІЛАЛАНІН	Одна з "істотних" амінокислот. Використовується організмом для виробництва тирозину і трьох важливих гормонів - епінефрину, норепінефрину і тироксину. Використовується головним мозком для виробництва Норепінефрин, речовина, яка передає сигнали від нервових клітин до головного мозку; підтримує нас в у стані неспання і сприйнятливості; зменшує почуття голоду, працює як антидепресант та допомагає покращити роботу пам'яті.
УМОВНО НЕЗАМІННІ	
ТИРОЗИН	Використовується організмом замість фенілаланіну при синтезі білка. Джерела - молоко, м'ясо, риба. Мозок використовує тирозин при виробленні норепінефрину, що підвищує ментальний тонус. Багатообіцяючі результати показали спроби використовувати тирозин як засіб боротьби з втомою і стресами.
ЦИСТИН	Якщо в раціоні достатню кількість цистину, організм може використовувати його замість метіоніну для виробництва білка. Гарні джерела цистину - м'ясо, риба, соя, овес і пшениця. Цистин використовують в харчовій

	промисловості як антиоксидант для збереження вітаміну С у готових продуктах.
ЗАМІННІ АМІНОКИСЛОТИ	
АЛАНІН	Є важливим джерелом енергії для м'язових тканин, головного мозку та центральної нервової системи; зміцнює імунну систему шляхом вироблення антитіл; активно бере участь у метаболізмі цукру і органічних кислот.
АРГІНІН	L-Аргінін викликає уповільнення розвитку пухлин і ракових утворень. Очищає печінку. Допомагає виділення гормону росту, зміцнює імунну систему, сприяє виробленню сперми і корисна при лікуванні розладів і травм нирок. Необхідний для синтезу протеїну і його оптимального зростання. Наявність L-аргініну в організмі сприяє приросту м'язової маси і зниження жирових запасів організму. Також корисний при розладах печінки, таких, як цироз печінки, наприклад. Не рекомендується до прийому вагітними та жінкам, що годують.
СЕРИН	Бере участь у створенні запасів печінкою і м'язами глікогену; бере активну участь у посиленні імунної системи, забезпечуючи її антитілами; формує жирові "чохла" навколо нервових волокон.
ОРНІТИН	Орнітин сприяє виробленню гормону росту, який в комбінації з L-аргінін і L-карнітину сприяє вторинному використанню в обміні речовин надлишків жиру. Необхідний для роботи печінки та імунної системи.
ПРОЛІН	Гранично важливий для правильного функціонування зв'язок і суглобів; також бере участь у підтриманні працездатності і зміцнення серцевого м'яза.
КАРНІТИН	Карнітин допомагає зв'язувати і виводити з організму довгі ланцюжки жирних кислот. Печінка і нирки виробляють карнітин з двох інших амінокислот - глютаміну і метіоніну. У великій кількості поставляється в організм м'ясом і молочними продуктами. Розрізняють декілька видів карнітину. D-карнітин небезпечний тим, що знижує самостійне вироблення організмом карнітину. Запобігаючи приріст жирових запасів ця амінокислота важлива для зменшення ваги і зниження ризику серцевих захворювань. Організм виробляє карнітин тільки в умовах достатньої кількості лізину, заліза і ензимів B19 та B69. Вегетаріанці більш чутливі до дефіциту карнітину, тому що в їхньому раціоні значно менше

	лізину. Карнітин також підвищує ефективність антиоксидантів - вітамінів С і Е. Для найкращої утилізації жиру денна норма карнітину повинна становити 1500 міліграмів.
АСПАРАГІН	Аспартова кислота. Бере активну участь у виведенні аміаку, шкідливого для центральної нервової системи. Може підвищувати стійкість до втоми.
ГЛЮТАМІН	Важливий для нормалізації рівня цукру, підвищення працездатності мозку, при лікуванні імпотенції, при лікуванні алкоголізму, допомагає боротися з втомою, мозковими розладами - епілепсією, шизофренією і просто загальмованістю, потрібний при лікуванні виразки шлунка, і формування здорового травного тракту. У мозку перетворюється в глютамінову кислоту, важливу для роботи мозку.
ГЛЮТАМІНОВА КИСЛОТА	Вважається природним "паливом" для головного мозку, покращує розумові здібності. сприяє прискоренню лікування виразок, підвищує опірність втоми.
ГЛІЦИН	Бере активну участь у забезпеченні киснем процесу утворення нових клітин. Є важливим учасником вироблення гормонів, відповідальних за посилення імунної системи.

Пептидний зв'язок.

Амінокислоти здатні до конденсації при взаємодії карбоксильної групи однієї амінокислоти та аміногрупи - іншої:



Утворена сполука називається пептидом, а зв'язок - пептидним. При сполученні двох амінокислот утворюється дипептид, трьох - трипептид, а багатьох - поліпептид. Пептидний зв'язок міцний, він піддається гідролізу тільки при тривалому кип'ятінні в кислому або лужному середовищі. В пептиді виділяють N-кінець, на якому знаходиться вільна аміногрупа, та C-кінець, на якому міститься незаміщена карбоксильна група. Називаючи пептид, назвам всіх амінокислот, крім C-кінцевої, дають суфікс -ил або -іл, а назву останньої не змінюють, наприклад, гліцил-аланін, серил-тирозил-аргінін.

Наявність пептидного зв'язку визначають біуретовою реакцією, характерною для амідів, зокрема, для біурету. Першим біуретову реакцію пептидів вивчав О. Я. Данилевський. Суть її полягає у взаємодії пептидної

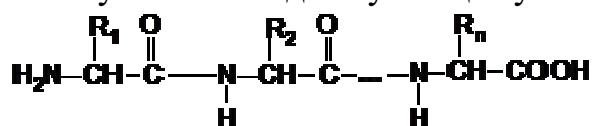
групи з йонами міді (II) в лужному середовищі з утворенням розчинного комплексу фіолетового кольору. Ця реакція дуже чутлива і використовується як для якісного, так і для кількісного визначення пептидів.

Структура білків

За хімічною будовою білки є поліпептидами. Внаслідок взаємодії функціональних груп поліпептиду між собою і з оточуючим середовищем він набуває специфічної просторової форми. Тільки в цій формі він є біологічно активним. Для спрощення опису просторової форми білкових молекул користуються поняттям про рівні структурної організації (Ліндерстрем-Ланг).

Первинна структура

Первинна структура білків - це порядок розташування амінокислотних залишків в нерозгалуженому поліпептидному ланцюгу:



В ланцюгу білка чергуються пептидні групи і α -вуглецеві атоми. Амінокислотні радикали не беруть участі в утворенні зв'язків на цьому рівні. Однак порядок їх розташування має вирішальне значення для просторової форми молекули.

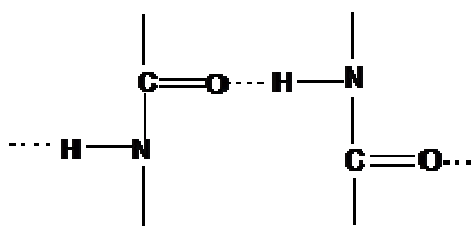
Розшифровка амінокислотної послідовності стала дуже важливим етапом у вивченні білків. Першим дослідженим білком став інсулін - гормон підшлункової залози (Ф. Сенгер, 1945 – 1954 р.р.).

Зараз первинна структура білків визначається з використанням автоматичного приладу - секвенатора, в якому від поліпептидного ланцюга послідовно відщеплюються N-кінцеві амінокислоти та ідентифікуються. Для цього використовують реактив Едмана, який, на відміну від реактиву Сенгера, дозволяє відщеплювати послідовно кожен кінцеву амінокислоту у вигляді фенілтіогідантоїнового похідного, не руйнуючи всього ланцюга, і визначати її хроматографічно.

Вторинна структура

Вивчення просторової структури білків стало можливим завдяки рентгеноструктурному аналізу. Оскільки білки кристалізуються, їх підготовка до цього аналізу є значно простішою, ніж для нуклеїнових кислот.

На рентгенограмах кристалів білків спостерігаються спіралізовані ділянки. Утворення їх можливе завдяки водневим зв'язкам, які виникають між пептидними групами:



Вторинна структура білка - це регулярна укладка поліпептидного ланцюга, стабілізована водневими зв'язками між пептидними групами. Для різних білків ступінь і характер спіралізації відрізняються.

Л.Поллінг і Р.Корі. на підставі власних даних про будову пептидного зв'язку запропонували у 1951 році дві структурні моделі, які одержали підтвердження в просторово-структурних дослідженнях: модель α -спіралі і β -структури. α -спіраль можна уявити як ланцюг, закручений навколо уявного циліндра. В β -структурі водневі зв'язки утворюються між різними ланцюгами (паралельний складчастий шар), або різними ділянками одного ланцюга (антипаралельний складчастий шар).

Для характеристики рівня структурної організації, що виникає внаслідок поєднання в білку різних типів спіралей інколи вводять термін "зверхвторинна структура". Є білки, для яких просторова укладка закінчується на рівні зверхвторинної структури. Це нитчасті - фібрилярні білки (1). Проте більшість білків зазнає ще більш компактної укладки і набуває близької до кулястої форми. Такі білки називаються глобулярними (2).

Фібрилярні білки виконують структурні функції, забезпечують міцність. Часто зверхвторинні структури утримуються більш міцними зв'язками, наприклад, ковалентними дисульфідними.

Третинна структура

В глобулярних білках поліпептидний ланцюг містить багато гідрофільних полярних радикалів, які орієнтуються назовні глобули, до оточуючого водного середовища, утворюючи водневі зв'язки з молекулами води.

Перша модель третинної структури була створена для міоглобіну кашалота в 1957 році Дж. Кендрю із співробітниками (Англія) і удостоєна Нобелівської премії в 1962 р. Виявилось, що поліпептидний ланцюг міоглобіну, утворений з 153 амінокислотних залишків, має 8 відносно прямолінійних спіралізованих ділянок, розділених між собою згинами. Укладка молекули міоглобіну така компактна, що всередині може розміститись лише чотири молекули води.

Значення способу укладки поліпептидного ланцюга яскраво проявляється на прикладі відкриття молекулярної мішені смертельної хвороби коров'ячого сказу – інфекційної енцефалопатії, яка проявляється через віддалений час (більше року) після ураження і не має видових бар'єрів. Доведено (Prusiner et.al., 1982), що збудник хвороби має унікальну природу – це білок, названий "пріон", який складається лише з одного поліпептидного ланцюга (Mr – 27 – 30 кД). Білок з ідентичною первинною структурою закодований в нормальному генотипі і повсемісно знайдений в досліджуваних організмах. Відмінність між нормальним білком і пріоном виявляється на рівні просторової структури. Відповідно нормальний білок є розчинним, а його токсичний варіант нерозчинний і утворює аморфні агрегати.

Зміна лише одного залишку у великій молекулі істотно позначається на її функції. Наприклад, у хворих на серповидноклітинну анемію, при якій

еритроцити крові мають неправильну форму, що приводить до порушення кровопостачання, причиною аномалії є заміна в молекулі гемоглобіну: в двох \square -ланцюгах негативно зарядженого залишку глутамінової кислоти в положенні № 6 на гідрофобний залишок валіну. Ця аномалія є результатом мутації і передається по спадковості.

Четвертинна структура

Велика кількість білків складається більше, як з одного поліпептидного ланцюга. Четвертинна структура характеризує спосіб об'єднання поліпептидних ланцюгів в молекулі такого білку.

Вперше четвертинна структура була встановлена для білка гемоглобіну на основі рентгеноструктурного аналізу М. Перутцем та співробітниками (Англія). Робота тривала біля 25 років і була удостоєна Нобелівської премії у 1962 р.

Гемоглобін складається з чотирьох субодиниць. Кожна субодиниця утворена поліпептидним ланцюгом і залізопорфіриновим комплексом. Ланцюги попарно однакові: два, які складаються з 141 амінокислотного залишка і два ланцюги – з 146 залишків. Кожний ланцюг має третинну структуру, подібну до міоглобіну. Ланцюги об'єднуються попарно, утворюючи контакти за рахунок переважно гідрофобних радикалів.

Четвертинну структуру мають білки, які виконують складні біологічні функції і активність яких залежить від дії регулюючих факторів.

Таким чином, порядок утворення білкової глобули можна уявити схематично так: первинна структура, вторинна структура (спіралі і складчасті шари) зверхвторинна структура третинна структура четвертинна структура.

3. Фізико-хімічні властивості білків.

Розчинність. Фібрилярні білки не розчиняються у воді, так як містять переважно гідрофобні радикали, рівномірно розташовані вздовж витягнутої молекули. Глобулярні білки утворюють гідрофільні колоїди, в яких молекули води оточують глобули гідратними оболонками і взаємодіють з полярними групами на їх поверхні.

Дія дегідратуючих речовин порушує стабільність білкових колоїдів і викликає їх коагуляцію. Тому, наприклад, вживання алкоголю приводить до порушення функцій ферментів травного тракту. Нейтральні солі у великих концентраціях також викликають коагуляцію білкових колоїдів та їх осадження (висолювання білків).

Внаслідок великого розміру білкові молекули не проходять через напівпроникні мембрани. Це дозволяє очистити білок від низькомолекулярних домішок. Суміш в мішечку з напівпроникною оболонкою поміщають в посудину з проточною водою і витримують у ньому протягом кількох діб. Цей метод називається діалізом.

Молекули білка мають заряд, який визначається кількістю дисоційованих амінокислотних радикалів при певному рН. Значення рН, при якому сумарний заряд білкової молекули дорівнює нулю, називається

ізоелектричною точкою білка (pI), а відповідний стан білка - ізоелектричним станом. В ізоелектричному стані молекули білка найлегше злипаються - коагулюють.

Суміш різних білків можна розділити в електричному полі за напрямком і швидкістю переміщення молекул з різним зарядом. Цей метод називається електрофорезом.

Порушення унікальної природної конформації молекули, що відбувається внаслідок розриву нековалентних зв'язків і приводить до втрати біологічної активності, називається денатурацією.

Розглянемо дію головних денатуруючих факторів:

Вплив температури. Білки переважно втрачають свою конформацію при температурі вище 50-60°C, хоч відомі термофільні бактерії, білки яких витримують і вищі температури. Найбільш чутливі до підвищення температури водневі зв'язки. В межах фізіологічних температур зміна просторової структури приводить лише до зміни біологічної активності, а не до її втрати.

Денатуровані білки, втрачаючи впорядковану будову, зменшують розчинність у воді, так як збільшується кількість гідрофобних радикалів, які контактують з водним оточенням.

Таке явище ми спостерігаємо, наприклад, при варінні чи смаженні яєць.

Вплив рН середовища. При екстремальних значеннях рН білки денатурують внаслідок зміни заряду функціональних груп. Однак осадження білку при цьому не спостерігається, оскільки молекули мають значний однойменний заряд і взаємно відштовхуються.

Денатуруючу дію на білки мають також деякі речовини з тих, що утворюють з ними солі. Це трихлороцтова та хлорна кислоти, катіони важких металів (Pb²⁺, Cu²⁺ та інші). При їх дії спостерігається осадження білків.

При денатурації первинна структура білків не порушується і в деяких випадках денатурований білок відтворює свою природну конформацію - відбувається ренатурація. Отже, денатурація може бути необоротна і оборотна.

4. Класифікація білкових молекул.

Усі білки діляться на 2 групи: прості й складні. Прості білки (апопротеїни) при гідролізі розщеплюються тільки до амінокислот. Складні білки (глопротеїни) — це двокомпонентні білки. Вони складаються з будь-якого простого білка та небілкового компонента, який називається простетичною групою.

Складні білки поділяються на підгрупи, залежно від будови небілкового компонента. Звідси розрізняють: хромопротеїни, гемопротеїни, флавопротеїни, нуклеопротейни, глікопротеїни, ліпопротеїни, фосфопротеїни, металопротеїни та інші. Недосконалість цієї класифікації полягає в тому, що деякі складні білки можуть бути віднесені до різних груп речовин. Наприклад глікопротеїни можна розглядати як складні білки та як складні вуглеводи.

Поділ простих білків за формою молекул

За формою молекул білки діляться на глобулярні й фібрилярні.

Глобулярні білки. Значна частина розчинних білків, наприклад, альбуміни і глобуліни сироватки крові, білки молока яєць та інші, мають заокруглену форму, о наближається до еліпсоїдної. Такі білки були названі глобулярними (globulus — з лат. кулька).

Фібрилярні білки. Багато білків мають витягнуту, ниткоподібну або фібрилярну форму молекули (fibrilla — волокно з лат.). У таких білках довжина молекули значно переважає над товщиною (сотні й тисячі разів). Сюди відносяться білок сполучної тканини — колаген, шкіри — кератин, артеріальних стінок — еластин та інші. Цим білкам притаманні висока пружність, міцність на розрив та еластичність, що дає їм змогу скорочуватись та розпрямлятись.

До простих білків відносять гістони, протаміни, альбуміни, глобуліни, проламіни, глутеліни і протеїноїди, або склеропротеїни.

Альбуміни і глобуліни

Альбуміни і глобуліни — дуже поширені у тваринному та рослинному світі білки. Вони містяться в плазмі крові, в клітинах та біологічних рідинах. Залежно від походження, розрізняють сероальбуміни (serum — сироватка крові), лактоальбуміни (lact — молоко з лат.), міоальбуміни (mio — м'яз). Альбумінам притаманна висока адсорбційна здатність, завдяки чому вони виконують транспортну функцію: переносять іони металів, ліки, жирні кислоти та пігменти тощо.

Глобуліни, на противагу альбумінам, не розчиняються в чистій воді, а тільки в слабких сольових розчинах.

У практичній медицині велике значення надається вивченню змін вмісту білків плазми крові. Зменшення вмісту білка в сироватці крові (сироватка — це дефібринована плазма крові; вміст фібриногену складає 2-4 г/л) називається гіпопротеїнемією. Вона може викликатися надходженням в організм недостатньої кількості білків (голодування, порушення травлення і всмоктування в кишечнику), порушенням синтезу білків у печінці, хронічними хворобами нирок, гострими і хронічними крововтратами.

Підвищення вмісту білків крові — гіперпротеїнемія — буває абсолютною і відносною. Відносна супроводжує втрату організмом рідини, загальна кількість білків крові залишається при цьому незмінною, хоча концентрація їх зростає. Це має місце при профузних проносах, тривалому блюванні, нецукровому діабеті, порушенні гемодинаміки.

Абсолютна гіперпротеїнемія спостерігається за умов підвищеного синтезу глобулінів плазми крові, що має місце при потраплянні в організм мікроорганізмів та виробленні імунітету. Порушення співвідношення між фракціями білків крові — диспротеїнемія — найчастіше зумовлене хронічними захворюваннями (туберкульоз, рак, ревматизм та ін.)

За рахунок малого розміру молекул, високої гідрофільності та відносно високої концентрації альбуміни підтримують колоїдоосмотичний тиск крові,

регулюють обмін води між кров'ю і тканинами. При зменшенні вмісту альбумінів нижче 30 г/л настає спад осмотичного тиску та як наслідок — вихід води з крові в тканини, що супроводжується набряками. За допомогою альбумінів відбувається транспортування кров'ю вуглеводів, жирних кислот, гормонів, пігментів, ліків, мінеральних речовин. Половина вмісту кальцію сироватки крові зв'язана з альбумінами.

Гістони

Гістони (від грецьк. гістос — тканина) — тканинні білки багатоклітинних організмів, зв'язані з ДНК. Вони мають невелику молекулярну масу (11-24 тис. дальтон). Гістони містять 20-35 % діамінокислот, переважно аргінін (до 26 %) та лізин (8-10 %). Ізоелектрична точка різних гістонів знаходиться в межах рН 9,5-12,0.

У складі нуклеопротейінів ядра гістони виконують структурну і регуляторну функції: стабілізують просторову структуру ДНК, складають основу нуклеосом, входять до складу хроматину. Гістони блокують передачу генетичної інформації від ДНК до РНК (роль репресора), тобто регулюють біосинтез білка.

Протеїноїди, або склеропротейіни

Склеропротейіни (від грецьк. склерос — твердий) входять до складу опорних та покривних тканин — кісток, хрящів, зв'язок, волосся, нігтів, шкіри тощо. Ці білки характеризуються високою стійкістю до дії різних фізичних і хімічних факторів. Вони не розчинні у воді й сольових розчинах, слабо розчинні в кислотах і лугах. У тканинах протеїноїди перебувають у нерозчинному стані, а при споживанні їх із харчовими продуктами дуже погано засвоюються. За формою молекул вони відносяться до фібрилярних білків, тобто мають витягнуту ниткоподібну форму. Ці молекули утворюють багатомолекулярні ниткоподібні комплекси — фібрили. Розглянемо деяких представників групи протеїноїдів.

Колаген є у всіх багатоклітинних організмах, крім рослин. У людини на його долю припадає біля 5 % маси тіла і третина маси всіх білків організму. Це позаклітинний білок з унікальними властивостями. Його молекула витримує навантаження, вага якого в десятки тисяч разів більша від ваги білкової молекули. Тобто ці молекули міцніші, ніж сталевий дріт. Колаген бере участь у формуванні організму. Він визначає напрямок і швидкість росту клітинних елементів у організмі під час його росту і зберігає та підтримує набуту форму протягом життя.

Колаген має особливу структуру, яка не зустрічається в інших білках. В його поліпептидному ланцюгу майже кожний третій залишок - це гліцин. Також багато проліну і окипроліну (останній не зустрічається більше ні в яких білках). В колагені також міститься лізин та його модифікація оксилізін:

Первинну структуру цього білка можна записати так: - (-глі-X-Y-)n -, де X - найчастіше пролін, а Y - окипролін.

Ланцюг колагену закручується в спіраль, на кожен виток якої припадає три амінокислотних залишки. Таку спіраль називають малою. Мала спіраль скручується у велику, на виток якої припадає 30 амінокислотних залишків. Три великі паралельні спіралі утворюють суперспіраль, в якій вони щільно упаковані одна відносно одної навколо спільної осі.

Паралельні ланцюги з'єднуються між собою водневими зв'язками і хімічно модифікованими залишками лізину. Кінці поліпептидних ланцюгів відрізняються складом від основної частини, вони не спіралізовані, тому молекула нагадує за формою гантель з витягнутою центральною частиною і кулястими кінцями.

Молекули укладаються в пучки із зміщеними ступінчасто головками ("голова до хвосту") вздовж фібрили. Між молекулами також утворюються міцні поперечні зшивки. Завдяки цим зшивкам і скрученості спіралі фібрили колагену деформуються. За рахунок оксипроліну на поверхні колагену фіксуються молекули води, які утворюють тримірний каркас. Фібрили об'єднуються у волокна, які укладаються по-різному в різних тканинах і у різних організмів. При кип'ятінні м'язової тканини (м'яса) частина пептидних зв'язків у колагені піддається гідролізу. При цьому утворюється суміш пептидів, що називається желатином. Тривалість приготування м'ясних страв визначається умовами руйнування волокон колагену.

Складні білки

Білки, що містять у своєму складі, крім білкової, ще небілкову частину, називаються складними білками або голопротеїнами. Небілкова частина голопротеїнів — простетичною частиною білка (від грец. *prostheo* — приєдную). Складний білок при розщепленні утворює білкову частину — апопротеїн і небілкову — простетичну:

Складні білки поділяють на групи залежно від природи їх небілкової частини:

<i>глікопротеїни</i> - багато білків сполучної тканини, крові, зовнішньої поверхні клітинних мембран;
<i>ліпопротеїни</i> – форма транспорту ліпідів в крові, інтегральні білки мембран, нуклеопропротеїни - хромосоми, рибосоми;
<i>фосфопротеїни</i> - поживний білок молока казеїн;
<i>металопропротеїни</i> - містять безпосередньо атоми металу, а не металоорганічні комплекси типу гемму. До них належать металоферменти, форми запасання і транспорту металу феритин (Fe), церулоплазмін (Cu), металотіонеїн (Zn, Cu, Cd);
<i>хромопропротеїни</i> – містять забарвлену органічну групу (гем, рибофлавін).

Особливості хімічного складу і будови білків реалізуються у виконанні ними певних біологічних функцій. З'ясуємо цю залежність на прикладі окремих функцій білків.

Хромопротеїни

Назва "хромопротеїни" походить від грец. слова "хромо" — барва. За структурою це гетерогенні білки, до складу яких, крім білкової частини, входять різні простетичні групи, що надають білкам певного забарвлення. У тваринному світі поширені залізорпфіриновмісні білки, в рослинному — магнійпорфіриновмісні білки. Із першими пов'язане забарвлення крові в червоний колір, а з другими — забарвлення листків рослин у зелений колір.

Ліпопротеїни

Ліпопротеїни — група складних білків, компонентами яких є білки і ліпіди. Простетичною частиною в них можуть бути нейтральні жири, жирні кислоти, фосфоліпіди, холестерин. Умовно ліпопротеїни можна поділити на рухомі (ліпопротеїни плазми крові, молока та ін.) та фіксовані, або структурні (містяться в складі мембран). Перші розчиняються у воді, а другі — в жиророзчинниках.

Глікопротеїни і протеоглікани

Глікопротеїни — складні білки, простетичною частиною яких є вуглеводи або їх похідні.

Усі глікопротеїни поділяються на дві групи:

- 1) власне глікопротеїни;
- 2) протеоглікани.

Власне глікопротеїни — це типові білки. Вміст вуглеводних компонентів в них — до 4 %. Протеоглікани (стара назва "мукопротеїни") містять до 90 % і більше вуглеводів. Глікопротеїни шлунково-кишкового тракту називаються муцинами. Муцини — основа різних слизів (слини, шлунка та кишечника). Вони виконують захисну функцію, послаблюючи механічне та хімічне подразнення клітин травного тракту різними факторами, що потрапляють із поживними речовинами.

Мукоїди — протеоглікани синовіальних рідин у суглобах і хрящах. Відіграють роль змащувальних матеріалів в апараті руху. їх простетичною групою є гіалуронова та хондроїтинсірчана кислоти. Ці останні, крім синовіальних рідин, містяться ще в складі міжклітинної основної речовини сполучної тканини.

Деякі глікопротеїни є антикоагулянтами, наприклад протеоглікан гепарин; глікопротеїн пропердин проявляє властивості антибіотика; ряд ферментів і гормонів за природою є глікопротеїнами.

Глікопротеїни знаходяться також у мембранах, переважно в плазматичній. Вуглеводи плазматичних мембран відіграють роль специфічних лігандів для білків. Під час розвитку імунітету глікопротеїни плазматичних мембран виконують роль антигенів. Рецепторна функція мембран також реалізується за допомогою глікопротеїнів. Вуглеводи глікопротеїнів можуть захищати білкову частину від дії протеолітичних ферментів. Так, муцини слизової травного тракту захищають секреторні клітини від дії протеолітичних

ферментів; глікопротеїн шлункового соку (внутрішній фактор Кастла) захищає і сприяє всмоктуванню в кишечнику вітаміну В12.

Нуклеопротейни

Нуклеопротейни — дуже важливі білки всіх клітин. Із них складається основна маса ядра. Саме тому нуклеопротейни виділяють із тканин, багатих на ядерну речовину (залозиста тканина селезінки, підшлункової залози, сперматозоїди, ядерні еритроцити птахів тощо).

Назва нуклеопротейнів походить від лат. слова nucleus — ядро. Уперше були виділені швейцарським ученим Ф. Мішером у 1872 р. з ядер лейкоцитів. Він звернув увагу на кислий характер цих білків і показав, що білкова частина пов'язана з небілковою, яку він назвав нуклеїном. Тільки значно пізніше її було названо нуклеїновою кислотою.

5. Функціональні властивості білків

Каталітична функція

Найбільш добре відома роль білків в організмі - каталіз різних хімічних реакцій. Ферменти - група білків, що володіє специфічними каталітичними властивостями, тобто кожен фермент каталізує одну або декілька схожих реакцій. Ферменти каталізують реакції розщеплювання складних молекул (катаболізм) та їх синтезу (анаболізм), а також реплікації і репарації ДНК і матричного синтезу РНК. Відомо кілька тисяч ферментів. Відомо близько 4000 реакцій, що каталізуються білками. Прискорення реакції в результаті ферментативного каталізу іноді величезна: наприклад, реакція, що каталізується ферментом оротат-карбоксилази протікає в 10¹⁷ швидше некаталізуємою (78000000 років без ферменту, 18 мілісекунд за участю ферменту).

Молекули, які приєднуються до ферменту і змінюються в результаті реакції, називаються субстратами. Частина ферменту, яка приєднує субстрат і містить каталітичні амінокислоти, називається активним центром ферменту.

Структурна функція

Структурні білки цитоскелета, як свого роду арматура, надають форму клітин і багатьом органам і беруть участь у зміні форми клітин. Більшість структурних білків є філаментними білками: наприклад, мономери актину і тубуліну - це глобулярні, розчинні білки, але після полімеризації вони формують довгі нитки, з яких складається цитоскелет, що дозволяє клітині підтримувати форму. Колаген і еластин - основні компоненти міжклітинної речовини сполучної тканини (наприклад, хряща), а з іншого структурного білка кератину складаються волосся, нігті, пір'я птахів і деякі раковини. Дуже велика кількість білків у продуктах (більше 15 г): сир голландський і плавлений, сир нежирний, м'ясо тварин і курей I і II категорій, більшість риб, соя, горох, квасоля, горіхи фундук і волоські.

Великий вміст білків містять продукти (10-15г): сир жирний, свинина м'ясна і жирна, ковбаси варені, сосиски, яйця, крупи манна, гречана, вівсяна,

пшоно, борошно пшеничне, макарони. Помірне вміст білків (5-99г): хліб житній і пшеничний, крупа перлова, рис, горошок зелений. Малий вміст білків (2-49 г):молоко, кефір, вершки, сметана, морозиво вершкове, шпинат, капуста цвітна, картопля. Дуже малий вміст білків (04-19г): масло вершкове, майже всі овочі, фрукти, ягоди та гриби. Рослинні білки менш повноцінні (недостатньо збалансований амінокислотний склад) і важко перетравлюються.

Захисна функція

Існують декілька видів захисних функцій білків:

1. Фізичний захист. У ній бере участь колаген - білок, який утворює основу міжклітинної речовини сполучних тканин (у тому числі кісток, хряща, сухожиль і глибоких шарів шкіри, дерми); кератин, що становить основу рогових щитків, волосся, пір'я, рогів та інших похідних епідермісу. Зазвичай такі білки розглядають як білки зі структурною функцією. Прикладами цієї групи білків служать фібриноген і тромбін, що беруть участь у процесах згортання крові.

2. Хімічний захист. Зв'язування токсинів білковими молекулами може забезпечувати їх детоксикацію. Особливо важливу роль в детоксикації у людини відіграють ферменти печінки, що розщеплюють отрути або переводять їх у розчинну форму, що сприяє їх швидкому виведенню з організму.

3. Імунний захист. Білки, що входять до складу крові та інших біологічних рідин, беруть участь в захисному відповіді організму як на пошкодження, так і на атаку патогенів. Білки системи комплементу і антитіла (імуноглобуліни) відносяться до білків другої групи, вони нейтралізують бактерії, віруси або чужорідні білки. Антитіла, що входять до складу адаптативної імунної системи, приєднуються до чужорідних для даного організму речовин, антигенів, і тим самим нейтралізують їх, спрямовуючи до місць знищення.

Антитіла можуть секретуватись в міжклітинний простір або закріплюватися в мембранах спеціалізованих В-лімфоцитів, які називаються плазмоцитами. У той час як ферменти мають обмежене спорідненість до субстрату, оскільки занадто сильне приєднання до субстрату може заважати протіканню реакції, що каталізується, стійкість приєднання антитіл до антигену нічим не обмежена.

Регуляторна функція

Регуляторну функцію білки здійснюють або за рахунок ферментативної активності (наприклад, протеїнкази), або за рахунок специфічного зв'язування з іншими молекулами, як правило, впливає на взаємодію з цими молекулами ферментів.

Сигнальна функція

Сигнальна функція білків - здатність білків служити сигнальними речовинами, передаючи сигнали між тканинами, клітинами або організмами.

Сигнальну функцію виконують білки-гормони, цитокіни, фактори росту та ін. Гормони переносяться кров'ю. Більшість гормонів тварин - це білки або пептиди.

Зв'язування гормону з рецептором є сигналом, що запускає в клітці відповідну реакцію. Прикладом таких білків служить інсулін, який регулює концентрацію глюкози в крові.

Транспортна функція

Розчинні білки, що беруть участь в транспорті малих молекул, повинні мати високу спорідненість до субстрату, коли він присутній у високій концентрації, і легко його вивільняти в місцях низької концентрації субстрату. Прикладом транспортних білків можна назвати гемоглобін, який переносить кисень з легень до решти тканин і вуглекислий газ від тканин до легень. Деякі мембранні білки беруть участь в транспорті малих молекул через мембрану клітини, змінюючи її проникність.

Запасна (резервна) функція білків

До таких білків належать так звані резервні білки, які запасуються в якості джерела енергії і речовини в насінні рослин і яйцеклітинах тварин; білки третинних оболонок яйця (овальбуміни) і основний білок молока (казеїн) також виконують, головним чином, живильну функцію. Ряд інших білків використовується в організмі як джерело амінокислот, які в свою чергу є попередниками біологічно активних речовин, що регулюють процеси метаболізму.

Рецепторна функція

Білкові рецептори можуть як знаходитися в цитоплазмі, так і вбудовуватися в клітинну мембрану. У мембранних рецепторів частина молекули, що зв'язується з сигнальною молекулою, знаходиться на поверхні клітини, а домен, що передає сигнал, всередині.

Моторна (рухова) функція

Цілий клас моторних білків забезпечує рух організму (наприклад, скорочення м'язів, у тому числі локомоції (міозин), переміщення клітин всередині організму (наприклад, амебоїдне рух лейкоцитів), рух війок і джгутиків, а також активний і спрямований внутрішньоклітинний транспорт (кінезін, дінеїн).

6. Методи якісного та кількісного визначення білків.

Якісні реакції на амінокислоти та білок

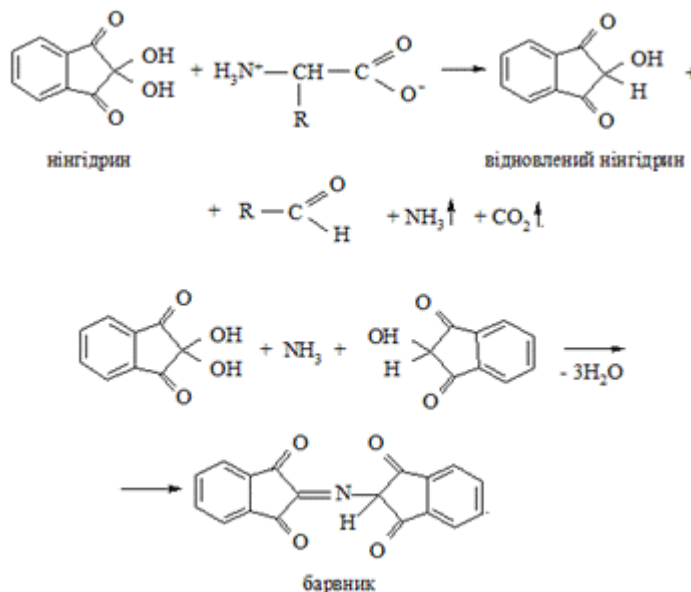
Виявлення сірковмісних амінокислот реакцією Фоля.

В пробірку помістити 10 крапель яєчного білка і 20 крапель 10% розчину гідроксиду натрію. Вміст пробірки перемішати, нагріти до кипіння. Додати 5 крапель 10% розчину ацетату свинцю і знову прокип'ятити. Відмічаємо появу чорного або бурого осаду.

Ксантопротеїнова реакція - кольорова якісна реакція (поява жовтого фарбування), яку дають розчини білка при кип'яченні з концентрованою азотною кислотою. Після додавання концентрованого луку жовте фарбування переходить в помаранчеве. Реакція вказує на присутність ароматичних амінокислот (фенілаланіна, тирозину і триптофану) і обумовлена освітою їх нітропохідних.

Взаємодія α -амінокислот з нінгідрином

Нінгідринова реакція застосовується для якісного визначення α -амінокислот.



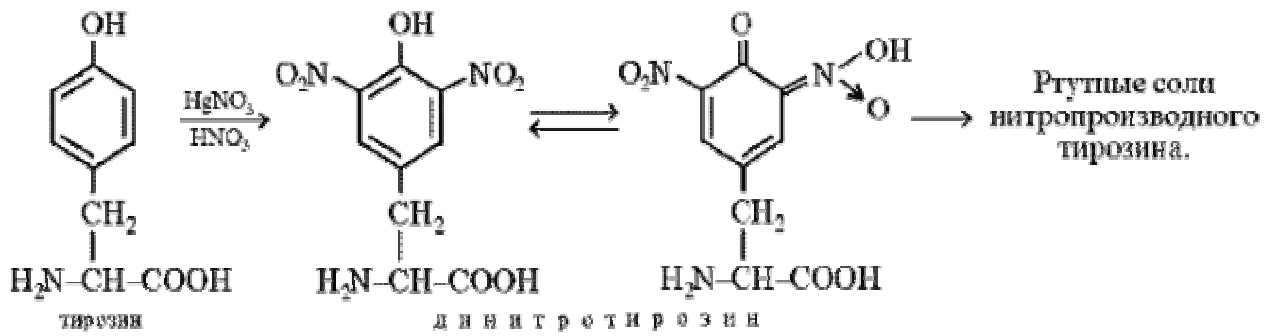
Біуретова реакція на пептидні зв'язки.

Біуретова реакція, кольорова реакція (поява фіолетового забарвлення), яку дають при взаємодії з сірчанокислою міддю в лужному середовищі органічні речовини, що мають в молекулі угруповання $-\text{CO}-\text{NH}-$. Широко використовується для якісного і кількісного визначення білків і продуктів часткового їх гідролізу (пептонів і пептидів, починаючи з трипептидів). Вперше описана в 19 ст для простої сполуки — біурету ($\text{NH}_2-\text{CO}-\text{NH}-\text{CO}-\text{NH}_2$).

Реакція Адамкевича (Адамкевича-Гопкінса (1874))

Реакція Міллона

Це реакція на амінокислоту тирозин. Реактив Міллона (розчин HgNO_3 і $\text{Hg}(\text{NO}_2)_2$ в розведений HNO_3 , що містить домішку HNO_2) взаємодіє з тирозином з утворенням ртутної солі нітропохідних тирозину, зафарбованої в рожево-червоний колір:



Запитання для самоконтролю

1. Дайте визначення білків.
2. Чим обумовлені кольорові реакції на білки?
3. Якщо з розчином одного білка реакції Міллона та ксантопротеїнова позитивні, а з розчином другого негативні, то що можна сказати про відмінність амінокислотного складу цих білків?
4. Як за допомогою кольорових реакцій виявити в білку аргінін, цистеїн?