МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ В.О. СУХОМЛИНСЬКОГО

ФАКУЛЬТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ ТА СПОРТУ

О.Г. РЕДЬКА

О.Ю. ЧУМАЧЕНКО

**БІОХІМІЯ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ**

Методичний посібник

**УДК 616.43:611.441: 576.31:591.481.2**

**ББК 28.8**

**Ч-62**

**Навчальний посібник рекомендована до друку вченою радою**

**Факультету фізичної культури та спорту**

**Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського**

**(протокол №\_\_ від \_\_\_ \_\_\_\_\_\_2017р.)**

**Рецензенти:**

*О. Ю. Томілін* доктор біологічних наук, професор

(Чорноморський національний університет імені Петра Могили)

*І.М. Рожков,* доктор біологічних наук, професор

(Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського)

**Укладачі: Редька О.Г.,Чумаченко О.Ю.**

**Біохімія рухової активності: методичний посібник/ Укладачі: О.Г. Редька ,О.Ю. Чумаченко – Миколаїв: МНУ, 2017.- 74 с.**

У методичному посібнику розкриваються загальні принципи біохімії рухової активності. Наведенні загальні принципи енергетики рухової діяльності людини. Розкриті механізми біохімічних процесів, гормональної регуляції м’язової діяльності та динаміки фізіологічних станів організму при спортивній роботі.

 Книга може бути корисною для студентів факультету фізичної культури та спорту, як методичні вказівки для самостійної підготовки до лабораторних і практичних занять з біохімії.

###### **УДК 615.43:511.441: 476.31:591.481.2**

###### **ББК 28.8**

**© Редька О.Г., Чумаченко О.Ю., 2017**

 **Миколаївського національного університету**

 **імені В. О. Сухомлинського, 2017**

# **Предмет і завдання біохімії. Хімічний склад організму**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

**ВСТУП.**

План:

1. Вступ у дисципліну, її місце серед інших профілюючих дисциплін.

2. Роль біохімії у харчовій промисловості.

3. Будова клітини.

4. Хімічний склад організму людини.

Література: [1] с. 8-19.

Біологічна хімія – це наука, що вивчає хімічну природу речовин, з яких побудовано організм, закономірності їхніх перетворень, тобто усі хімічні процеси, що відбуваються в живому організмі від надходження до нього поживних речовин і до утворення та виведення кінцевих продуктів обміну речовин, а також роль хімічних речовин, що регулюють ці процеси. **Біологічна хімія** є наука про речовини, з яких складаються живі організми і про хімічні процеси життєдіяльності. Структуру, класифікацію і властивості речовин вивчає статична біохімія, а процеси перетворення цих речовин в організмі – динамічна біохімія. Біохімічні процеси, що відбуваються в окремих органах і тканинах під час функції, вивчає функціональна біохімія.

Біохімічні процеси і методи використовуються в різних галузях сільськогосподарського виробництва, харчової промисловості: у переробці рослинної і тваринної сировини, забезпеченні її збереження, захисту від псування готової продукції, у боротьбі з наслідками несприятливого впливу людини на навколишнє середовище.

Всі живі об'єкти складаються з неживих молекул, які поза клітиною підкоряються всім фізичним і хімічним законам. Живі організми володіють низкою особливих властивостей, які відсутні в скупченнях неживої матерії. Серед цих властивостей можна виділити чотири основних.

Складність і високий рівень організації**.**Живі організми містять численні хімічні сполуки різноманітної будови і володіють ускладненою внутрішньою структурою. Навпаки, навколишнє середовище – грунт, вода і ін. – це неврегульовані суміші відносно простих хімічних сполук.

Кожна складова частина живого об'єкту має спеціальне призначення і виконує певну функцію.

Видобування з навколишнього середовища енергії для побудови і підтримки своєї складної структури. При цьому як сировина використовуються прості хімічні сполуки.

Здібність до точного самовідтворення – це основоположна властивість життя й найдивовижніша властивість живого.

Тому можна сказати, що життямає макромолекулярну систему, що здійснює регульований обмін речовин і енергії, а також процес самовідтворення.

Мінімальна структурна одиниця цієї системи – клітина (рис.1), в якій 6 обов'язкових надмолекулярних утворень або органел.

- Клітинна мембранавідмежовує вміст клітини від зовнішнього середовища і основна функція її є регуляція обміну речовин між клітиною та навколишнім середовищем.

- Мітохондрії– унікальні утворення, в яких відбувається запасання і вивільнення енергії хімічних зв'язків.

- Ядро– місце локалізації молекул-носіїв генетичної інформації (ДНК).

Рис. 1. **Схема будови клітини**

- Рибосоми – органели, на яких реалізується генетична інформація шляхом синтезу біомолекул по матриці з ядра.

- Лізосомимістять усередині ферменти, що розщеплюють складні сполуки на простіші.

- Апарат Гольджібере участь в утворенні лізосом і клітинних мембран.

Живі організми постійно взаємодіють із зовнішнім середовищем, одержуючи поживні речовини, що потім переробляються і виділяються з організму у вигляді продуктів обміну.

Усі процеси, що відбуваються в організмі, вимагають енерговитрат, які поповнюються за рахунок запасів поживних речовин у клітинах і їжі, що надходить в організм.

Харчування – постійно діючий фактор, що сприяє не тільки нормальному росту і розвитку організму, але й підвищує його захисні властивості. На сучасну людину впливають стреси, прискорений темп життя, гіподинамія, забруднення зовнішнього середовища і т.д., в цих умовах особливо велике значення має якісне харчування. Тим часом їжа сучасної людини, в основному, рафінована, із усякими добавками і консервантами. Значна частина населення світу недоїдає. Саме неправильне харчування «винне» у масовому поширенні так званих «хвороб цивілізації»: ожиріння, захворювань серцево-судинної системи, рака і ін.

В даний час відомо більш 60 харчових речовин, що повинні входити в раціон харчування як обов'язкові компоненти. Частина з них (білки, жири, вуглеводи, вітаміни) люди і тварини одержують у вигляді складних органічних сполук, що утворюються в рослинах з більш простих за рахунок сонячної енергії, що поглинається ними. Мінеральні речовини надходять, в основному, у вигляді простих сполук. Незамінною харчовою речовиною є вода.

У природі немає таких продуктів, що містили б усі харчові речовини в кількісних співвідношеннях, необхідних для нормального обміну речовин в організмі людини. Тільки шляхом сполучення різноманітних продуктів можна забезпечити організм усіма харчовими речовинами, яких він потребує.

До основних харчових речовин (нутрієнтів) відносяться білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини, вода.

Білки. Це незамінні харчові речовини, які повинні надходити з їжею при кожному основному її прийомі. Вся життєдіяльність організму пов’язана з різними білками, що входять до складу клітин, де ці речовини виконують різноманітні функції.

Для визначення норм білків в раціоні велике значення має той факт, що вони в запас не відкладаються. При білковій недостатності в першу чергу знижується стійкість організму до шкідливих впливів, порушується ряд основних процесів обміну, що призводить до захворювань, нерідко із летальним ісходом. В той же час великий вміст білку в раціоні впливає подразливо на нервову систему, призводить до перевантаження органів, безпосередньо пов’язаних з видаленням продуктів розпаду білкових речовин. Надлишок білку підвищує активність системи згортання крові, а також чутливість до алергенів, тобто підсилює реактивність організму по відношенню до різних речовин, в тому числі і до тих, що містяться в деяких харчових продуктах.

Не всі харчові білки рівноцінні. Частина з них (головним чином рослинного походження) не може забезпечити нормальне функціонування організму, особливо, того, що зростає, так як вони не мають всього набору незамінних амінокислот.

Біологічно цінні білки містяться в м’ясі і субпродуктах, рибі і морепродуктах, сирі, яйцях, сої, молоці та молочних продуктах.

Вуглеводи – це харчові речовини, джерелами яких є рослини, що містять крохмаль, цукор (буряковий і молочний), глюкозу, фруктозу.

В організмі людини енергія з вуглеводів легко вивільняється не тільки в умовах достатнього постачання тканин киснем, але і при його нестачі. Так, наприклад, під час виконання інтенсивної фізичної роботи кров не встигає повністю забезпечити м’язи киснем, і додаткова енергія виділяється за рахунок анаеробного окиснення вуглеводів.

Деякі вуглеводи входять до складу мозку, сполучної тканини, слизів. Велике їх значення в захисних реакціях організму.

Ліпіди. Це складна група харчових речовин, які беруть участь в побудові структур клітинних оболонок (мембран), в утворенні гормонів (кори наднирок, статевих залоз, простагландинів) та інших процесах. Частина ліпідів в організмі не утворюється, тому вони повинні обов’язково надходити з їжею. До таких речовин відносяться деякі ненасичені жирні кислоти, зокрема незамінна для організму лінолева кислота, яка міститься в рослинних оліях (соняшниковій, кукурудзяній, соєвій, конопляній та ін.).

В тканинах жири окиснюються важче, ніж вуглеводи, тому слід дотримуватися певного співвідношення даних харчових речовин: в раціоні на 1 г жирів повинно надходити не менше 4 г вуглеводів.

Значно важливим з точки зору раціонального харчування є властивості жирів (особливо які містять насичені жирні кислоти) в тканинах. Жири «захоплюють» все нові ділянки, відкладаються в органах (наприклад, навколо серця) і заважають їх нормальній діяльності. Заповнюючи клітину, жири відтісняють цитоплазму і ядро до периферії і знижують інтенсивність обміну речовин в них.

Вітаміни – низькомолекулярні органічні речовини, необхідні для життєдіяльності організму. Вони беруть участь в процесах обміну речовин, розмноження і т.д. Добова потреба людини у вітамінах виражається в мінімальних дозах (мг, мкг). В зв’язку з тим, що в організмі вони не синтезуються або утворюються в недостатній кількості, їх відносять до незамінних факторів харчування. Основними джерелами вітамінів для людини служать продукти харчування рослинного і тваринного походження.

Класифікація вітамінів ґрунтується на їх здатності розчинятися у воді або жирах, в зв’язку з чим виділяють водо- і жиророзчинні вітаміни. В групу водорозчинних входять вітаміни В1, В2, В6, В12, С, РР, фолієва кислота та ін. До жиророзчинних відносяться вітаміни групи А, Д, Е, К, F. Найбільш дефіцитними вітамінами є А, В1, В2, С. Це зумовлено в основному тим, що вони легко руйнуються при зберіганні і технологічній обробці продуктів. Так, дефіцит вітамінів групи В пов’язаний з видаленням периферичної частини зерна (де вони містяться) в процесі виготовлення білого борошна, манної крупи, очищеного рису і інших продуктів.

Порушення в забезпеченні організму вітамінами можуть проявитися у вигляді авітамінозу (внаслідок відсутності вітамінів), гіповітамінозу (недоліку вітамінів) і гіпервітамінозу (надлишкового накопичення якого-небудь вітаміну), кожен з яких має специфічні симптоми.

Мінеральні речовини – незамінні фактори харчування, оскільки вони не синтезуються в організмі. Ці речовини необхідні для діяльності любої клітини, вони входять до складу ферментів, гормонів, беруть участь в побудові органоїдів клітини, м’язовому скороченні, проводимісті нервових імпульсів, підтримуванні осмотичного тиску і постійності рН внутрішнього середовища і т.д.

Харчові продукти містять різні мінеральні речовини: натрій, калій, кальцій, магній, залізо, мідь, цинк, марганець, хром, хлор, сірка, йод, фтор та ін. Вони входять до складу мінеральних солей і складних органічних сполук. Звичайно в харчовому раціоні недостає кальцію і заліза на відміну від натрію і фосфору, яких часто буває в надлишку. Джерело засвоюваного кальцію – молоко, молочні продукти; заліза – жовток яйця, печінка та інші продукти тваринного походження.

Мінеральні речовини, що входять до складу живих організмів, умовно поділяють на три групи: макро-, мікро- і ультрамікроелементи. До макроелементів відносять ті хімічні елементи, вміст яких перевищує 0,001 % (О, C, Н, Са, K, N, P, S, Mg, Na, Cl, Fe і ін.). Якщо вміст хімічного елемента в організмі складає від 0,001 до 0,000001 %, то його зараховують до мікроелементів (Сu, Мn, Co і ін.). Речовини, що знаходяться в ще менших кількостях, називають ультрамікроелементами (Pb, V, Au, Hg і ін.).

Характеристика окремих елементів.

Натрій – основний катіон позаклітинного відділу. Він складає 0,08 % від маси тіла. Грає головну роль в підтримці осмотичного тиску. За відсутності або обмеженні в надходженні натрію в організм його виділення з сечею майже повністю припиняється. Всмоктується він у верхньому відділі тонкого кишечнику за участю білків-переносників і вимагає затрати АТФ. Добова потреба варіює залежно від водно-сольового забезпечення організму. Депонується в шкірі і м'язах. Кишкова втрата натрію відбувається при діареях.

Натрій бере участь у виникненні і підтримці електрохімічного потенціалу на плазматичних мембранах кліток, регулює стан водно-сольового обміну, бере участь в регуляції роботи ферментів. Він є компонентом K+ – Na+ насоса.

Хлор – найважливіший аніон позаклітинного простору. Складає 0,06 % від маси тіла. Велика частина його міститься в шлунковому соку. Бере участь в підтримці осмотичної рівноваги. Активує амілазу і пептидазу. Всмоктується у верхніх відділах кишечнику, виділяється в основному з сечею. Концентрація хлору і натрію звичайно змінюються паралельно.

Калій– складає 0,25 % від маси тіла. Міститься у клітинах, де пов'язаний з вуглеводними сполуками і тільки 2 %, від загальної кількості, у позаклітинному просторі. Всмоктується впродовж всього шлунково-кишкового тракту. Частина калію відкладається в печінці і шкірі, а інша надходить в загальний кровотік. Обмін дуже швидко протікає в м'язах, кишечнику, нирках і печінці. У еритроцитах і нервових клітинах обмін калію повільніший.

Калійграє провідну роль у виникненні і проведенні нервових імпульсів. Він необхідний для синтезу білків (на 1 г білка – 20 міліграм іонів калія), АТФ, глікогену, бере участь у формуванні в клітинах потенціалу спокою.

Кальцій– позаклітинний катіон. Складає 1,9 % від маси тіла. Вміст підвищується в період росту або вагітності. Функціонує як складова частина опорних тканин або мембран, бере участь в проведенні нервового імпульсу і ініціації м'язового скорочення, є одним з факторів гемокоагуляції. Забезпечує цілісність мембран (впливає на проникність), оскільки сприяє щільній упаковці мембранних білків. Кальцій обмежено бере участь в підтримці осмотичної рівноваги. Разом з інсуліном активує проникнення глюкози в клітини. Всмоктується у верхньому відділі кишечнику. Ступінь його засвоєння залежить від рН середовища (солі кальцію в кислому середовищі нерозчинні). Жири і фосфати перешкоджають всмоктуванню кальцію. Для повного засвоєння з кишечнику необхідна наявність активної форми вітаміну Д3.

Велика частина кальцію міститься в кістковій тканині (99%) у складі мікрокристалів карбонатапатита [3Са2(РО4)2 × СаСО3] і гидроксилапатита [3Са2(РО4)2 × СаОН]. Загальний кальцій крові включає три фракції: білково-звязаний, іонізований і неіонізований (який знаходиться у складі цитрату, фосфату і сульфату).

Магній– складає 0,05% від маси тіла. У клітинах його міститься в 10 разів більше, ніж в позаклітинній рідині. Багато магнію в м'язовій і кістковій тканинах, також в нервовій і печінковій. Він утворює комплекси з АТФ, цитратом та деякими білками.

Магнійвходить до складу майже 300 ферментів. Комплекси магнію з фосфоліпідами знижують текучість клітинних мембран. Він бере участь в підтримці нормальної температури тіла, в роботі нервово-м'язового апарату.

Неорганічний фосфор**–** міститься переважно в кістковій тканині. Складає 1 % від маси тіла. У плазмі крові при фізіологічних значеннях рН фосфор на 80 % представлений двовалентним і на 20 % одновалентним аніоном фосфорної кислоти. Фосфор входить до складу коферментів, нуклеїнових кислот, фосфопротеїдів, фосфоліпідів. Разом з кальцієм фосфор утворює апатити – основу кісткової тканини.

Мідь входить до складу багатьох ферментів і біологічно активних металопротеїдів. Бере участь в синтезі колагену і еластину. Є компонентом цитохромоксидази транспортного ланцюга біологічного окиснення.

Сірка – складає 0,08 % від маси тіла. Надходить до організму в зв'язаному вигляді у складі амінокислот і іонів сульфату. Входить до складу жовчних кислот і гормонів. У складі глутатіону бере участь в біотрансформації отрут.

Залізо входить до складу залізовмісних білків, гема гемоглобіну, цитохромів та пероксидаз.

Цинк – являється кофактором ряду ферментів.

Кобальт **–**входить до складу вітаміну В12.

Вода – важливий компонент харчового раціону. Чистої води в організмі немає. В ній розчинені мінеральні солі та вітаміни. Зневоднення призводить до небезпечних наслідків самоотруєння організму внаслідок затримки видалення продуктів розпаду – при накопиченні в крові і тканинах вони стають токсичними.

# Надлишок води веде до перевантаження серцево-судинної системи і системи виділення.

# Білки, амінокислоти. будова, властивості, біологічна роль. Класифікація

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

План:

1. Основні функції білків. Фізико-хімічні властивості білків.

2. Класифікація білків.

3. Амінокислоти, номенклатура та будова.

4. Замінні та незамінні амінокислоти.

Література: [1] с. 25-55.

Всі прояви життєдіяльності – подразнення, травлення, рух, розмноження та інші – пов'язані з білками, вони є незамінними структурними компонентами організму людини, тварин, рослин, мікроорганізмів.

Білки, які поступають з їжею до організму людини, перетравлюються в шлунково-кишковому тракті, перетворюючись на амінокислоти, з яких у тканинах утворюються власні білки з різними функціями: каталітичною (ферменти), захисною (імунні сполуки, антитіла та ін.), інформаційною, регуляторною (ряд гормонів), репродуктивною (разом з нуклеїновими кислотами), транспортною. Вони також беруть участь у багатьох інших життєво важливих процесах.

Функції білків**:**

**–**Структурна (пластична) – білками утворені багато клітинних компонентів, а в комплексі з ліпідами вони входять до складу клітинних мембран.

- Каталітична – всі біологічні каталізатори – ферменти, по своїй хімічній природі є білками.

- Транспортна – білок гемоглобін транспортує кисень, низка інших білків, утворюючи комплекс з ліпідами, транспортують їх по крові і лімфі (наприклад: міоглобін, сироватковий альбумін).

- Механічна – м'язова робота і інші форми руху в організмі здійснюються при безпосередній участі скорочувальних білків з використанням енергії макроергічних зв'язків (наприклад актин, міозин).

- Регуляторна – низка гормонів і інших біологічно активних речовин мають білкову природу (наприклад інсулін).

- Захисна – антитіла (імуноглобуліни) є білки, крім того основу шкіри складає білок колаген, а волосся – кератин. Шкіра і волосся захищають внутрішнє середовище організму від зовнішніх впливів. До складу слизу і синовіальної рідини входять мукопротеїди.

- Опорна – сухожилля, поверхні суглобів утворені в значній мірі білковими речовинами (наприклад колаген, еластин).

- Енергетична – амінокислоти білків можуть надходити до гліколізу, який забезпечує клітини енергією.

- Гомеостатична – білки входять до складу буферної системи крові.

- Репродуктивна – білки приймають участь у процесах росту та размноження.

- Рецепторна – багато білків беруть участь в процесах виборчого впізнавання (рецептори) гормонів.

РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ БІЛКОВОЇ МОЛЕКУЛИ.

У сучасній літературі прийнято виділяти 4 рівні організації структури молекули білка.

Первинним рівнем (або структурою) – організації білкової молекули називають послідовність амінокислотних залишків, з'єднаних між собою пептидним зв'язком.

Вторинною структурою – називають просторове розташування атомів головного ланцюга молекули білка. Утворюється і утримується в просторі за рахунок утворення водневих зв'язків між боковими угрупуваннями амінокислот основного ланцюга.

Третинна структура – це властивий даному білку спосіб укладання поліпептидного ланцюга у просторі. Це основа функціональності білка. Вона забезпечує стабільність обширних ділянок білків, що складаються з безлічі амінокислотних залишків та бокових груп. Такі впорядковані в просторі ділянки білка формують активні центри ферментів або зони зв'язування. Пошкодження третинної структури приводить до втрати функціональної активності білкаСтабільність третинної структури залежить в основному від нековален-тних взаємодій всередині білкової глобули, а переважно водневих зв'язків і ван-дер-ваальсових сил. Але деякі білки додатково стабілізуються за рахунок таких ковалентних взаємодій як дисульфідні містки між залишками цистеїну.

Більшість білкових молекул мають ділянки як α-спіралі так і β-складчастості. Але частіше за формою третинної структури білки розділяють на глобулярні – які побудовані на основі α -спіралі і мають форму кулі або еліпса (більшість ферментів) і фібрилярні – що складаються на основі β-складчастості і які мають сплюснуту або ниткоподібну форми (пепсин, білки сполучної тканини і хряща).

Четвертинною структурою – називається розміщення в просторі взаємодіючих між собою субодиниць, утворених окремими поліпептидними ланцюгами. Тобто у формуванні четвертинної структури беруть участь не пептидні ланцюги, а глобули, які утворені з кожного з цих ланцюгів окремо. Четвертинна структура – це вищий рівень організації білкової молекули і він властивий далеко не всім білкам. Зв'язки, що формують цю структуру не ковалентні: водневі, електростатичної взаємодії.

Фізико-хімічні властивості білків. Розчини білка відносять до розчинів високомолекулярних систем які володіють низкою властивостей гідрофільних колоїдів: повільною дифузією – не здатні проникати через напівпроникні мембрани, високою в'язкістю – утворення драглів, опаслеценцією – розсіюють світло, дають конус Тіндаля.

1.Амфотерністьпов'язана з наявністю в молекулі білка катіонообра-зуючих груп – аміногруп і аніонообразуючих – карбоксильних груп. Знак заряду молекули залежить від кількості вільних груп. Якщо мають перевагу карбоксильні групи то заряд молекули негативний (виявляються властивості слабої кислоти), якщо аміногрупи – то позитивний (основні властивості).

Заряд білка також залежить від рН середовища. У кислому середовищі молекула набуває позитивного заряду, в лужній – негативного.

Значення рН, при якому число різнойменних зарядів в білковій молекулі однаково, тобто сумарний заряд рівний нулю, називається ізоелектричною точкоюданогобілка. Стійкість білкової молекули до дії фізичних і хімічних факторів в ізоелектричній точці найменша. Більшість природних білків містять значну кількість дикарбонових амінокислот і тому відносяться до кислих білків. Їх ізоелектрична точка лежить в слабокислому середовищі.

2. Розчини білків володіють буферними властивостямиза рахунок їх амфотерності.

3. Розчинність. Оскільки молекула білка містить полярні аміно- і карбоксильні групи, то в розчині поверхневі залишки АК гідратуються – відбувається утворення коацервата.

4.Коацервація– злиття водних оболонок декількох часток, без об'єднання самих часток.

5.Коагуляція– склеювання білкових часток і випадіння їх в осад. Це відбувається при видаленні їх гідратної оболонки. Для цього досить змінити структуру частинки білка так, щоб її гідрофільні групи, які зв'язують воду розчинника, опинилися всередині частинки. Реакції осадження білка в розчині діляться на дві групи: зворотні (висолювання) і незворотні (денатурація).

6. Висолюванням називається процес осадження білків нейтральними солями. За великих концентрацій іонів у розчині вони відтягають молекули води від полярних груп білка на себе. При цьому гідратна оболонка білкової молекули частково знімається, тобто порушується один з факторів стійкості білка в розчині, а отже, осадження білка з розчину. Характерною рисою білків, отриманих при висолюванні, є збереження ними своїх природних властивостей і функцій після видалення солі.

Денатурацієюназивається суттєва зміна вторинної і третинної структури білка, тобто порушення системи нековалентних взаємодій, що не зачіпає його ковалентної (первинної) структури. Денатурація буває незворотною й зворотною. Денатурований білок позбавлений всякої біологічної активності в клітині і в, основному, використовується як джерело амінокислот. Денатуруючими агентами можуть бути хімічні фактори: кислоти, луги, що легко гідратують, солі, органічні розчинники, різні окиснювачі. До фізичних факторів можуть бути віднесені: дія високого тиску, багатократне заморожування і відтаювання, ультразвукові хвилі, УФ-промені, іонізуюча радіація. Та найбільш поширеним фізичним фактором денатурації білка є підвищення температури. Така денатурація являється незворотною.

Денатурація білка, яка відбувається при розтиранні сухих препаратів, енергійному струшуванні розчинів, збиванні, ліофілізації білків (висушування у вакуумі шляхом сублімації вологи з замороженого стану) – називається зворотною.

Класифікація білків:

За розчинністю: виділяють водорозчинні білки, сольоворозчинні, спирторозчинні, нерозчинні і ін.

По конформаційній структурі: фібрілярні, глобулярні.

По хімічній будові: прості білки – протеїни – складаються тільки з амінокислот, складні білки – протеїди – крім АК мають в складі небілкову частину (вуглеводи, ліпіди, метали, нуклеїнові кислоти)

До протеїнів відносять:

1. Альбуміни – розчинні у воді, не розчинні у концентрованих. сольових розчинах рН = 4,6…4,7. Існують альбуміни молока, яєць, сироватки крові.

2. Глобуліни – не розчинні у воді, розчинні у сольових розчинах. До цієї групи відносять імуноглобуліни.

3. Гістони – розчинні у воді, у слабоконцентрованих кислотах. Володіють вираженими основними властивостями. Це ядерні білки, вони пов'язані з ДНК і РНК.

4. Склеропротєїни – білки опорних тканин (хрящів, кісток), шерсті, волосся. Не розчинні у воді, слабких кислотах і лугах.

а) колагени – фібрілярні білки сполучної тканини. При тривалому кип’ячені вони розчиняються у воді і при застиганні утворюється желатин.

б) еластини – білки зв'язок і сухожиль. По властивостях схожі на колаген, але піддаються гідролізу під дією ферментів травного соку;

в) кератин – входить до складу волосся, пір'я, копит;

г) фиброін – білок шовку, в своєму складі містить багато серину;

д) проламіни і глютеніни – білки рослинного походження.

Протеїди

Ці білки залежно від її хімічної природи простетичної групи класифікуються на:

1. Нуклеопротєїди – простетична група – нуклеїнові кислоти. Серед численних класів нуклепротеідів найбільш вивченими є рибосоми, що складаються з декількох молекул РНК і рибосомних білків, і хроматин, який складається з ДНК і структурообразуючих білків – гістонів (містяться в клітинному ядрі і мітохондріях).

2. Гемопротєїди – небілковий компонент цих протеїдів – гем, побудований з чотирьох пирольних кілець. З ними пов'язаний іон двовалентного заліза (через атом азоту). До таких білків відносяться: гемоглобін, міоглобін, цитохроми. Цей клас білків ще називають хромопротеїдами, оскільки гем є забарвленим з'єднанням. Гемоглобін здійснює важливу функцію – транспортує кисень та вуглекислоту. Міоглобін забезпечує запасання кисню в м'язах. Цитохроми (гемінові ферменти) здійснюють каталіз окиснювально-відновлювальних реакцій і електронний транспорт у дихальному ланцюзі на мітохондріях клітин.

3. Металопротєїди – до складу їхньої простетичної групи входять метали. Так, у хлорофілі міститься магній, а у цитохромах – залізо.

4. Ліпопротєїди – крім білка містять ліпіди. Вони входять до складу клітинних мембран.

5. Фосфопротєїди – крім білка містять залишок фосфорної кислоти.

6. Глюкопротєїди – крім білка містять вуглеводи.

 Біологічна цінність білків.

Білки – найважливіші компоненти харчування. Здатність білка виконувати функцію харчування характеризує його біологічну цінність. Ефективність споживання білкових речовин людиною визначається двома основними факторами: збалансованістю вмісту незамінних амінокислот у білку і його засвоюваністю. Якщо не задовольняється потреба в одній з незамінних амінокислот, то обмежується використання інших, і, отже, знижується цінність білка в цілому. Незамінна амінокислота, що знаходиться в білку в мінімальній кількості, називається лімітуючою амінокислотою, тому що вона найбільшою мірою зменшує біологічну цінність даного білка.

Збагачення харчових білкових продуктів відсутніми амінокислотами застосовується в харчуванні людини у виняткових випадках. Однак додавання синтетичних амінокислот до кормів тварин є звичайною справою. Подібним чином в усьому світі готують кормові суміші для домашніх птахів, свиней, корів, що дозволяє більш ощадливо витрачати корми. Відомо, що добавки цих амінокислот поліпшують утилізацію білка тваринами приблизно на 20 %.

Біологічна цінність білка виражається у відносних величинах. Вона являє собою відношення досліджуваного параметра даного білка до подібного ж параметра «ідеального» білка. У якості останнього використовують казеїн молока, білок яєць, суміш м'язових білків, що легко переварюються і містять незамінні амінокислоти в співвідношеннях, близьких до еталонних. Біологічна цінність даного білка в порівнянні з еталонними показує, наскільки він здатний задовольняти потреби організму в амінокислотах. Для оцінки якого-небудь білка або харчового продукту необхідні дані про вміст у ньому окремих амінокислот, тобто його амінокислотний склад.

Частина рослинних білків (бобові) за своїм амінокислотним складом і біологічною цінністю близька до тваринних. Однак білки насіння більшості сортів зернових (рис, овес) дефіцитні за двома, а частіше (пшениця, кукурудза й ін.) за трьома і чотирма незамінними амінокислотами. Основною лімітуючою амінокислотою білків зернових культур є лізин. Лімітуючі амінокислоти білків зернових різні в насінні різних культур: у пшениці, рисі і житі – треонін, у кукурудзі – триптофан і т.д. Білки бобових культур відрізняються кращою збалансованістю незамінних амінокислот, що містяться в них, у порівнянні з білками злакових.

У тваринних білків дефіцит незамінних амінокислот виражений слабко. Деяким з них (білки молока, м'яса, субпродуктів) властивий недолік сірковміс-них амінокислот. У цілому для тваринних білків більш характерний надлиш-ковий в порівнянні з потребами організму вміст ряду незамінних амінокислот.

У харчуванні більшої частини населення земної кулі наявний дефіцит трьох незамінних амінокислот: лізину, триптофану і метіоніну. Різний амінокислотний склад рослинних і тваринних білків дозволяє підвищити їхню біологічну цінність при споживанні необхідної кількості різноманітної білкової їжі. Тільки таке харчування можна назвати повноцінним.

Амінокислоти, номенклатура та будова.

Білки – полімери, що не розгалужуються, мінімальна структурна одиниця яких – амінокислота (АК). Амінокислоти у молекулах білка з'єднані між собою пептидним зв'язком. У природі зустрічається близько 300 амінокислот, їх можна умовно розділити на дві групи:

1) вільні амінокислоти (непротеїногенні), що не беруть участь в утворенні білків. Так, безліч «небілкових» АК міститься в пептидних антибіотиках або є проміжними продуктами обміну білків.

2) протеїногенні, які ковалентно зв'язані одна з одною у складі пептидів і білків.

Непротеїногенні амінокислоти більш різноманітні в порівнянні з протеїногенними.

До складу білків входить 20 АК у α-формі, розташованих в різній, але строго визначеній для кожного білка послідовності. Загальна структурна формула a-амінокислот може бути представлена у наступному вигляді:

a- амінокислоти відрізняються одна від однієї структурою і складом групи R (бічний ланцюг).

**Амінокислоти класифікуються відповідно:**

**за хімічною будовою:**

- аліфатичні – гліцин (Глі), аланин (Ала), валін (Вал), лейцин (Лей), ізолейцин (Іле);

- оксикислоти – серін (Сер), треонін (Тре);

- дикарбонові – аспарагінова кислота (Асп), глутамінова кислота (Глу);

- двоосновні – лізин (Ліз), гістидин (Гіс), аргінін (Арг);

- ароматичні – феніналанін (Фен), тирозин (Тир), триптофан (Три);

- сіркоутримуючі – цистеїн (Цис), цистин (Цит), метіонін (Мет).

**За біохімічним призначенням**:

- глюкогенні – через ряд хімічних перетворень надходять на шлях глі-колізу (окиснення глюкози) – Глі, Ала, Тре, Вал, Асп, Глу, Арг, Гіс, Мет.

- кетогенні – беруть участь в утворенні проміжних продуктів ліпідного обміну – кетонових тіл – Лей, Іле, Тир, Фен.

**За харчовою цінністю**:

- незамінні – не синтезуються в організмі – Гис, Іле, Лей, Ліз, Мет, Фен, Тре, Три, Вал, а у дітей – Арг, Гис.

- замінні – інші.

За рахунок наявності в молекулі АК одночасно амінної і карбоксильної груп цим сполукам властиві кислотно-основні властивості. У нейтральному середовищі АК існують у вигляді біполярних іонів.

Фізико-хімічні властивості амінокислот. За хімічними властивостями амінокислоти, що мають у своєму складі амінні і карбоксильні групи, є амфотерними електролітами.

Сучасна класифікація амінокислот основана на полярності радикалів.

Крім a-аміно- і a-карбоксильної груп, у загальному заряді молекули в складі кислих і основних амінокислот є ще і третя – іоногенна група в бічному ланцюзі. Такі амінокислоти несуть додатковий негативний або позитивний заряд.

Біполярність молекул амінокислот обумовлює такі їхні властивості, як гарна розчинність у воді, високі значення діелектричних постійних і температури плавлення.

Функціональні групи амінокислот різноманітні, що дозволяє виявляти більшість їх за допомогою кольорових реакцій. Деякі з них дуже чуттєві і специфічні. Виявляють навіть в малих кількостях білки у складі складних сумішей, біологічній сировині рослинного і тваринного походження. Реакція з нінгідрином лежить в основі кількісного визначення амінокислот і білків.

При взаємодії нінгідрину з a-аміногрупою утворюється продукт синьо-фіолетового кольору з максимумом поглинання при 580 нм; інтенсивність фарбування при цьому пропорційна кількості амінокислоти. Амінокислота пролін дає з нінгідрином жовте фарбування (максимум поглинання при 440 нм). Цю реакцію використовують у різних видах хроматографії для ідентифікації і кількісного визначення амінокислот.

 Таблиця 1**– Класифікація протеїногенних амінокислот**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назва  | Структура  | Скорочена назва  |
|  |  |  |
| I. Неполярні або гідрофобні амінокислоти  |  |  |
| l. L-Аланін (б –амінопропіонова кислота)  |  | Ала (Ala)  |
| 2. L-Валін (б – аміноізовалеріанова кислота)  |  | Вал (Val)  |
| 3. L-Лейцин (б – аміноізокапронова кислота)  |  | Лей (Leu)  |
| 4. L-Ізолейцин (б-аміно-в-метилвалеріанова кислота)  |  | Иле (Ile)  |
| 5. L-Триптофан (б-аміно-в-індолілпропіонова кислота)  |  | Три (Try)  |
| 6. L-Пролін (пірролідин-б-карбонова кислота)  |  | Про (Pro)  |
| 7. L-Фенілаланін (б-аміно-в-фенілпропіонова кислота)  |  | Фен (Phe)  |
| 8. L-Метіонін (б-амино-г-метилтіомасляна кислота)  |  | Мет (Met)  |
| II. Полярні (гідрофільні) незаряджені амінокислоти  |  |  |
| 9. Гліцин (амінооцтова кислота)  |  | Гли (Gly)  |
| 10. L-Серин (б-аміно-в-оксипропіонова кислота)  |  | Сер (Ser)  |
| 11. L-Треонін (б-аміно-в-окси-масляна кислота)  |  | Тре (Thr)  |
| 12. L-Цистеїн (б-аміно-в-тіопропіонова кислота)  |  | Цис (Cys)  |
| 13. Цистин  |  | Цит (Cyt)  |
| 14. L-Тирозин (б-аміно-в-параоксифенілпропіонова кислота)  |  | Тир (Туr)  |
| 15. L-Аспарагін (амід аспарагінової кислоти)  |  | Асн (Asn)  |   |
| 16. L-Глутамин (амід глутамінової кислоти)  |  | Глн (Gln)  |   |
| III. Негативно заряджені (кислі) амінокислоти  |   |  |  |
| 17. L-Аспарагінова кислота (б-амінобурштинова кислота)  |  | Асп (Asp)  |   |
| 18. L-Глутамінова кислота (б-аміноглутарова кислота)  |  | Глу (Glu)  |   |
| IV. Позитивно заряджені (основні) амінокислоти  |   |  |  |
| 19. L-Лізин (б, е-диамінокапронова кислота)  |  | Лиз (Lys)  |   |
| 20. L-Аргінін (б-аміно-в-гуанідинвалеріанова кислота)  |  | Арг (Arg)  |   |
| 21. L-Гістидин (б-аміно-в-імідазолілпропіонова кислота)  |  | Гис (His)  |   |
|   |   |   |   |   |   |

Аміногрупи амінокислот (пептидів, білків) можуть вступати в реакцію з карбонільними групами альдегідів і цукрами, що відновлюються. Це реакції меланоїдиноутворення.

Одержувані з амінокислот альдегіди мають приємний запах. Сполучення запахів різних альдегідів визначає аромат багатьох харчових продуктів.Фурфурол (оксиметилфурфурол) легко вступає в подальші реакції, утворюючи меланоїдини. Поява останніх обумовлює потемніння ряду продуктів при їхньому виготовленні і збереженні. Особливо інтенсивно протікають реакції меланоїдиноутворення при підвищенні температури: під час сушіння овочів, плодів, випічці хліба, жаренні горіхів, кави, консервуванні молока, виготовленні кондитерських виробів, солоду, цукрових розчинів, при тепловій обробці вина і т.п.

Утворення пептидного зв'язку. Якщо карбоксильна група однієї АК ацилює аміногрупу іншої АК, то утворюється амідний зв'язок, який називають пептидним. Тому пептиди – це сполуки, які утворені з залишків a-АК, з'єднаних між собою пептидним зв'язком.

Даний зв'язок достатньо стабільний і розрив його відбувається лише за участю каталізаторів – специфічних ферментів. За допомогою такого зв'язку АК об'єднуються в достатньо довгі ланцюжки, які носять назву поліпептидних.

Початком поліпептидного ланцюга прийнято вважати амінокислоту з вільною a-аміногрупою (N – кінцева амінокислота), кінцем – амінокислоту з вільною карбоксильною групою (С – кінцева амінокислота). Найменування пептидів складається з назви першої амінокислоти з типовим для ацилів закінченням -іл, назва наступних амінокислот (також із закінченням -іл) і повної назви останньої амінокислоти (закінчення не змінюється). Наприклад, зображений нижче тетрапептид називається гліцил-аргініл-глутаміл-аланін, або скорочено Глі-Арг-Глу-Ала.



Поліпептиди, які здатні мимоволі формувати і утримувати певну просторову структуру, яка називається конформацією, відносять до білків. Стабілізація такої структури можлива лише при досягненні поліпептидами певної довжини. Тільки маючи певну просторову будову, білок може функціонувати.

Біологічна роль окремих амінокислот

Гліцин або глікокол. Гліцин є попередником пуринового кільця гема гемоглобіна крові і утворює так звані парні сполуки з жовчними кислотами, наприклад, з холевою кислотою він утворює глікохолієву кислоту, з бензойною кислотою – гіпурову кислоту.

Глікохолієва кислота бере участь у процесах засвоєння ліпідів, а у формі гіпурової кислоти з організму виводиться токсична бензойна кислота.

Аланін як бічний ланцюжок входить до складу циклічних амінокислот (фенілаланін, тирозин, гістидин, триптофан). Біологічна роль визначається також наявністю його похідних (серин, цистеїн, цистин).

Цистеїн. У тканинах організму легко здійснюється ферментативна окиснювально-відновна реакція, обумовлена наявністю в цистеїні реакційно здатної SH-групи. При цьому утворюється цистин.

Властивість даної амінокислоти окиснюватися додає їй захисні і радіопротекторні властивості. У присутності цистеїну знижується інтенсивність окисних процесів у ліпідах і білках, підвищується стійкість організму до іонізуючого випромінювання і стабілізується дія прийнятих лікарських препаратів. При участі двох залишків цистеїну в поліпептидних ланцюгах утворюються дисульфідні зв'язки, що обумовлюють біологічну активність або функціональні властивості білків у складі їжі. Особливо важливу роль дисульфідні зв'язки грають у білках пшениці, тому що вони додають клейковині пружні властивості.

Три амінокислоти – аргінін, гліцин і метіонін – беруть участь у синтезі креатину – сполуки, за допомогою якої в м'язовій тканині відбувається безперервний ресинтез макроерга АТФ (аденозинтрифосфорної кислоти).

При участі креатину в організмі людини і тварин утворюється креатин- фосфат, що в міру необхідності віддає свою фосфатну групу молекулам АДФ, перетворюючись в креатинін:

|  |
| --- |
|   |
|   |  |

Креатин і циклічний креатинін входять до складу м'ясного екстракту, їхнє співвідношення залежить від рН середовища і температури. Так, при нагріванні м'яса в кислому середовищі в екстракті переважає креатинін.

Амінокислоти цитрулін і орнітин беруть участь разом з аргініном у циклі утворення сечовини у людини і тварин.

Фундаментальну роль в обміні речовин живих організмів грають глутамінова і аспарагінова кислоти. Вони беруть участь у процесах розщеплення, синтезу і переносу активних груп, часто у формі амідів.

Глутамін, наприклад, є основною формою переносу аміаку в крові людини і разом з аспарагіновою кислотою служить попередником пиримідинового кільця нуклеотидів.

Реакції декарбоксилювання глутамінової кислоти з утворенням g-аміномасляної кислоти, що відноситься до групи медіаторів центральної нервової системи, приділяється важлива роль в обміні речовин у мозку і нервовій тканині.

З обміном глутамінової кислоти тісно зв'язаний обмін проліну, що синтезується з неї в результаті відновлення проліндегідрогеназою. Пролін відіграє важливу роль у формуванні структури колагену і білків пшеничної клейковини, викликаючи вигини в поліпептидних ланцюгах.

У колагені, поряд із проліном, зустрічаються 4-оксипролін і 5-оксилізин, що утворюються за рахунок окиснювання відповідних амінокислот вже після включення в білок. Присутність оксипроліну в м'ясних і ковбасних виробах впливає на їхню якість і враховується при її оцінці.

Основна фізіологічна роль іншої сірковмісної амінокислоти – метіоніну зв'язана з наявністю лабільної метильної групи. Віддаючи групу -СН3, метіонін бере участь у синтезі гліцерофосфоліпідів. Фізіологічна роль амінокислоти серин полягає в тому, що вона у великій кількості входить до складу складних білків – фосфопротеїдів (казеїну молока і вітеліну яйця).

Незамінна амінокислота триптофан служить попередником нікотинової кислоти, серотоніну і індолілоцтової кислоти – гормону росту рослин. Серотонін володіє судинозвужувальною дією, синтезується в клітинах кишечнику і нервової тканини.

Тирозин є відповідальним за пігментацію волосся, шкіри, очей, за темний колір харчових продуктів (наприклад, житнього хліба), тому що з його участю синтезуються темнозабарвлені пігменти – меланіни. Механізм реакції до кінця не вивчений, але відомі перші етапи їхнього синтезу. Під дією мідьвмісного ферменту тирозин перетворюється в диоксифенілаланін (ДОФА), що далі окиснюється, циклізується, перетворюється в індолхінон. Полімеризація останнього приводить до синтезу меланинів.

Утворення меланинів підсилюється під впливом ультрафіолетових променів (при засмазі) і може бути причиною злоякісних новоутворень. При спадкоємному захворюванні – альбінізмі, що характеризується відсутністю ферменту тирозинази, навпаки, не спостерігається пігментація шкіри, волосся. Тирозин утворюється з фенілаланіну.

З тирозину і триптофану, що містяться в їжі, при участі мікробних ферментів у кишечнику утворюються отрутні продукти – крезол, фенол, скатол, індол, знешкодження яких відбувається в печінці шляхом зв'язування із сірчаною або глюкуроновою кислотами з утворенням нетоксичних (парних) кислот, наприклад, фенол-сірчаної кислоти.

У результаті декарбоксилювання амінокислот в організмі утворюються деякі важливі біогенні аміни. Декарбоксилювання аспарагінової кислоти забезпечує синтез аланіну, що є складовою частиною біологічно активних сполук, а декарбоксилювання лізину і орнітину під впливом ферментів кишкової мікрофлори призводить до утворення отрутних діамінів – кадаверину і путресцину. У здоровому організмі обидва аміни цілком знешкоджуються в слизовій оболонці кишечнику.

Частина амінокислот виконує роль медіаторів – речовин, що беруть участь у передачі нервових імпульсів від однієї нервової клітини до іншої. При роздратуванні нервових волокон медіатори реагують зі специфічним рецептором і забезпечують відповідну фізіологічну функцію: регуляцію сну, пильнування, серцево-судинну діяльність, терморегуляцію тіла. До медіаторів відносяться ацетилхолін, глютамінова і аспарагінова кислоти, гліцин, гістамін, серотонін, норадреналін та інші.

Таким чином, наведені відомості показують, яку велику роль грають амінокислоти в синтезі найважливіших фізіологічно активних сполук в організмі і забезпеченні деяких властивостей харчової сировини і продуктів.

**Ферменти. будова, властивості. Класифікація**

План:

1. Поняття про ферменти.

2. Будова, властивості, механізм дії ферментів.

3. Принцип класифікації та номенклатура ферментів.

Література: [1] с. 107-128.

Обмін речовин в організмі живої істоти можна визначити як сукупність всіх хімічних перетворень, яким піддаються сполуки, що надходять ззовні. Ці перетворення включають всі відомі види хімічних реакцій: міжмолекулярне перенесення функціональних груп, гідролітичне і негідролітичне розщеплювання хімічних зв'язків, внутрішньомолекулярну перебудову та новоутворення хімічних зв'язків і окиснювально-відновні реакції. Такі реакції протікають в організмі з надзвичайно великою швидкістю тільки у присутності каталізаторів. Всі біологічні каталізатори є речовини білкової природи і носять назву ферменти або ензими.

Ферменти не являються компонентами реакцій, а лише прискорюють досягнення рівноваги, збільшуючи швидкість як прямого, так і зворотного перетворення. Прискорення реакції відбувається за рахунок зниження енергії активації того енергетичного бар'єру, який відокремлює один стан системи (початкову хімічну сполуку) від іншого (продукт реакції).

Ферменти прискорюють різні реакції в організмі. Так, достатньо проста з погляду традиційної хімії реакція відщеплення води від вугільної кислоти з утворенням СО2 вимагає участі ферменту, оскільки без нього вона протікає дуже повільно. Ця реакція важлива для регулювання рН крові. Завдяки каталітичній дії ферментів в організмі стає можливим протікання таких реакцій, які без каталізатора протікали б в сотні і тисячі разів повільніше.

1. Вплив на швидкість хімічної реакції: ферменти збільшують швидкість, направленість та послідовність хімічної реакції, але самі при цьому не витрачаються.

Швидкість реакції – це зміна концентрації компонентів реакції в одиницю часу. Якщо вона йде в прямому напрямі, то пропорційна концентрації реагуючих речовин, якщо в зворотному – то пропорційна концентрації продуктів реакції. Відношення швидкостей прямої і зворотної реакцій називається константою рівноваги. Ферменти не можуть змінювати величини константи рівноваги, але стан рівноваги у присутності ферментів настає швидше.

2. Специфічність дії ферментів. У клітинах організму протікає 2-3 тис. реакцій, кожна з яких каталізується певним ферментом. Специфічність дії ферменту – це здатність прискорювати протікання однієї певної реакції, не впливаючи на швидкість інших, навіть дуже схожих.

Розрізняють такі види специфічності:

абсолютну – коли фермент каталізує лише одну певну реакцію (аріназа– розщеплювання аргініну);

відносну – фермент каталізує певний клас реакцій (наприклад, гідролітичне розщеплювання) або реакції за участю певного класу речовин;

стереохімічну – фермент діє на субстрати, що мають тільки визначену просторову конфігурацію, тобто виявляють просторову, оптичну, стереоізомерну специфічность.

Специфічність ферментів обумовлена їх унікальною амінокислотною послідовністю, від якої залежить конформація активного центру, що взаємодіє з компонентами реакції.

Речовина, хімічне перетворення якої каталізується ферментом, носить назву субстрат.

3. Активність ферментів – здатність різною мірою прискорювати швидкість реакції.

Активність залежить в першу чергу від температури. Найбільшу активність той або інший фермент проявляє при оптимальній температурі. Для ферменту живого організму це значення знаходиться в межах (37,0…39,0°С), залежно від виду тварини. При пониженні температури сповільнюється броунівський рух, зменшується швидкість дифузії і, отже, сповільнюється процес утворення комплексу між ферментом і компонентами реакції (субстратами). В разі підвищення температури вище 40…50°С молекула ферменту, яка являється білком, піддається процесу денатурації. При цьому швидкість хімічної реакції помітно падає (рис. 2).

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
|  |

Рис. 2. **Залежність швидкості реакції, яку каталізує фермент організму людини, від температури. Максимальна швидкість відповідає температурі тіла людини**

Активність ферментів залежить також від рН-середовища. Для більшості з них існує певне оптимальне значення рН, при якому їх активність максимальна. Оскільки в клітині містяться сотні ферментів і для кожного з них існують свої межі оптимуму рН-середовища, тому зміна рН – це один з важли-вих чинників регуляції ферментативної активності. Так, в результаті однієї хімічної реакції за участю певного ферменту, рН оптімум якого лежить в межах 7,0…7,2, утворюється продукт, який є кислотою. При цьому значення рН зміщується в область 5,5...6,0, активність ферменту різко знижується, швидкість утворення продукту сповільнюється, але при цьому активізується інший фермент, для якого ці значення рН оптимальні і продукт першої реакції піддається подальшому хімічному перетворенню.

Хімічна природа ферментів. Будова ферментів.

Всі ферменти – це білки з молекулярною масою від 15000 до декількох млн. Да. По хімічній будові розрізняють прості ферменти (складаються тільки з білку) і складні ферменти (мають білкову та небілкову частину або простетичну групу). Білкова частина носить назву – апофермент, а небілкова, якщо вона пов'язана ковалентно з апоферментом, називається кофермент, а якщо зв'язок нековалентний (іонний, водневий) – кофактор. Функції простетичної групи: участь в акті каталізу, здійснення контакту між ферментом і субстратом, стабілізація молекули ферменту в просторі.

В ролі кофактора звичайно виступають неорганічні речовини – іони цинку, міді, калію, магнію, кальцію, заліза, молібдену.

Коферменти можна розглядати як складову частину молекули ферменту. Це органічні речовини, серед яких розрізняють: нуклеотиди(АТФ, УМФ та ін.), вітаміни або їх похідні (тіамін (В1), рибофлавін (В2), коэнзим А – з пантотенової кислоти (В3) і ін.) і тетрапиррольні коферменти – геми.

В процесі реакції каталізу в контакт з субстратом вступає не вся молекула ферменту, а певна її ділянка, яка називається активним центром. Ця зона молекули не складається з послідовності амінокислот, а формується при скручуванні білкової молекули в третинну структуру. Окремі ділянки амінокислот зближуються між собою, утворюючи певну конфігурацію активного центру. Важлива особливість структури активного центру – його поверхня комплементарна поверхні субстрату, тобто залишки амінокислот цієї зони ферменту здатні вступати в хімічну взаємодію з певними групами субстрату. Можна уявити, що активний центр ферменту співпадає із структурою субстрату як ключ і замок.

У активному центрі розрізняють дві зони: центр зв’язування, відповідальний за приєднання субстрату і каталітичний центр, що відповідає за хімічне перетворення субстрату. До складу каталітичного центру більшості ферментів входять такі амінокислоти, як Сер, Цис, Гис, Тир, Ліз. Складні ферменти в каталітичному центрі мають кофактор або кофермент.

Крім активного центру ряд ферментів забезпечений регуляторним – алостеричним центром. З цією зоною ферменту взаємодіють речовини, що впливають на його каталітичну активність.

**Механізм дії ферментів:**

Реакція каталізу складається з трьох послідовних етапів.

1. Утворення фермент-субстратного комплексу при взаємодії через активний центр.

2. Зв’язування субстрату відбувається в декількох точках активного центру, що приводить до зміни структури субстрату, його деформації за рахунок зміни енергії зв'язків в молекулі. Це друга стадія і називається вона активацією субстрату. При цьому відбувається певна хімічна модифікація субстрату і перетворення його в новий продукт або продукти.

3. В результаті такого перетворення нова речовина (продукт) втрачає здатність утримуватися в активному центрі ферменту і фермент-субстратний, вірніше вже фермент-продуктний комплекс дисоціює (розпадається). На швидкість ферментативних реакцій впливають різні фактори.

Ферментативні регулятори – це речовини, що змінюють швидкість ферментативного каталізу і регулюючі за рахунок цього метаболізм. Серед них розрізняють інгібітори– уповільнювачі швидкісті реакції і активатори– прискорювачі ферментативної реакції.

Залежно від механізму гальмування реакції розрізняють конкурентні і неконкурентні інгібітори. Будова молекули конкурентного інгібітору схожа із структурою субстрату і співпадає з поверхнею активного центру як ключ із замком (або майже співпадає). Ступінь цієї схожості може навіть бути вище, чим з субстратом.

Другий вид інгібіторів – неконкурентні. Вони взаємодіють з ферментом поза активним центром і надлишок субстрату не впливає на їх здатність інгібірування, як у випадку з конкурентними інгібіторами. Ці інгібітори взаємодіють або з певними групами ферменту або, найчастіше, з регуляторним центром, що знижує зв’язуючу здатність активного центру. Власне процес –- це повне або часткове придушення активності ферменту при збереженні його первинної і просторової структури.

Розрізняють також зворотнє і незворотнє інгібірування. Незворотні інгібітори інактивують фермент, утворюючі з його амінокислотами або іншими компонентами структури хімічний зв'язок. Звичайно, це ковалентний зв'язок з| однією з ділянок активного центру. Такий комплекс практично не дисоціює у фізіологічних умовах. У іншому випадку інгібітор порушує конформаційну структуру молекули ферменту, викликаючи його денатурацію.

Дія зворотних інгібіторів може відбуватися при надлишку субстрату або під дією речовин, що змінюють хімічну структуру інгібітору. Конкурентні і неконкурентні інгібітори відносяться в більшості випадків до оборотних.

Крім інгібіторів відомі ще активатори ферментативного каталізу. Вони захищають молекулу ферменту від інактиваційних дій, утворюють із субстратом комплекс, який активніше зв'язується з активним центром ферменту, а також взаємодіючи із ферментом, що має четвертинну структуру, роз'єднують його субодиниці і тим самим відкривають доступ субстрату до активного центру.

Розподіл ферментів в організмі. Ферменти, що беруть участь в синтезі білків, нуклеїнових кислот і ферменти енергетичного обміну присутні у всіх клітинах організму. Але клітини, які виконують спеціальні функції, містять і спеціальні ферменти. Так, клітини острівців Лангерганса в підшлунковій залозі містять ферменти, що каталізують синтез гормонів інсуліну і глюкогону. Ферменти, які властиві тільки клітинам певних органів, називають органоспецифічними: аргіназа і урокіназа – утворюються в печінці, кисла фосфатаза – у простаті. По зміні концентрації таких ферментів в крові судять про наявність патології в даних органах.

У клітині окремі ферменти розподілені по всій цитоплазмі, інші вбудовані в мембрани мітохондрій і ендоплазматичного ретикулума. Такі ферменти утворюють компартменти**,**в яких відбуваються визначені, тісно зв'язані між собою етапи метаболізму.

Багато ферментів утворюються в клітинах і секретуються в анатомічні порожнини в неактивному стані – це проферменти. Часто у вигляді проферментів утворюються протеолітичні ферменти (що розщеплюють білки). Потім під впливом рН або інших ферментів і субстратів відбувається їх хімічна модифікація і активний центр стає доступним для субстратів.

Існують також ізоферменти– ферменти, що відрізняються по молекулярній структурі, але виконують однакову функцію.

Номенклатура і класифікація ферментів. Назва ферменту формується з наступних частин:

1. назва субстрату, з яким він взаємодіє;

2. характеру реакції, що каталізує;

3. найменування класу ферментів (але це необов'язково);

4. суфіксу -аза.

Вже відомо близько 3 тис. ферментів. В даний час прийнята міжнародна класифікація ферментів, в основу якої покладений тип реакції, що каталізує фермент. Виділяють 6 класів, які в свою чергу діляться на ряд підкласів.

1. Оксидоредуктази. Каталізують окиснювально-відновні реакції. Діляться на 17 підкласів. Всі ферменти містять небілкову частину у вигляді гема або похідних вітамінів В2, В5. Субстрат, що піддається окисненню, виступає як донор водню. Дегідрогеназа відщеплює від одного субстрату водень і переносить його на інші субстрати. Коферменти НАД, НАДФ, ФАД, ФАДФ акцептують на собі відщеплений ферментом водень, перетворюючись при цьому на відновлену форму (НАДН2, НАДФН2, ФАДН2, ФАДФН2) і переносять до іншого фермент-субстратного комплексу, де його і віддають.

2. Трансферази – каталізують перенесення різних радикалів від молекули донора до молекули акцептору.

3. Гідролази – каталізують реакції гідролізу, тобто розщеплювання речовин з приєднанням по місцю розриву зв'язку води. До цього класу відносяться, переважно, травні ферменти. Вони однокомпонентні (не містять небілкової частини)

4. Ліази– каталізують реакції розщеплювання молекул без приєднання води. Ці ферменти мають небілкову частину у вигляді тіамінпірофосфату (В1) і пірідоксальфосфату (В6).

5. Ізомерази– каталізують реакції ізомерізації.

6. Лігази (синтетази)**–**каталізують реакції синтезу складніших речовин із простих. Такі реакції йдуть з витратою енергії АТФ. До назви таких ферментів додають «синтетаза».

Використання ферментів в харчовій промисловості. У харчовій промисловості ферменти використовуються для одержання продуктів із заданими властивостями. При цьому можуть використовуватися мікробні ферменти: ферменти, виділені з деяких органів, наприклад, з печінки, підшлункової залози, шлунка. Більш зручним і ефективним є використання іммобілізованих ферментів.

Іммобілізовані ферменти. Іммобілізація ферментів – це включення об'єкта (ферменту) в ізольовану фазу, що відділена від фази вільного розчину, але здатна обмінюватися з нею молекулами.

Іммобілізовані ферменти одержують шляхом зв'язування з носіями розчинних ферментів або клітин, що володіють ферментативною активністю, тобто роблять сорбцію ферменту на носії і включення в структуру носіїв – гелів.

Іммобілізація наближає умови їхнього функціонування до природного.

Перевага їхнього використання полягає в тому, що їх можна видаляти з реакційного середовища, тобто контролювати хід реакції і багаторазово використовувати ферменти. Використання іммобілізованих ферментів дозволяє проводити кожен процес безупинно, пропускаючи розчини субстратів через реактори з іммобілізованими ферментами.

Іммобілізовані ферменти мають високу каталітичну активність. На неї можна впливати, змінюючі спосіб зв'язування і вид носія. Крім того, продукти реакції не забруднюються кристалічними ферментами.

За допомогою іммобілізованих ферментів одержують амінокислоти, ароматичні кислоти, цукри, органічні розчинники, антибіотики. Також їх використовують для очищення стічних вод і водойомів.

У промисловості застосовують ферменти мікробного походження: протеолітичні, ліполітичні, амілолітичні, гідролази, а також ферменти, що розщеплюють пектини, целюлозу і геміцелюлозу.

**Біологічне окиснення**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

План:

1. Розвиток уявлень про біологічне окиснення.

2. Відмінність біологічного окиснення від окиснення у неживій природі.

3. Ферменти, що каталізують біологічне окиснення.

Література: [1] с. 130-147.

В процесі життєдіяльності організми поглинають з навколишнього середовища енергію в адекватній формі, а потім повертають її еквівалентну кількість, але вже в іншому виді.

Основним носієм енергії є електрон (е-). Одержавши визначену кількість енергії, він збуджується: переходить на більш високий енергетичний рівень. Роблячи зворотний шлях на нижню орбіту, електрон вивільняє таку ж кількість енергії.

Для всіх організмів, що живуть на Землі, основним джерелом енергії служить сонячне випромінювання. Існує дві групи організмів, що розрізняються за способом харчування – аутотрофи і гетеротрофи.

Аутотрофи (зелені рослини) здатні безпосередньо уловлювати сонячну енергію і використовувати її для створення органічних сполук.

Гетеротрофи – це організми, що асимілюють готові органічні речовини, які мають визначений запас потенційної енергії. У процесі їхньої життєдіяльності енергія вивільняється.

Великий художник, вчений і натураліст епохи ренесансу Леонардо Да Вінчі писав: «Життя можливе там, де може горіти вогонь». Іншими словами, процеси життєдіяльності здійснюються тільки при наявності енергії, отриманої при окиснюванні.

У живих організмах енергія, що вивільняється при окиснюванні, запасається, в основному, у виді хімічної енергії, що після використання переходить у теплоту.

При окиснюванні в неживій природі відбувається пряме приєднання кисню:

Такий процес можливий лише в тому випадку, якщо в реакційній суміші міститься речовина, що з'єднується з воднем, який вивільнився. Цю речовину називають акцептором водню, а сполуку, що є джерелом водню, – донором цього елемента. Універсальним акцептором водню виступає кисень повітря.

Загальна умова окиснювання – віддача електрона:

Fe2+ → Fe3+

–e

Процес вивільнення енергії в живому організмі забезпечує усі форми життєдіяльності (у тому числі перетворення речовин їжі в компоненти клітини), а також підтримку організму в стані динамічної рівноваги, незважаючи на постійні зміни умов зовнішнього середовища.

Типовим прикладом окиснювання в неживій природі є горіння. Воно супроводжується значним підвищенням температури. При горінні виділяється величезна кількість енергії, утворюється суміш різноманітних речовин непостійного складу. Характер виділення енергії, що з'являється при горінні, можна порівняти з нищівною силою водоспаду, що падає з високої гори. Якщо розділити його на кілька водоспадів, що падають з невеликої висоти, то кожний з них буде мати менший напір.

У процесі еволюції в живих організмах виробилися механізми перетворення могутнього потоку енергії, що вивільняється при повному окиснюванні харчових речовин, у невеликі порції, що запасаються, приблизно на 50 %, у виді хімічної енергії, використовуваної для процесів синтезу, інші 50% виділяються у виді теплоти.

Встановлено, що універсальним резервом хімічної енергії, що утворюється в процесі окиснювання органічних речовин у клітинах, є аденозинтрифосфат (АТФ). Ця сполука складається з аденіну, рибози і трьох залишків фосфорної кислоти. Вивільнення енергії при окиснюванні органічних речовин, на відміну від горіння, відбувається поступово. При цьому не виникають ті значні перепади температури, що характерні для горіння. Незалежно від окремих етапів окисного розщеплення органічних речовин у кінцевому рахунку утворюються ті ж продукти розпаду (СО2 і Н2О) і виділяється стільки ж енергії.Кисень з повітря надходить в організм через дихальні шляхи в легені і кров, що транспортує його до всіх клітин. Однак кисень у тканинах не приєднується безпосередньо до вихідного джерела енергії – будь то вуглець, амінокислота або жирна кислота. Ці сполуки поступово деградують, втрачаючи водень, електрони, що реагують з киснем.

Таким чином, джерелом енергії в організмі стає реакція між воднем і киснем, у результаті чого утворюється вода.

Оксид вуглецю, що є обов'язковим продуктом окиснювання, відщеплюється тканинними ферментами від кислотних груп – СООН, амінокислот, жирних кислот і ін.

На вивчення шляхів взаємодії органічних речовин і кисню в клітинах були спрямовані зусилля багатьох дослідників, що висували гіпотези, які часом заперечували одна одній. Роль кисню для життя не викликала сумнівів. Задача полягала в тому, щоб з'ясувати, чому кисень повітря не окиснює організм і сам процес окиснювання відбувається тільки в тканинах, а не на шляху до них. Виявилося, що в тканинах відбувається активація кисню, яку потребує цей елемент для швидкої взаємодії з речовинами, що окиснюються (те ж спостерігається і поза організмом).

На рубежі XІX і XX ст. російський вчений А. Н. Бах і незалежно від нього в Німеччині К. Емглер і В. Вілд висунули гіпотезу про утворення пероксидів органічних сполук як початкового етапу біологічного окиснювання. Відповідно до цієї гіпотези молекула кисню переходить в активний стан за рахунок розриву в ній подвійного зв'язку за допомогою "внутрішньої коливальної енергії" самої сполуки, що окиснюється і при участі ферментів-оксидаз.

На початку XX сторіччя склалися дві концепції: біологічного активування кисню і активування водню. Однак протистояння їхніх прихильників продовжувалося недовго. У 1925 р. Д. Кейлін відкрив в аеробних біологічних об'єктах цитохроми, тобто ферменти, що дозволило вченим декількома роками пізніше зв'язати активування кисню і водню воєдино. Цьому сприяло виявлення О.Варбургом (1928 р.) цитохромоксидази, що називають "дихальним ферментом Варбурга". Саме цитохромоксидаза виявилася тим ферментом, що безпосередньо активує водень, а цитохроми – ферментами, що "знімають" електрони у водня і передають їх цитохромоксидазі.

Сучасна теорія біологічного окиснювання об'єднала теорії Баха-Варбурга і Паладіна-Віланда на новому рівні розвитку досліджень цієї наукової проблеми. Отже, біологічне окиснювання – це процес відщіплення атомів водню або електронів від субстрату і передача їх через ряд проміжних етапів на молекулярний кисень. У цьому процесі беруть участь ферменти: пирідинозалежні дегідрогенази (їх коферментну функцію виконує нікотинамідаденіндинуклеотид-НАД або нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат - НАДФ), флавінозалежні дегідрогенази – флавінові ферменти (до складу їхньої простетичної групи входить флавінаденіндинуклеотид – ФАД або флавінаденінфосфат – ФАДФ); цитохроми (містять у якості простетичної групи залізопорфіринову кільцеву систему), а також убіхінон (коензим Q) і білки, що містять негемінове залізо.

Роль окисНювально-відновних ферментів У біологічно-му окисНюванні.

**Пірідинозалежні дегідрогенази**. До цієї групи каталізаторів відносяться складні ферменти, небілковою частиною яких є НАД і НАДФ (рис.3). Останній відрізняється від НАД наявністю ще однієї молекули фосфорної кислоти.

Рис. 3. **Будова никотинамідаденіндинуклеотиду**

У клітинах НАДзалежні дегідрогенази беруть участь переважно в процесах, зв'язаних з переносом електронів від органічних субстратів до кислороду.

НАД містить два залишки азотистих основ, залишки двох рибоз і двох фосфорних кислот. Однією азотистою основою є аденін, другою – амід нікотинової кислоти, якому властива функція вітаміну РР (антипелагричного). З назв азотистих основ і виникла абревіатура НАД.

Акцептором водню в НАД і НАДФ є нікотинамід в окисненій формі. Ці сполуки містять у кільці п’ятивалентний азот. Після відновлення один атом водню приєднується до вуглецю, у результаті чого розривається його подвійний зв'язок із сусіднім атомом. Електрон другого атома водня гасить заряд п’ятивалентного азота і той перетворюється в тривалентний. Приєднання електрону і зниження валентності є відбудовним процесом. Протон, що залишився, переходить у середовище.

Забираючи атоми водню від субстрату, нікотинамід переходить з окисненої форми у відновлену, і з акцептора водня стає його донатором.

**Флавінозалежні ферменти (**флавінові ферменти)**.** Наступним акцептором атомів водня виступає група флавінових ферментів, що здійснюють його перенос (електронів і протонів) від відновленої форми НАД (НАДН2) до цитохромів. До флавінових дегідрогеназ відносяться складні ферменти, небілковою частиною яких є флавінаденіндинуклеотид (ФАД) (рис. 4). На відміну від нікотинамідаденін-динуклеотиду ФАД містить замість аміду нікотинової кислоти залишок вітаміну В2. Він з'єднаний з похідними рибози (рибітолом), двома залишками фосфорної кислоти, рибозою і аденіном.

Рис. 4. **Будова флавінаденіндинуклеотиду**

Гетероциклічне ядро вітаміну В2 є ізоалоксазином. Його сполуки називають флавінами, а білки, з'єднані з флавінами, – флавопротеїнами. До них відноситься фермент, що є дегідрогеназою, що реагує з НАДН2. Отже, цей флавопротеїн, як правило, не вступає в реакцію безпосередньо з органічними сполуками, що окиснюються, тому його називають вторинною дегідрогеназою. Разом з тим, є субстрати, що безпосередньо окиснюються флавопротеїнами. Вони транспортують відщиплені протони і електрони на кисень, і в результаті утворюється не вода, а оксид водню. Під впливом ферменту каталази він розщеплюється на воду і молекулярний кисень.

Крім ФАД, в окиснювально-відновних реакціях бере участь його фосфоролюване похідне – ФАДФ, що містить додатковий залишок фосфорної кислоти, приєднаний до рибози. В усіх цих сполуках вихідними речовинами є вітаміни, що повинні надходити в організм у складі їжі, щоб не порушився фундаментальний процес біологічного окиснювання – основне джерело енергії для процесів життєдіяльності.

Наступним ферментом, який каталізує перенос атомів водню від відновлених флавонуклеотидів, є кофермент Q, або убіхінон, сполука близька до вітаміну К.

Кофермент Q виступає посередником між ФАДН2 і цитохромами. Він являє собою похідне бензохінону з довгим бічним ланцюгом, що складається з 10 ізопреноїдних одиниць.

Відновлена форма флавінових дегідрогеназ у ланцюзі дихальних ферментів передає атоми водню (електрони і протони) до Q. Приєднуючи водень, убіхінон з окисненої форми перетворюється у відновлену.

Подальший перенос електронів від відновленої форми убіхінону на кисень здійснює система цитохромів.

Цитохроми. Цитохроми (від грец. cytos – клітина, chroma – колір) –пігменти, пофарбовані в червоний колір завдяки наявності в їхній молекулі заліза. Встановлено, що в ланцюзі окиснювання ланка цитохромів включається у визначеній послідовності між убіхіноном і киснем.

цит В → цит С1 → цит С → цит А → цит А3

Причому цитохроми В, С1, А1 виконують роль проміжних переносників електронів, а цитохром А3 (цитохромоксидаза) є кінцевим дихальним ферментом, що вступає в безпосередній контакт із киснем. Усі цитохроми мають простетичну гемінову групу, ідентичну гему гемоглобіну.

Цитохроми відрізняються одне від одного не тільки простетичними групами. Розходження у властивостях окремих їхніх видів обумовлено будовою білкової частини. Так, у цитохромах В і С гем прикритий "ширмою" з пептидів, що перешкоджає їхній безпосередній реакції з киснем. У ході каталітичного процесу валентність заліза, що міститься в цитохромах, зворотно міняється (Fe2+ > Fe3+).

Окиснена форма цитохромоксидази (Fe3+) приймає електрони від відновленого цитохрому С, переходячи у відновлену форму (Fe2+), що потім знову окиснюється в Fe3+ молекулярним киснем на етапі цитохрому А3. При цьому утворюється активний кисень, що приєднує два протони з навколишнього середовища, у результаті чого і виникає молекула води.

У такий спосіб цитохроми завершують транспорт електронів від субстрату, що окиснюється, на кисень.

 **Вуглеводи. будова, біологічна роль. Класифікація**

План:

1. Загальна характеристика хімічної природи та біологічної ролі вуглеводів.

2. Класифікація вуглеводів, роль триоз та пентоз у живому організмі.

3. Основні гексози, олігосахариди. Будова, властивості та функції.

4. Будова, властивості та функції полісахаридів.

Література: [1] с. 80-102.

Вуглеводи – біохімічні сполуки, що утворюються в рослинах як первинні продукти фотосинтезу. Їхня назва походить від загальної формули цієї групи речовин – Сn(Н2О)n. У їх склад входять вуглець, водень і кисень (співвідношення атомів водню і кисню в них таке ж, як у воді).

По хімічному складу вуглеводи є альдегідами і кетонами багатоатомних спиртів, з яких вони утворюються при окисненні первинної або вторинної спиртової групи.

У рослинах вуглеводи становлять 80…90 % маси, причому в різних час-тинах вміст їх різний. Так, у зелених частинах рослин він становить 2,5…6 %, у бульбах картоплі і коренеплодах – 10…20 %, у зернах злаків – до 70 %.

У складі організму людини і тварин вуглеводи присутні в меншій кількості, ніж білки та ліпіди і становлять приблизно 2 % від маси сухих речовин.

Однак для людини їхнє значення дуже велике. Про це свідчать різноманітні функції, які виконують вуглеводи.

Енергетична функція. Вуглеводи на 60 % забезпечують організм енергією. При окиснюванні 1 г вуглеводів виділяється близько 4 ккал енергії.

Пластична функція. Вуглеводи беруть участь у синтезі багатьох речовин, необхідних для життєдіяльності організму, таких, як нуклеопротеїди, липоїди, складні ферменти, мукополісахариди та ін.

Функція поживних речовин. Вуглеводи мають здатність відкладатися в організмі у вигляді глікогену – запасного вуглеводу, що витрачається в міру необхідності. Глікоген, в основному, зосереджений у печінці і м'язах. При повноцінному харчуванні в печінці може накопичуватися до 10 % глікогену від маси печінки, у м'язах – до 2 %. При голодуванні запаси глікогену знижуються до 0,2 %.

Захисна функція. Густі секрети (слизи), виділювані різними залозами, багаті на мукополісахариди. Вони охороняють стінки порожніх органів від механічних ушкоджень, а також від проникнення патогенних бактерій і вірусів.

Регуляторна функція. Представник вуглеводів – клітковина має грубу структуру. Потрапляючи з їжею в шлунково-кишковий тракт, вона викликає механічне роздратування стінок шлунка і кишечнику, підвищує їхню активність і сприяє спорожнюванню.

Специфічна функція. Окремі представники вуглеводів виконують особливі функції в організмі, наприклад, беруть участь у проведенні нервових імпульсів, утворенні антитіл, забезпеченні специфічності груп крові, нормальної діяльності центральної нервової системи.

За сучасною класифікацією вуглеводи підрозділяються на три основні групи залежно від їхнього складу, структури й властивостей: моносахариди, олігосахариди і полісахариди.

Моносахариди**.** Вуглеводи цієї групи мають карбонільну групу (альдегідну або кетонну). Вони є похідними багатоатомних спиртів і мають склад CnН2nOn.

Моносахариди відрізняються різним характером будови і просторовим розташуванням функціональних груп. За характером останніх вони підрозділяються на альдози і кетози.

Моносахариди можуть існувати у двох формах: лінійній (ациклічній) з відкритим углеродним ланцюгом і циклічній (кільцевій). Обидві форми перебувають у динамічній рівновазі.

Сполуки, що діють на напівацетальний гідроксил моносахариду, називається агліконом, а продукт реакції – глікозидом. Глікозиди – фізіологічно активні речовини, a- і b-ізомерам моносахаридів відповідають a- і b-глікозиди.

O-глікозиди утворюються при реакції зі спиртами й фенолами (зв'язок здійснюється через кисень); N-глікозиди – глікозидний зв'язок здійснюється через азот з радикалом органічної сполуки, що не є вуглеводом.

Глікозиди відіграють важливу роль в обміні речовин. Вони є продуктами розщеплення нуклеїнових кислот і нуклеопротеїдів (нуклеотиди і нуклеозиди), АТФ, НАД, НАДФ; до них відносяться деякі антибіотики, рослинні пігменти, алкалоїди й ін.

D-глюконова й D-галактонова кислоти утворюються при перетворенні альдегідної групи в положенні С-1 у карбоксильну. Фосфорильована форма D-глюконової кислоти – важливий проміжний продукт вуглеводного обміну. З D-глюкози при окиснюванні шостого углеродного атома утворюється D-глюкуронова кислота, з D-галактози – D-галактуронова кислота.

Уронові кислоти – біологічні сполуки, що входять до складу полісахаридів. Так, D-глюкуронова кислота перебуває в складі полісахаридів сполучної тканини, ксиланів, камедів, глюкопротеїдів крові. У вільному стані вона виконує важливу захисну функцію – взаємодіє з токсичними речовинами, що утворюються в товстому кишечнику з амінокислот; при цьому утворюються ефіри, які виділяються з організму із сечею. Аналогічним чином за допомогою глюкуронової кислоти знешкоджуються і виводяться з організму деякі лікарські речовини. Галактуронова кислота входить до складу пектинових речовин та інших полісахаридів. α-Гулуронова і D-мануронова кислоти містяться в полісахариді бурих водоростей – альгіновій кислоті.

Моносахариди легко гідруються за зв'язком С–О, перетворюючись при цьому в багатоатомні спирти. Так, з D-глюкози і D-фруктози утворюється сорбіт, що застосовується в лікувальному харчуванні як замінник цукру.

Важливою властивістю моносахаридів є їхня здатність етерифікуватися під дією фосфорної кислоти. Фосфорні ефіри цукрів беруть активну участь в обміні речовин.

При заміщенні ОН-групи моносахариду NH2-групою утворюється відповідний аміноцукор. Аміноцукри мають властивості амінів, моносахаридів, а також специфічні властивості. Найбільш важливими є D-глюкозамін й D-гaлактозамін.

Аміноцукри входять до складу мукополісахаридів різного походження, вони є також вуглеводними компонентами різних глікопротеїдів і гліколіпідів.

За числом атомів у ланцюзі моносахаридів розрізняють: біози, тріози, тетрози, пентози, гексози та ін. Найбільше значення в організмі людини і тварин мають тріози, пентози і гексози.

В обміні вуглеводів у тканинах беруть участь дві тріози (гліцериновий альдегід і диоксіацетон), що є продуктами окиснювання відповідних первинних і вторинних спиртових груп триатомного спирту гліцерину. Загальна їхня формула С3Н6О3. Тріози утворюються в організмі у вигляді фосфорних ефірів у реакціях гліколізу, спиртового бродіння, а також із гліцерину, що входить до складу ліпідів.

O

//

C – H CH2OH

| |

C – HOH C = O

| |

CH2OH CH2OH

Гліцериновий альдегід Діоксиацетон

(гліцеральдегід, альдоза) (дегідроацетон, кетоза)

Загальна формула пентоз – С5Н10О5. Вони синтезуються рослинами і входять до складу багатьох сполук організмів тварин. Найбільш важливими є арабіноза, ксилоза, рибоза і дезоксірибоза.

Арабіноза (L і D) міститься в рослинних слизах, пектинових речовинах, геміцелюлозі, гумміарабіці, вишневому клеї та ін.

D-ксилулоза і D-рибулоза утворюються в організмі людини і тварин у пентозофосфатному циклі окиснювання глюкози. Вони беруть участь у біосинтезі нуклеїнових кислот.

D-ксилоза входить до складу рослинних полісахаридів, особливо багато її в деревині, соломі, кукурудзяних качанах, оболонках зерен.

Ця пентоза має солодкий смак, тому її використовують у кондитерській промисловості і при вирощуванні кормових дріжджів. При окиснюванні з неї утворюється ксиланова кислота, а потім триоксіксилолглутарова, використо-вувана в харчовій промисловості як замінник лимонної кислоти. Із ксилози одержують п‘ятиатомний спирт ксиліт, застосовуваний у дієтичному харчуван-ні хворих ожирінням і цукровим діабетом для заміни солодких вуглеводів.

D-рибоза може перебувати в розчинах у циклічній формі:

Рибоза міститься в рибонуклеїнових кислотах, вільних нуклеотидах, деяких коферментах. Фосфорні ефіри рибози утворюються в організмі при окиснюванні глюкози в пентозофосфатному циклі. При відновленні рибози виділяється п‘ятиатомний спирт рибітол, що входить до складу деяких вітамінів (наприклад, вітаміну В2 і коферментів (ФАД).

D-дезоксирибоза є вуглеводним компонентом ДНК і нуклеотидів. Вона може перебувати в ациклічній і циклічній формах.

Загальна формула гексоз – С6Н12О6. Вони зустрічаються у вільному стані та в оліго- і полісахаридах. До них відносяться глюкоза, фруктоза, маноза, галактоза.

a-D-глюкоза (декстроза, виноградний цукор) зустрічається в ациклічній і циклічної формах.

Глюкоза міститься в крові, лімфі, церебральній рідині. Вона широко поширена в продуктах рослинного походження, у великій кількості знаходиться в плодах, насінні, листі і квітах рослин, особливо її багато (17…20 %) у плодах винограду. Глюкоза входить до складу полісахаридів (глікогену, крохмалю, клітковини), дисахаридів (мальтози, сахарози, лактози, целобіози). При окиснюванні первинної спиртової групи із глюкози утворюється глюкуронова кислота, а при відновленні – шестиатомний спирт D-сорбіт. Цю реакцію використовують при промисловому виробництві сорбіту – замінника солодких вуглеводів у харчуванні людей, що страждають на ожиріння та цукровий діабет. Із глюкози одержують також препарати аскорбінової кислоти.

D-фруктоза (левулоза, плодовий цукор) має ациклічну і циклічну форми.

Фруктоза відноситься до солодких вуглеводів: вона в 2,5 рази сладша за глюкозу і в 1,7 рази – за сахарозу. У вільному виді фруктоза зустрічається в плодах, бджолиному меді (45 %); є складовою частиною дисахариду сахарози і полісахариду інуліну.

При нагріванні, дії кислот і лугів фруктоза піддається деструкції з утворенням 5-оксиметилфурфурола. Відновлення фруктози приводить до утворення маніту й сорбіту.

В організмі людини більшу роль грають фосфорні ефіри фруктози, що є проміжними продуктами вуглеводного обміну. Фруктозу використовують у харчуванні хворих цукровим діабетом і людей, що страждають на ожиріння.

D-манноза може перебувати в ациклічній і циклічній формах.

У вільному виді вона рідко зустрічається (наприклад, у шкірці апельсинів) і, звичайно, входить до складу складних вуглеводів – мананів. В організмі людини і тварин міститься в сироватці крові, слині, слизу кишечнику, у суглобній рідині.

D-галактоза (цереброза) зустрічається в ациклічній і циклічній формах.

Ця гексоза є складовою частиною дисахариду лактози і трисахариду рафінози.

Галактоза міститься в ліпідах нервової тканини людини і тварин. Вона є фрагментом полісахариду агар-агару, гумміарабіка, галактанів, слизів, глікозидів.

Під дією ферментів галактоза може перетворюватися в глюкозу. Її використовують як поживне середовище для деяких мікроорганізмів, а також у кондитерській промисловості.

Олігосахариди. У складі молекул олігосахаридів перебуває від 2 до 10 залишків моносахаридів, з'єднаних глікозидними зв'язками. У цю групу входять дисахариди, трисахариди і т.п.

Дисахариди – складні цукри, кожна молекула яких при гідролізі розпадається на дві молекули моносахаридів. Емпірична формула С12Н22О11. Серед дисахаридів найбільше значення мають мальтоза, лактоза, сахароза, целобіоза. Поряд з полісахаридами дисахариди є основними вуглеводами в їжі людини і тварин.

Мальтоза – солодовий цукор – містить два залишки a-D-глюкози. Мальтоза утворюється як проміжний продукт при дії амілаз на крохмаль або глікоген. Наявність вільного напівацетального гідроксилу в другому залишку глюкози, що входить до складу мальтози, дозволяє віднести цей дисахарид до цукрів, що відновлюються.

Сахароза – найбільш важливий і широко розповсюджений дисахарид. Сахароза складається з a-D-глюкози і b-D-фруктози. У зв'язку з відсутністю вільного напівацетального гідроксилу цей дисахарид не має редукуючих властивостей.

Сахарози багато в стеблах, коріннях, бульбах і плодах рослин. У цукровому буряку її накопичується до 24 %, у стеблах очерету – до 20 %. Процес розщеплення сахарози на глюкозу й фруктозу називається інверсією цукру, а гідролізована сахароза – інвертним цукром.

Сахароза піддається спиртовому, кисломолочному і маслянокислому бродінню.

Лактоза – молочний цукор – складається з β-галактози і a-глюкози. Вона міститься в молоці та молочних продуктах.

Лактоза добре засвоюється організмом після розщеплення в тонкому кишечнику під дією ферменту лактази (β-галактозидази). При вродженому або придбаному дефіциті цього ферменту виникає нестерпність організмом молока, що проявляється здуттям кишечнику за рахунок підвищеного газоутворення, порушенням функції кишечнику.

Целобіоза – утворюється при ферментативному гідролізі целюлози під дією ферменту, що синтезується мікроорганізмами, β- целюлази.

Серед природних трисахаридів найбільше значення має рафіноза, що містить фруктозу, глюкозу і галактозу. У значній кількості вона перебуває в цукровому буряку, насінні бавовни, морських водоростях, грибах і інших рослинах. Рафіноза піддається гідролізу під дією сахарази і галактозидази.

Типовим представником тетрасахаридів є стахіоза, що складається із двох залишків галактози, однієї молекули глюкози і однієї – фруктози. У більших кількостях міститься в цибулинах і коріннях деяких рослин, у насінні бобових.

Полісахариди. Це високомолекулярні вуглеводи, що складаються з великого числа моносахаридів. Вони мають гідрофільні властивості і при розчиненні у воді утворюють колоїдні розчини. Полісахариди підрозділяються на гомо- і гетерополісахариди.

Гомополісахариди. До їхнього складу входять моносахариди одного типу. Наприклад, крохмаль і глікоген побудовані тільки з молекул глюкози, інулін – із фруктози.

Найбільш важливими гомополісахаридами є крохмаль, глікоген, клітковина (целюлоза), що складаються із залишків молекул глюкози, а також пектинові речовини. Із залишків молекул фруктози побудований полісахарид інулін, манани – містять залишки молекул манози, галактани – галактози.

Крохмаль являє собою суміш лінійного полісахариду – амілози (10...30 %) і амілопектину (70…90 %), загальна формула яких – (С6Н10О5)n. Цей полісахарид побудований із залишків глюкози, з'єднаних в амілозі і лінійних ланцюгах амілопектину a-1,4-зв'язками, у точках розгалуження амілопектину –міжлан-цюговими a-1,6-зв'язками.



Рис.5**. Будова крохмалю і глікогену**

А – будова амілози; Б – будова амілопектину; В – будова глікогену.

Крохмаль є продуктом фотосинтезу і основною поживною речовиною рослин. Він накопичується у вигляді крохмальних зерен у листі, бульбах, плодах. Великий вміст крохмалю в насіннях пшениці (75…80 %), значно нижче в рисі (30 %), бульбах картоплі (25 %).

Різною є реакція фракцій крохмалю до йоду: амілоза дає в реакції з йодом синє забарвлення, амілопектин – фіолетове. Гідролітичне розщеплення крохмалю відбувається поступово, з утворенням проміжних продуктів – декстринів і мальтози, при повному гідролізі виділяється глюкоза.

Декстрини – уламки молекул крохмалю і глікогену – розчинні речовини, що легко засвоюються організмом людини. Частковий гідроліз крохмалю протікає при варінні продуктів рослинного походження і при хлібопеченні.

Гідроліз крохмалю відбувається поступово:

Процеси декстринізації і оцукрювання крохмалю використовують у харчовій і спиртовій промисловості.

При ферментативному гідролізі крохмалю в травному тракті також утворюються декстрини, частина їх (після вживання їжі, багатої вуглеводами) всмоктується стінками тонкого кишечнику і надходить у кров воротної вени людини. Амілоза гідролізується a-амілазою слини і підшлункової залози. Амілопектин піддається гідролізу a- і b-амілазами.

Глікоген ("тваринний крохмаль") – головний резервний полісахарид людини і вищих тварин. За своєю будовою він близький до амілопектину і складається із залишків глюкози. З йодом глікоген дає червоно-буре забарвлення; при гідролізі розщеплюється на декстрини, мальтозу, потім глюкозу. Глікоген, що міститься в органах і тканинах, являє собою суміш полісахаридів різного ступеня розгалуження і різної молекулярної маси. У найбільшій кількості глікоген присутній у печінці (до 15 % маси), м'язах (2…4%), вміст його в інших органах (головний мозок, серцевий м'яз) невеликий. При недоліку глюкози він швидко розщеплюється і відновлює її нормальний рівень у крові. У клітинах глікоген пов'язаний з білком цитоплазми і частково із внутрішньоклітинними мембранами.

Інулін складається, в основному, із залишків молекул фруктози. Будучи резервним енергетичним матеріалом рослин, інулін накопичується в бульбах земляної груші, жоржини, коріннях кок-сагизу, цикорію. При гідролізі він розщеплюється до фруктози. Інулін солодкий на смак, тому його використо-вують у дієті хворих цукровим діабетом для заміни сахарози і крохмалю.

Целюлоза (клітковина) С6Н10О5 широко поширена в рослинному світі. Вона є основною структурою стінок клітин, обумовлюючи їхню міцність і еластичність. При частковому гідролізі целюлози виділяється дисахарид целобіоза, а при повному гідролізі утворюється D-глюкоза.

Клітковина не переварюється в шлунково-кишковому тракті людини через відсутність у ній a-глюкозидази. Однак вона необхідна для нормального травлення, тому що стимулює рухову активність кишечнику і жовчного міхура, поліпшує просування харчової кашки по травному каналу, підсилює виділення жовчі з жовчного міхура, сприяє формуванню калових мас і виділенню їх з кишечнику.

При недостатньому вмісті клітковини в харчовому раціоні людини розвиваються запори, виникають умови, що сприяють роздратуванню слизової оболонки кишечнику і її запаленню.

При взаємодії клітковини з кислотами і спиртами утворюються різні ефіри. За допомогою цих реакцій одержують целофан, целулоїд, фотоплівку, вибухові речовини. Широке застосування в іонообмінній хроматографії одержали карбоксіметілцелюлоза (Км-целюлоза) і діетиламіноетилцелюлоза (ДЭАЭ-целюлоза), використовувані для розділу амінокислот, білків, нуклеїнових кислот. Крім того, Км-целюлозу використовують у лікувальному харчуванні людей з надмірною вагою для зменшення калорійності їжі.

Структурним полісахаридом є хітин. Він входить до складу нижчих рослин (зокрема, грибів) і безхребетних тварин. Хітин складається із залишків 2-ацетамід-2-дезокси-D-глюкози, зв'язаних між собою a-1,4-зв'язками.

Пектинові речовини – полісахариди рослинного походження. Вони являють собою високомолекулярні сполуки, що перебувають у великій кількості в ягодах, фруктах і овочах. У якості мономерних залишків містять D-галактуронову кислоту.

(ациклічна форма) (циклічна форма)

D-галактуронова кислота

Пектинові речовини неоднорідні і зустрічаються у вигляді протопектину, пектину і пектинової кислоти.

Пектинова кислота являє собою полігалактуронову кислоту. Це лінійний полісахарид із залишків D-галактуронової кислоти.

Пектин є похідним пектинової кислоти, у якої частина карбоксильних груп утворює ефіри з метиловим спиртом, інакше – це складний ефір метилового спирту і пектинової кислоти.

Пектин у чистому вигляді – це білий порошок без смаку і запаху, добре розчинний у воді. У рослинних тканинах 1/4 частина пектинових речовин перебуває у вигляді розчинного пектину, що входить до складу клітинного соку, а 3/4 – представлені нерозчинними у воді протопектинами. Протопектин утворює міжклітинний прошарок у рослинній тканині і обумовлює твердість останньої.

Характерною властивістю багатьох полісахаридів є їхня здатність до гелеутворення у водяних розчинах. Для цього потрібно, щоб лінійні молекули були організовані в пухку просторову сітку, в осередках якої перебуває вода. У гелях пектинів вузли сітки утворюються за рахунок високо метильованих ділянок різних ланцюгів пектинових кислот, які зв'язуються у водяних розчинах гідрофобними взаємодіями, а низько метильовані і тому добре гідратовані ділянки утворюють міжвузлові проміжки. Отже, чим більше метоксильних груп у молекулі пектину, тим більшу желюючу здатність мають ці сполуки. Високою желюючою здатністю відрізняється пектин деяких сортів яблук, апельсинів, айви, чорної смородини. Пектин овочів характеризується низькою здатністю утворювати гелі.

Одержання пектинових гелів у присутності сахарози є основою кондитерських виробництв, таких, як виготовлення варення, конфітюрів, мармеладів, пастили, желе і т.д.

Желююча здатність пектину в присутності цукру збільшується в кислих розчинах. Так, для желювання 750 г кислого розчину цукру досить 1 г пектину.

Процес дозрівання плодів, овочів і ягід, а також їхнє розм'якшення при тепловій кулінарній обробці пов'язані з перетвореннями пектинових речовин. Під час розвитку рослинних тканин в них накопичується нерозчинний протопектин.

При дозріванні і зберіганні плодів і овочів вміст протопектину поступово зменшується і одночасно накопичується розчинний пектин. Цей процес каталізується ферментом протопектиназою. При цьому тканини рослинного матеріалу стають м'якше і ніжніше. Теплова обробка продуктів рослинного походження послабляє зчеплення між клітинами, тому що протопектин перетворюється в пектин і консистенція тканини розм'якшується.

Пектинові речовини відіграють важливу роль у харчуванні: вони сприяють нормальному травленню, тому що стимулюють рухову активність кишечнику, виводять із організму солі важких металів, зв'язують надлишок холестерину, виконують роль протирадіаційних сполук.

Гетерополісахариди складаються з різного виду моносахаридів (глюкози, галактози) і їхніх похідних (аміносахарів, гексуронових кислот). У їхньому складі виявлені і інші речовини: азотисті основи, органічні кислоти. До гетеро- полісахаридів відносять мукополісахариди.

Мукополісахариди являють собою желеподібні липкі речовини. Вони виконують різні функції, у тому числі структурну, захисну, регуляторну. Мукополісахариди становлять основну масу міжклітинної речовини тканин, входять до складу шкіри, хрящів, синовіальної рідини. В організмі мукополісахариди зустрічаються в комплексі з білками (глікопротеїни) і жирами (гліколіпіди). У рослинах вони представлені камедями.

Гіалуронова кислота також є гетерополісахаридом. Вона входить до складу сполучної тканини в якості основного "цементуючого" компонента клітин і міжклітинної речовини. У зв'язку із цим їй належить важлива роль у формуванні бар'єрних функцій організму, що сприяє захисту його від інфекцій, іонізуючої радіації, вона також бере участь в обміні води в організмі. Гіалуронова кислота розпадається під дією специфічного ферменту гіалуронидази, що міститься в тканинах. Це приводить до порушення структури міжклітинної речовини, в його складі виявляються «тріщини» і збільшується проникність для води й інших речовин. Цей фермент перебуває в бджолиній і зміїній отрутах, сперматозоїдах. Гіалуронідазу містять також і деякі бактерії, що полегшує їхнє проникнення в клітину. При ряді захворювань, особливо при променевій хворобі, підсилюється розщеплення гіалуронової кислоти, що послабляє функцію сполучної тканини і підвищує проникність клітинних мембран. Це збільшує імовірність потрапляння мікрофлори в організм.

Хондроітинсірчана кислота – високомолекулярна сполука. Вона входить до складу хрящової і кісткової тканин у вигляді комплексів з білком колагеном і виконує опорні функції. Крім того, хондроітинсірчана кислота бере участь у регуляції процесів проникності клітинних мембран, сприяє відкладенню кальцію в кістках.

Гепарин міститься в печінці, легенях, стінках великих судин. У крові він зв'язується з білками і перешкоджає згортанню крові, виконуючи функцію антикоагулянту. Крім того, гепарин має протизапальну дію, впливає на обмін калію і натрію, виконує антитоксичну функцію.

Геміцелюлози відносяться до гетерополісахаридів, тому що побудовані з різних моносахарів. Геміцелюлози в рослинах супроводжують целюлозу. При їхньому гідролізі утворюється суміш різних моносахаридів (D-галактоза, D-ксилоза, D-арабіноза, уронові кислоти, D-маноза, D-глюкоза).

Використання вУглеводів у харчовій промисловості. Вуглеводи є важливим субстратом переробки рослинної сировини і харчових продуктів, мікробіологічних синтезів.

Так, D-глюкоза (виноградний цукор, декстроза) зброджується пивними, пекарськими і винними дріжджами. У вільній формі глюкоза міститься в ягодах і плодах. Це сировина і одержувані з нього соки використовують на підприємствах виноробної і спиртогорільчаної промисловості як джерело цукру, що зброджується. У зв'язаній формі глюкоза присутня в крохмалі, целюлозі, геміцелюлозі, декстринах, сахарозі, мальтозі, рафінозі та ін.

Для ферментації цих субстратів необхідний їх попередній гідроліз із відщіпленням глюкози.

D-фруктоза (плодовий, фруктовий цукор, левулеза) входить разом із глюкозою до складу бджолиного меду, плодів, фруктів і одержуваних з них соків і вин. Її використовують як субстрат бродіння при готуванні плодово-ягідних вин. У складі сахарози вона міститься в мелясі бурячного і очеретяного цукрів, що є основною сировиною при проведенні ферментативних реакцій у промислових масштабах.

Сахарозу широко застосовують у технології виробництва харчових продуктів і при різних ферментаціях. Цей дисахарид, поряд зі спиртом, – єдиний харчовий продукт, що одержують у великій кількості в чистому виді.

Лактоза міститься в молоці, молочній сироватці, стоках молочних заводів. Частково її використовують для виготовлення кормових дріжджів, а також для одержання молочної кислоти у ферментаційному процесі.

Крохмаль є вихідним субстратом для вироблення ряду важливих продуктів. У результаті нагрівання (вище температури утворення клейстеру) і висушування крохмалю одержують продукти, здатні набухати у воді. Їх використовують як суху суміш для пудингів, кремів, покращувачів тіста в хлібопекарській промисловості.

Пектини мають особливі колоїдно-хімічні властивості, у зв'язку із чим обумовлюють можливість желювання концентрованих (згущених) продуктів

Інулін використають у спиртовому бродінні.

Важливе значення мають глікозиди. Залежно від агліконів, що містяться в них, вони діляться на наступні групи: алкогольглікозиди, флавон- або енолглікозиди, глікозиди синильної кислоти, глікозиди гірчичного масла, азотовмісні глюкозиди і ін. Вони використовуються як підсилювачі аромату.

β-Глікозид-глікованілін – перебуває в плодах ванілі, розщеплюється b-глюкозидазою на ароматичну речовину ванілін і глюкозу. Ванілін застосовують у технології готування ряду харчових продуктів.

Типовим представником флавонглікозидів є кверцитрін, що міститься в листах чаю. У гречці є флавонглікозид – рутин, у шкірці плодів цитрусових - гесперидин. Ці сполуки впливають на проникність капілярів.

Антоціани – барвники крові і плодів. Вони являють собою глікозиди, у яких залишки глюкози, галактози або раменози з'єднані з пофарбованим агліконом із групи антоцианідину.

Антоциани забарвлені в червоний, пурпурний, фіолетовий або синій кольори, які залежать від присутності того чи іншого антоциану.

**Список рекомендованої літератури**.

**Основна література:**

1. Биохимия: Учебное пособие для институтов физической культуры/ Под ред. В.В.Меньшикова, Н.И.Волкова. – М.: Физкультура и спорт. – 1986. – 503 с.
2. Волков Н. И. и др. Биохимия мышечной деятельности. – К.: Олимпийский спорт. – 2000. – 503 с.
3. Михайлов С. С. Спортивная биохимия. – М.: Советский спорт. – 2006. – 260 с.
4. Яковлев Н.Н. Биохимия спорта. – М.: Физкультура и спорт. – 1974. – 288 с.

**Додаткова література:**

1. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія. – К.: Вища школа. – 1995. – 536 с.
2. Буховец С.В. Упражнения по биологической химии: Учебное пособие. – М.: Просвещение. – 1969. – 310 с.
3. Вишневська Л.В. Навчально-методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з біохімії та біохімії спорту (для студентів факультету фізичного виховання та спорту). – Херсон: Видавництво ХДУ. – 2004. – 54 с.
4. Копильчук Г.П., Волощук М.М. Біохімія.–Чернівці: Рута.–2004. – 224 с.
5. Кучеренко Н.Е. Биохимия: Практикум. – К.: Вища школа.–1998.–104 с.
6. Строев Е.А., Макарова В.Г. Практикум по биологической химии: Учебное пособие. – М.: Высшая школа. – 1986. – 174 с.
7. Пустовалова Л.М. Практикум по биохимии – Ростов-на-Дону: Феникс. – 1999. – 544 с.
8. Филиппович Ю.Б. и др. Практикум по общей биохимии: Учебное пособие. – М.: Просвещение. – 1975. – 311 с.
9. 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.
10. Явоненко О.Ф., Яковенко Б.В. Біохімія. – Суми: Університетська книга. – 2002. – 401 с.

ДЛЯ НОТАТОК

\

О.Г. РЕДЬКА

О.Ю. ЧУМАЧЕНКО

**БІОХІМІЯ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ**

Методичний посібник

Формат 60×84 ⅛ Ум. друк. арк. 3

Тираж 100 пр. Зам. 1112-1.

Адреса редакції та видавця:

Видавництво МНУ імені В. О. Сухомлинського

54030, м. Миколаїв, вул. Нікольська, 24

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру

суб’єктів видавничої справи ДК № 3375 від 27.01.2009 р.