***Міністерство науки і освіти України***

***ВСП «Ужгородський торговельно-економічний фаховий коледж***

***Державного торговельно-економічного університету»***

***Конспект***

***лекцій з дисципліни***

***«Біологічна хімія»***

***для студентів спеціальності***

***181 «Харчові технології»***

***Склала викладач: ГаннаЧернобук***

***Конспект розглянутий та ухвалений***

***на засіданні циклової комісії***

***природничо-математичних дисциплін***

***Протокол № 1 від «30»серпня 2022 р.***

***Голова комісії \_\_\_\_\_Ганна ЧЕРНОБУК***

***Ужгород 2022***

**Зміст**

|  |  |
| --- | --- |
| Вступ | 3 |
| Лекція №1. Тема. Основні завдання, методи та напрями біологічної хімії. Склад живої матерії. | 4-9 |
| Лекція № 2. Тема. Вуглеводи, їх хімічний склад, будова, властивості,  біологічна роль в організмі. | 9-18 |
| Лекція №3. Тема. Ліпіди. Їх загальна характеристика, класифікація, основні фізико-хімічні властивості, значення в життєдіяльності організму. | 18-24 |
| Лекція № 4.Тема. Білки. Хімічний склад, будова та властивості білків,  їх біологічне значення. | 25-32 |
| Лекція № 5. Тема. Вітаміни, їх номенклатура, класифікація, біологічна роль в організмі. | 32-35 |
| Лекція № 6.Тема. Ферменти. Структура та властивості ферментів, їх використання. | 35-41 |
| Лекція № 7. Тема. Гормони, їх класифікація, властивості, основні функції в організмі. | 41-47 |
| Лекція № 8. Тема. Загальні уявлення про обмін речовин і енергії. Обмін вуглеводів. Основні етапи вуглеводневого обміну в організмі. | 47-55 |
| Лекція № 9. Тема. Обмін ліпідів. Основні шляхи перетворення ліпідів в організмі. | 55-61 |
| Лекція № 10. Тема. Обмін білків, його особливості. Основні етапи  перетворення білків в організмі. | 62-68 |
| Лекція № 11.Тема. Водно-сольовий обмін. | 68-73 |

**Вступ**

**Біологічна хімія** - це наука про хімічний склад живих організмів, функції і перетворення складових частин організму в процесі його життєдіяльності.

Біологічна хімія як фундаментальна наука є однією з важливих навчальних дисциплін у системі підготовки майбутнього спеціаліста-технолога, формуванні його професійних компетентностей, оскільки створення сучасних високоефективних систем і технологічних процесів харчових виробництв базується на знаннях хімічного складу , властивостей основних поживних речовин та спрямовується на якісну біологічну повноцінність харчового

продукту з однієї сторони і безпеки його споживання- з другої , що неможливе без розуміння закономірностей, хімізму і механізму біохімічних перетворень та біохімічних методів дослідження.

Конспект лекцій з дисципліни "Біологічна хімія" містить 11 тем, у яких висвітлюються фундаментальні основи таких розділів біохімії: статичної, динамічної та фунціональної; інтерпретуються взаємозв‘язки між структурою біоoрганічних сполук, oсобливостями їх метаболізму та фізіологічними функціями в oрганізмі, описуються біохімічні процеси та фізико-хімічні зміни, які відбуваються з основними поживними речовинами у процесі кулінарної обробки.

Курс лекцій має на меті допомогти студентам сформувати системні знання

прo хімічний склад, структурну oрганізацію, властивості, харчову цінність, функції біoорганічних спoлук: білків, ліпідів, вуглеводів та біологічно-активних сполук: вітамінів, ферментів, гормонів; з’ясувати закoномірності обміну речoвин та енергії в організмі на мoлекулярному рівні.

Оволодіння базовими знаннями з предмету сприятиме формуванню у студентів біохімічного мислення, розвитку основних умінь та навичок оцінки метаболічних процесів у живих організмах; дасть змогу майбутнім фахівцям зрозуміти збалансованість білкової, жирової та вуглеводневої частини раціону, мінеральних речовин і вітамінів, виробити принципи раціональногохарчування,поєднати здобуті теоретичні знання з практичними навичками при самостійному вирішенні низки технологічних питань і сучасних проблем харчування.

**Лекція №1**

**Тема. Основні завдання, методи та напрями біологічної хімії.**

**Склад живої матерії.**

**План**

1. Біологічна хімія як наука про хімічний склад живих організмів. Основні завдання біохімії, значення дисципліни у підготовці фахівців харчових технологій.
2. Видатні вчені біохіміки. Внесок українських вчених у розвиток світової біохімії.
3. Основні напрями, об’єкти біохімії, методи її досліджень.
4. Хімічний склад живих організмів.

**Рекомендовані джерела:**

1. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія: Навчальний посібник - Київ. “Вища школа”, 1995 -536 с.
2. Павлоцька, Л.Ф. Дуденко, Н,В. та ін. Біологічна хімія: підручник. Суми. Університетська книга, 2019. С.513.
3. files.znu.edu.ua/bank/2010/08/35/2373\_1283166668\_biologicheskaja\_ chimija\_knorre.djvu10.3.

**1**. **Біологічна хімія як наука про хімічний склад живих організмів. Основні завдання біохімії, значення дисципліни у підготовці фахівців харчових технологій.**

**Біологічна хімія** – це наука, що вивчає хімічний склад живих організмів, властивості та хімічні перетворення, що відбуваються в організмах і є основою їх життєдіяльності.

Однією з найважливіших сторін життя є хімічний рух матерії, тому біохімію можна назвати наукою про хімію життя. Біохімія вивчає природу речовин, з яких побудований живий організм, їхні перетворення і закономірності цих перетворень залежно від діяльності органів і тканин, тобто усі хімічні процеси, що відбуваються в живому організмі від моменту надходження в ньому поживних речовин і до утворення кінцевих продуктів. Процеси обміну речовин супроводжуються поглиненням або виділенням енергії. Тому біохімія вивчає не тільки процеси синтезу і розщеплення сполук в організмі, а й пов’язані з ними закономірності обміну енергії.

**Основні завдання біохімії:**

вивчити хімічний склад живих організмів; структуру органічних та мінеральних речовин, з яких вони побудовані; послідовності та взаємозв’язки реакцій хімічних перетворень, характерних для живого, а також способи обміну речовин і енергії в організмі, що мають важливе теоретичне і практичне значення.

**2.Видатні вчені біохіміки. Внесок українських вчених у розвиток світової**

**біохімії.**

Біохімія зародилася в кінці ХVIII ст., а сформувалася як самостійна наука в кінці ХІХ ст., але людству біохімічні процеси були відомі задовго до цього. Становленню біохімії сприяли значні успіхи у вивченні хімічного складу і будови багатьох природних сполук та успіхи фізіології в дослідженні процесів, що відбуваються в живих організмах.

У розвитку біохімії можна виділити чотири періоди:

**І** – донауковий;

**ІІ** – накопичення знань з хімії та хімії живого зокрема;

**ІІІ** – виділення біохімії в самостійну науку;

**ІV**– сучасний період переходу біохімії на субклітинно-молекулярно-квантовий

рівень.

У період з давніх часів до епохи Відродження (ХV ст.) людство емпірично використовувало окремі біохімічні процеси – виноробство, хлібопечення тощо.

Для другого періоду розвитку біохімії характерно накопичення знань з хімії та біохімії (хімії живого) в епоху Відродження і до другої половини ХІХ ст. Це період боротьби двох світоглядів – матеріалістичного та ідеалістичного. У цей час панувала алхімія з ідеєю перетворення «неблагородних металів» на золото за допомогою «філософського каменя». Завдяки цьому було відкрито хімічні елементи, стала зрозумілою будова ряду солей, було описано тип реакцій; з’явилася зневіра в ідеалістичній ідеї, що проклали шлях до матеріалістичного тлумачення хімічних процесів. Так, ятрохімія, одна з гілок алхімії, вивчала вплив хімічних елементів на життя і здоров’я людини. Хімія лікарська, прихильники якої стверджували, що життєдіяльність людського організму можна зрозуміти тільки з позиції хімії і лікування багатьох хвороб можливе різними природними і штучно створеними хімічними речовинами. Це вивело ятрохімію (алхімію) на матеріалістичний шлях її розвитку.

Розвитку біохімії сприяли дослідження як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Систематична і наполеглива їх робота дала змогу піднести і поставити біохімію в один ряд з найважливішими природничими науками.

У розвитку матеріалістичного світогляду в хімії можна відзначити заслуги таких вчених:

*Л.В. Ломоносов* (1711-1765) – відкрив закон збереження маси речовини.

*К.Шеєле* (1742-1786) – вивчав хімічний склад тваринних і рослинних організмів.

*Ю.Лібіх* (1803-1873)– розробив методи кількісного хімічного аналізу і застосував їх для дослідження біологічних об’єктів. Розробив теорію мінерального живлення рослин.

*Ю.Лібіх* та *І.Я. Берцеліус* (1779-1848) – довели, що до складу речовин, виділених з організмів, входить вуглець.

*О.М. Бутлеров* (1828-1886) – створив теорію хімічної будови, яка лежить в основі сучасної органічної хімії, за якою властивості хімічної сполуки залежать від кількості та виду атомів, з яких складається молекула, і характеру їх сполучення та взаємного впливу. Ще ряд вчених виділили конкретні сполуки з організмів.

***О.Я. Данилевський (1838-1923****),* один з основоположників вітчизняної біохімії, вперше синтезував білкоподібні речовини (пластеїни) з продуктів розщеплення білків за допомогою ферментів.

ІІІ період розвитку біохімії розпочався з другої половини ХІХ ст., коли поглибились біохімічні дослідження, стали більшими можливості використання результатів біохімічної науки. Швидко йде нагромадження синтетичних органічних сполук – близько 100 тис. природних і штучних. Розпочато вивчення метаболізму та його каталізу ферментами.

До особливостей біохімії ІІІ періоду слід назвати формування окремих напрямів сучасної біохімії – біохімія тварин і людини, біохімія рослин, мікроорганізмів і вірусів. Інтенсивно розвивалась медична і клінічна біохімія, еволюційна і порівняльна біохімія. Розпочато диференціювання біохімії на окремі галузі: вітамінологію; ензимологію (ферментологію), біохімію гормонів, окремих систем і органів тощо.

Так, вчений М.І. Лунін (1853-1937) відкрив деякі вітаміни.

І.П. Павлов (1849-1936) довів важливу роль ферментів для засвоєння речовин організмом.

ІV період розвитку біохімії розпочався з 40-50 років ХХ ст. Для нього характерне широке використання в біохімії фізико-хімічних та математичних методів дослідження.

У сучасній біохімії широко використовують такі **методи досліджень:**

* гістохімічні;
* фізіологічні;
* диференційованого виділення клітин;
* субклітинних структур, мембран;
* фізико-хімічні методи – хроматографії, фотометрії, спектрофотометрії, спектрографії, адсорбції ;
* фізичні – центрифугування, суперцентрифугування, мас-спектрометрії, полярографії.

Застосовуються радіоізотопні методи, імунобіологічні та багато інших.

Для ІV періоду розвитку біохімії також характерно вивчення основних життєвих процесів – молекулярних основ зберігання і передачі генетичної (спадкової) інформації та її реалізації в процесах біосинтезу нуклеїнових кислот і білків. Розшифрування структури індивідуальних білків, біомембран, зародки генної інженерії тощо.

Значних успіхів у своєму розвитку біохімія досягла за останні десятиріччя. За цей час зроблено такі важливі відкриття, як розшифрування будови білків, нуклеїнових кислот та механізму біосинтезу цих сполук, а також з’ясування шляхів збереження і передачі генетичної інформації, вияснення біохімічних основ центральної нервової системи, встановлення основних положень і механізму трансформації енергії в біологічних системах, структури мітохондрій, рибосом, клітинних мембран тощо.

Так:

*Ф. Сенгер* розшифрував послідовність амінокислот в інсуліні;

*О.С. Спіри* і *П.Доті* встановили вторинну та третинну структури р РНК;

*О.О. Браунштейн* відкрив закони переамінування.

**3.Основні напрями, об’єкти біохімії, методи її досліджень.**

У процесі становлення і розвитку біохімії, як окремої галузі науки, виникли і успішно розвиваються **основні її напрями:**

**статична біохімія** вивчає хімічний склад, структуру і властивості сполук, що входять до складу живих організмів;

**динамічна біохімія** досліджує процеси хімічних перетворень сполук і енергії в організмі, що забезпечують життєдіяльність;

**функціональна біохімія** – це розділ біохімії, що вивчає особливості хімічного складу, будови і обміну речовин та енергії при різних функціональних станах організму.

Залежно **від об’єкту досліджень** розрізняють біохімію людини (медична біохімія), тварин, рослин, мікробів, вірусів та загальну біохімію, яка вивчає і перетворення речовин для живої матерії в цілому.

**За напрямом вивчення** біохімію поділяють на:

**технічну біохімію –** це хімія виноробства, хлібовипікання, м’ясного і молочного виробництва, виробництва чаю, тютюну та ін.;

**медичну біохімію** – вивчає обмін речовин та енергії у хворому організмі порівняно із здоровим;

**еволюційну біохімію** – розкриває еволюцію (розвиток) біохімічних перетворень в організмах, які забезпечують життєдіяльність на різних етапах філогенезу;

**радіаційну і космічну біохімію**– вивчає вплив радіоактивних сполук та космічного простору на живі організми.

**У залежності від тканин і органів вивчення** біохімію класифікують на:

біохімію м’язів, міокарда, ЦНС, серцево-судинної системи, печінки та інших тканин і органів у зв’язку з їх функціями (фізіологією) у здорової і хворої людини та в тварин. Сюди ж відноситься біохімія крові, ліквору, молока, сечі тощо.

Біохімія тісно пов’язана з хімією неорганічних та, здебільшого органічних сполук, фізичною хімією, фізіологією тварин і рослин, анатомією, гістологією, цитологією, фізикою, математикою.

На основі досягнень біохімії розвиваються напрями біології, медицини та інших наук: біоорганічна, біонеорганічна та фізична хімія, імунологія, ензимологія, мембранологія, генетика та на основі їх інтеграції – молекулярна біологія та медицина. Однак дані напрями не є самостійними науками. Кожен з цих напрямів потребує глибоких знань основ структури і функцій окремих атомів, молекул, надмолекулярних утворень. Усі вони разом є фундаментом (базою) для розуміння, вирішення теоретичних і практичних завдань проявів живого. Тому вони складають одне ціле.

**Уявлення про клітину як основну структурну одиницю організму.**

Для всіх живих організмів характерна наявність певної структури, знання якої має важливе значення для розуміння біохімічних процесів, що відбуваються в них. Це уявлення про клітину як основну структурну одиницю організму, яка включає різні види мембран, органел тощо. Важливим є і розуміння основних етапів утворення живих систем.

Живі організми характеризуються певними закономірностями обміну та особливостями структури й функцій, що виникли в процесі тривалого розвитку – від простих молекул до високоорганізованих, спеціалізованих і впорядкованих систем.

Російський учений О.І. Опарін у 1924 р. розробив теорію походження життя на Землі, яка була підтримана вченими різних країн світу і нині є найбільш науково обґрунтованою. Згідно з цією теорією виникнення життя на Землі є невід’ємною складовою частиною загального еволюційного розвитку матеріального світу. Це тривалий однобічно спрямований процес поступового ускладнення органічних сполук та відповідних цілісних сполук, які з них сформувалися, і перебувають у постійній взаємодії з навколишнім середовищем.

Віра в акт створення життя – це тільки віра, і вона не потребує ні наукових доказів, ані експериментальних підтверджень. Більше того, наукові докази заро-дження, розвитку й еволюції життя на Землі, часто отримані богословами (настоятель собору Мендель – відкриття генів; священик Ч. Дарвін – еволюційне вчення), руйнували ідеалістичні твердження і прокладали шлях матеріалістичному вченню.

Сучасні наукові дані, підтверджені експериментами, дають можливість і право стверджувати - життя зародилось і розвивалось до самих високих форм його проявів на Землі: від абіотичних органічної матерії через протоклітинні форми до еукаріотичних клітин, їх колоній, багатоклітинних організмів. У процесі еволюції виникла людина і розвивалась до сучасної розумної людини.

**4.Хімічний склад живих організмів.**

Хімічний склад живих організмів – важлива характеристика, яка вивчає структурні особливості, будову і функції їх на субклітинному, клітинному і організменному рівнях.

Усі живі організми – від бактерій до вищих тварин і людини – складаються з одних і тих самих хімічних сполук - органічних і неорганічних, причому приблизно в однакових співвідношеннях.

До складу організмів входять майже всі хімічні елементи періодичної таблиці Менделєєва. Щоправда, одні – обов’язкові для всіх живих організмів, інші – характерні для окремих видів, ще інші – необов’язкові, випадкові в складі організмів.

Завжди до складу організмів входять такі хімічні елементи: С, Н, О, N, S, P, K, Na, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe, Co, Cu. Рідше зустрічаються Mo, I, F, B, Cl та інші.

Елементарний склад організмів за їх кількістю поділяється на три групи:

- макроелементи (більше 0,001%) - : О, С, Н,K, Ca,Mg, N, S,P, Na, Fе, Cl та інші;

- мікроелементи (від 0,001 до 0,000001%) – Cu, Mn, Co та інші;

- хімічні елементи, яких в організмі ще менше, відносяться до

ультрамікроелементів – Pb, Au, Hg та інші.

Основою молекул білків, нуклеїнових кислот, вуглеводів, ліпідів та всіх інших органічних сполук є елементи О, С, Н, N, S, P – так звані біогенні елементи, поскільки вони є основою молекулярного складу організмів.

Основними хімічними сполуками, що входять до складу всіх живих організмів, є білки, вуглеводи, ліпіди, мінеральні солі, вода. Так, до складу організму людини масою 70 кг входить 21,4% білків (15кг), 1 – вуглеводів (0,7 кг), 10 - ліпідів (7), 10 – мінеральних речовин (7) і 57% води (40 кг).

Вода в організмі знаходиться у вільному та структурованому вигляді. Вода – це основне середовище організму, в якому проходять усі обмінні процеси. У цьому середовищі мінеральні речовини перебувають у вигляді іонів та солей. Це універсальний розчинник (водно-сольовий розчин, у тому числі іонів, колоїдні розчини, емульсія ліпідів). Структурована вода підтримує рН середовища (рН води 7,0), транспортує різні сполуки та іони, регулює теплообмін, осмотичний тиск, ізоіонію тощо.

Для кожного виду клітин, органів і тканин властивий свій хімічний склад, тісно пов’язаний з їх функціями.

**Питання для самоперевірки:**

1.Що вивчає біологічна хімія як наука?

2.Які основні завдання, об’єкти, методи досліджень та напрями біохімії?

3.Назвіть вчених і скажіть, які їх заслуги у розвитку класичної біологічної

хімії. Укажіть найважливіші досягнення та методи дослідження у сучасній

біохімії.

4.Які елементи є основою молекулярного складу організмів?

5.Яке значення має високий вміст елементів нітрогену, оксигену, карбону і

гідрогену в клітині?

6.Порівняйте ознаки, властиві живій і неживій матерії.

7.Як у середньому розподіляється органічний та мінеральний склад в

організмі людини?

**Лекція № 2**

**Тема. Вуглеводи, їх хімічний склад, будова, властивості, біологічна роль**

**в організмі.**

**План**

1. Вуглеводи, їх класифікація, будова, біологічна роль. Розповсюдженість вуглеводів у природі та в харчових продуктах.
2. Особливості будови моносахаридів, їх властивості.
3. Олігосахариди, їх загальна характеристика.
4. Найважливіші представники полісахаридів, їх фізико-хімічні властивості, значення у життєдіяльності організмів.

**Рекомендовані джерела:**

1. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія: Навчальний посібник - Київ. “Вища школа”, 1995 -536 с.
2. Павлоцька, Л.Ф. Дуденко, Н,В. та ін. Біологічна хімія: підручник. Суми. Університетська книга, 2019. С.513.
3. Дуленко Л.В., Горяйнова Ю.А., Полякова А.В. та інші. Харчова хімія.-К: Кондор, 2012.-248 с.
4. files.znu.edu.ua/bank/2010/08/35/2373\_1283166668\_biologicheskaja\_ chimija\_knorre.djvu10.3.
5. **Вуглеводи, їх класифікація, будова, біологічна роль.**

**Розповсюдженість вуглеводів у природі та в харчових продуктах.**

**Вуглеводи** є невід’ємною складовою частиною всіх клітин і тканин живих організмів. В організмі людини і тварин вуглеводи виконують цілий комплекс життєво необхідних функцій:

а) *енергетичну* (створюють депоенергетичний матеріал – глікоген);

б) *структурну* (через рибозу, дезоксирибозу в складі НК і т.д.)

в) *захисну.*

Назва «вуглеводи» виникла тому, що більшість представників цих органічних сполук складається з вуглецю, водню та кисню, а співвідношення атомів вуглецю та кисню в них таке ж саме, як і у воді. Термін «вуглеводи» вперше був запропонований у 1844 р. К.Шмідтом.

Емпірична формула вуглеводів Сn(H2O)n, де n›3. Раціональна назва вуглеводів – гліциди.

Вуглеводи є альдегідами (альдозами) або кетонами (кетозами) багатоатомних спиртів та їх похідних (аміноцукорів, гетерополісхаридів та ін.).

Джерелом вуглеводів на Землі є фотосинтез хлорофілвмісних організмів. Вуглеводи становлять 80% сухої маси рослин.

Хоч назва «вуглеводи» і не повністю відповідає хімічному складу речовин, які до них входять, вона збереглася до нашого часу і стала тривіальною.

Залежно від складу, структури та властивостей **вуглеводи поділяють на три групи:**

**1) моносахариди;**

**2) олігосахариди;**

**3) полісахариди.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вуглеводи Cn(H2O)m** | | |
| **Моносахариди** | **Олігосахариди** | **Полісахариди** |
| Це вуглеводи, що являють собою одну молекулу і не підлягають гідролізу з утворенням більш простих сполук. Загальна формула CnH2nOn (n=3,4,5...10)  Розрізняють:  а) тетрози – С4Н8О4;  б) пентози – С5Н10О5;  в) гексози – С6Н12О6;  г) гептози – С7Н14О7.  д) рідкісні (до 10 С).  Найбільш поширені: пентози: рибоза С5Н10О5, дезоксирибоза С5Н10О4, ксилоза, арабіноза та  гексози: глюкоза С6Н12О6, маноза, галактоза, фруктоза. | Вуглеводи, молекули яких утворюються з 2-6 залишків моносахаридів, які зв’язані між собою глікозидними зв’язками (деколи містять до 10 залишків моносахаридів). Найбільше значення мають дисахариди.  Дисахариди – складні вуглеводи, молекули яких побудовані з двох молекул моносахаридів.  С12Н22О11 –цукроза (сахароза), містить залишки α - D(+) глюкози і β - D(-) фруктози.  Ізомери цукрози: лактоза (у складі молока); мальтоза (продукт неповного гідролізу крохмалю).  Інші поширені дисахариди: трегалоза (грибний цукор), целобіоза –(продукт гідролізу деревини). | Це природні високомолекулярні сполуки, молекули яких складаються з сотень або навіть тисяч залишків моносахаридів, зв’язаних між собою глікозидними зв’язками, що розщеплюються при гідролізі.  (С6Н10О5)n – загальна формула.  Полісахариди ділять на:  1) гомополісахариди: крохмаль, глікоген, целюлоза(містять однакові залишки моносахаридів);  2) гетерополісахариди: гіалуронова кислота, гепарин (містять різні залишки моносахаридів).  Особливості будови зумовлюють відмінність у властивостях полісахаридів. |

**2.Особливості будови моносахаридів, їх властивості.**

Залежно *від кількості атомів С* в їх складі, моносахариди поділяють на:

1. триози (3С);
2. тетрози (4С, С4Н8О4);
3. пентози (5С, С5Н10О5);
4. гексози (6С, С6Н12О6);
5. рідкісні (до 10С).

Залежно *від функціональних груп* моносахариди класифікують на:

1. альдегідоспирти (альдози) – за наявності альдегідогрупи;
2. кетоспирти (кетони) – за наявності кетогрупи;
3. дезоксимоносахариди – за відсутності О в групі ОН і т.д.

Найбільш поширені альдози і кетози, що належать до пентоз (рибоза, дезоксирибоза, ксилоза, арабіноза) і гексоз (глюкоза, маноза, галактоза, фруктоза).

Для моносахаридів характерні кристалічна структура, солодкий смак, розчинність у воді, оптична активність, тобто наявність асиметричних атомів С. Просторова ізомерія моносахаридів пов’язана з асиметричними атомами вуглецю у складі їх молекул.

Загальна кількість стереоізомерів N, якщо в молекулі є nасиметричних С-атомів, виражається формулою N=2. Для позначення конфігурації оптичних ізомерів часто порівнюють їх просторову будову з конфігурацією стандартної оптично-активної сполуки – гліцериновим альдегідом, що має два оптичні ізомери – Д-гліцериновий і L-гліцериновий альдегіди:

О О

С – Н С – Н

Н – С – ОН НО – С – Н

СН2ОН СН2ОН

Д(+) - гліцериновий L(-) -гліцериновий

альдегід альдегід

Моносахариди, в яких ророзміщення водню і гідроксилу біля останнього (найбільш віддаленого від альдегідної чи кетогрупи) асиметричного С-атома таке саме, як у Д(+)-гліцеринового альдегіду, відносять до Д-ряду, а якщо воно таке як у L(-)-гліцеринового альдегіду, то до L-ряду.

Знак обертання – ознака нестійка. Деякі речовини можуть змінювати його залежно від умов поляриметричного вимірювання (температури, розчинника, концентрації), а також у процесі хімічних перетворень. Тому при складанні назв оптичних ізомерів слід зазначити не тільки знак обертання, а й просторову конфігурацію молекул, оскільки вона часто не збігається із знаком обертання.

На Д- та L-форми поділяють моносахариди, що мають два і більше асиметричних атомів С. Наприклад:

****

Д(+)-глюкоз L(-)-глюкоза

У природі поширені в основному д-ізомери моносахаридів, серед яких крім Д(+)-глюкози найчастіше трапляються такі альдо- і кетогексози:

О О О О О

С – Н С – Н СН2ОН С – Н С – Н С – Н

НО – С – Н Н – С – ОН С=О Н – С – ОН НО – С – Н Н – С – ОН

НО – С – Н НО – С – Н НО – С – Н Н – С – ОН Н – С – ОН НО – С – Н

Н – С – ОН НО – С – Н Н – С – ОН Н – С – ОН Н – С – ОН Н – С – ОН

Н – С – ОН Н – С – ОН Н – С – ОН СН2ОН СН2ОН СН2ОН

СН2ОН СН2ОН СН2ОН Д(-) - Д(-) - Д(+) -

Д(+) - Д(+) - Д(-) - рибоза арабіноза ксилоза

маноза галактоза фруктоза

Напрям обертання поляризованого світла не збігається із структурою моносахаридів. Наприклад, Д-глюкоза обертає вправо промінь поляризованого світла, а Д-фруктоза – вліво.

У розчинах моносахариди перебувають одночасно в ациклічній (ланцюговій) і циклічній формах з шестичленним (піронозним) або п’ятичленним (фураноз ним) кільцем. Обидві форми є структурними ізомерами – таутомерами, оскільки перебувають у стані рівноваги:

У циклічному стані моносахариди мають циклічну форму.

Щоб передати просторову конфігурацію моносахаридів, англійський дослідник Н. Хеуорс запропонував для циклічних структур моносахаридів перспективні формули, однак і вони не дають уявлення про розміщення атомів С у площині, про довжини валентних зв’язків та кути між ними, тобто не відображають просторової конструкції моносахаридів. Формули Хеуорса, їх недоліки компенсують формули вуглеводів типу крісла і човна (для гексоз):

4 4 1

5 5 0

0

3 3 2

2

форма крісла 1 форма човна (ванни)

Форма крісла більш стійка, вона в основному характерна для природніх моносахаридів.

**Основні фізико-хімічні властивості моносахаридів**

1) Окиснення моносахаридів.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| О  С – Н  Н – С – ОН  НО – С – Н  Н – С – ОН  Н – С – ОН  СН2ОН  Д-глюкоза | +НОBr → | О  С – ОН  Н – С – ОН  НО – С – Н + НBr  Н – С – ОН  Н – С – ОН  СН2ОН  Д-глюконова кислота |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| О  С – Н  Н – С – ОН  НО – С – Н  Н – С – ОН  Н – С – ОН  СН2ОН  Д-глюкоза | +НNO3→ | О  С – ОН  Н – С – ОН  НО – С – Н + Н2O  Н – С – ОН  Н – С – ОН  СН2ОН  Д-глюконова кислота |

2) Відновлення моносахаридів.

С6Н12О6 + Н2О → С6Н14О6

Д-глюкоза Д-сорбіт (вперше виділений із плодів горобини)

3) Епімеризація моносахаридів.

*Епімери –* це стереоізомери моносахаридів, що відрізняються просторовим розміщенням –Н та –ОН біля асиметричного атома С відносно альдегідної групи, внаслідок чого одні моносахариди перетворюються на інші. Епімеризація моносахаридів здійснюється під впливом слабких основ, а в живих організмах – за участю певних ферментів.

**Способи добування моносахаридів.**

1) Кислотний або ферментативний гідроліз ди- і полісахаридів.

а) С12Н22О11 + Н2О → 2С6Н12О6

дисахарид моносахариди

2) (С6Н10О5)nC6H12O6

полісахарид моносахариди

**Представники моносахаридів, їх поширення у природі.**

У структурних сполуках тетроз не виявлено. Вони є проміжними сполуками в разі окислення вуглеводів у пентодному циклі.

***Пентози*** (С5Н10О5) –синтезуються рослинами і тваринними організмами. Найважливіші представники: арабіноза, ксилоза, ксилулоза, рибу лоза, рибоза, дезоксирибоза.

*Арабіноза*–входить до складу рослинних слизів, пектинових речовин, геміцелюлози, гуміарабіку, вишневого клею, цукрових буряків, є в полісахаридах туберкульозної бацили, в природі трапляються рідко.

*Ксилоза Д(+)* – у скаладі полісахарадив деревини, соломи, кукурудзяних качанів, використовується у кондитерській справі і ін., не засвоюється організмом.

***Гексози (С6Н12О6)*** – глюкоза (виноградний цукор 17-20%), галактоза, маноза, фруктоза (плодовий цукор), кетоза.

*Глюкоза –*обов’язкова складова частина крові людини і тварин, лімфи, церебральної рідини. Вміст глюкози в крові людини 4,4-6,7 ммоль/л. у медицині та ветеринарії використовують 10-, 20-, 40%-ні розчини глюкози для ін’єкцій, також її використовують для отримання аскорбінової кислоти, сорбіту та ін.

*Галактоза* міститься в складних білках- глюкопротеїдах, входить до складу лактози (молочний цукор), ліпідів нервової системи і головного мозку.

*Маноза* у вільному стані зустрічається рідко (у шкурах апельсинів), є в сироватці крові людини і тварин, білках слини, слизу кишок і суглобів.

*Фруктоза* є в солодких плодах, бджолиному меді (~45%), у тканинах і крові людини.

Важливе значення в організмі мають похідні моносахаридів – аміносахариди: нейрамінова і сіалові кислоти.

**3. Олігосахариди, їх загальна характеристика.**

Найбільш розповсюджені у природі олігосахариди це:

***дисахариди*** – цукроза, лактоза (молочний цукор), мальтоза (солодовий цукор), трегалоза (грибний цукор) целобіоза та ін.;

***трисахариди*** – меліцитоза, рафіноза, генціаноза, інші.

Для дисахаридів типу глікозадо-глюкоза характерині всі реакції на альдегідні чи кетонні групи (реакції на моносахариди), які мають відновлювальні властивості, окислюються, можлива кільцево-ланцюгова таутомерія.

Дисахариди типу глікозидо-глюкозидів не дають реакцій на кетонні чи альдегідні групи.

*Цукроза (С12Н22О11)*– буряковий або тростинний цукор, містить залишкиα-Д(+)-глюкози і β-Д(-)-глюкози, фруктози, зв'язок глікозидно-глікозидний.

В промисловості цукрозу добувають переробкою цукрових буряків (містять до 27% цукрози) або цукрової тростини. Розчинний у воді, солодкий за смаком, правоповоротний цукорповертає площину поляризованого променя на 66,50. Після гідролізу утворена глюкоза повертає площину поляризованого променя праворуч на 52,20, а фруктоза – ліворуч на 920, тобто змінюється напрямок оптичної діяльності – інверсія (перевертання). У зв’язку з цим гідролізом сахарозу називають інвертним цукром (сахаром). Під впливом специфічних мікроорганізмів цукроза піддається спиртовому, молочнокислому, маслянокислому та іншим видам бродіння.

*Трегалоза* (грибний цукор) – виявлена в грибах, ріжках, пекарських дріжджах, водоростях, лишайниках, тощо.

*Целобіоза* – це типовий дисахарид, утворюється під час гідролізу деревини (клітковини), притаманні реакції на моносахариди.

*Лактоза* (молочний цукор) є у коров’ячому молоці (4-5,5%), у жіночому (5,5-8%); лактоза погано розчиняється у воді, застосовується у дієтичному харчуванні, у виробництві ліків.

Гідроліз лактози:

С12Н22О11 + Н2О С6Н12О6 + С6Н12О6

Лактоза глюкоза галактоза

*Мальтоза* (солодовий цукор) – продукт неповного гідролізу крохмалю, що відбувається під впливом ферменту амілази, що міститься в солоді. У промисловості використовується мальтозна патока. Патока – це суміш декстринів з глюкозою.

**4. Найважливіші представники полісахаридів, їх фізико-хімічні**

**властивості, значення у життєдіяльності організмів.**

Полісахариди – не солодкі на смак, не розчиняються у воді (целюлоза), або утворюють колоїдні розчини (крохмаль, глікоген); при нагріванні, не плавлячись, розкладаються.

Полісахариди класифікують на:

1. ***гомополісахариди*** – побудовані з однакових залишків моносахаридів;
2. ***гетерополісахариди***– побудовані з різних залишків моносахаридів.

До гомо полісахаридів відносять крохмаль, глікоген, клітковину, що складаються із залишків глюкози; інулін – побудований із залишків фруктози, інші.

Найбільш розповсюджені гетеро полісахариди – гіалуронова і хондроїтинсірчана кислоти, гепарин та інші.

Гомополісахариди відіграють структурну роль у рослин, гетерополісахариди – у тварин, мікроорганізмів.Полісахариди – це енергетичний і запасний матеріал; їм властиві також каталітична, імунологічна т деякі інші функції за рахунок глюкопротеїдів.

Найважливішими серед полісахаридів є крохмаль, глікоген, целюлоза, що складаються із залишків Д(+)-глюкози і відповідають загальній формулі (С6Н10О5)n.

*Крохмаль* ((С6Н10О5)n) – складається із залишків Д-глюкози, зв’язаних між собою глікозидними зв’язками, і містить два полісахариди – амілозу (25%) та амілопектин (75%). Крохмаль – біла аморфна речовина. У гарячій воді набрякає і поступово розчиняється з утворенням колоїдного розчину, який при охолодженні перетворюється на клейстер. З розчином йоду дає темно-синє забарвлення. Крохмаль – це продукт фотосинтезу, запасний матеріал рослинних організмів – листя, зерен злаків, бульб картоплі, коренеплодів, тощо; широко використовується в харчовій, текстильній промисловості, у медицині.

*Амілоза* має довгі нерозгалужені (або дуже мало розгалужені) ланцюги; молекулярна маса – 32000-126000, добре розчинна у воді, йодом забарвлюється в синій колір.

*Амілопектин* має дуже розгалужені зв’язки, молекулярна маса – 100000-1млн., містить до 0,25% фосфору, нерозчинний у воді (утворює клейстер), йодом забарвлюється у фіолетовий колів.

Гідроліз крохмалю проходить за такою схемою:

(С6Н10О5)n (С6Н10О5)хn/2С12Н22О11nС6Н12О6.

Крохмаль декстрини мальтоза Д-глюкоза

*Декстрини* – це полісахариди з меншою молекулярною масою, ніж у крохмалю, добре розчиняються у воді, мають відновні властивості, і дають забарвлення з розчином йоду.

*Глікоген* (тваринний крохмаль) – побудований із залишків глюкози, його формула (С6Н10О5)n, в організмі людини і тварин відіграє роль резервного полісахариду. Знаходиться в основному в печінці (~15%) та мязах (2-4%), виявлений у грибах, дріжджах, зернах кукурудзи. Глікоген – білий аморфний порошок, добре розчиняється навіть у холодній воді, утворює колоїдні розчини.

*Целюлоза* (клітковина), формула (С6Н10О5)n, побудована із залишків Д(+)-глюкози без розгалужень, молекулярна маса від 500 тис. до 20 млн. Целюлоза – основна структура клітинних стінок рослин, що надає їх міцності та еластичності.

Гідроліз целюлози (кислотний або ферментативний) відбувається з утворенням проміжних сполук і має велике значення у виробництві гідролізного етанолу:

(С6Н10О5)n (С6Н10О5)хn/2С12Н22О11nС6Н12О6.

целюлоза амілоїд целобіоза Д-глюкоза

2С6Н12О62СО2 + 2С2Н5ОН.

Целюлоза майже не виявляє відновних властивостей; застосовується для одержання синтетичних волокон, пластмас та інших речовин.

Широко використовуються в кондитерській, консервній, фармацевтичній промисловості пектинові речовини, які знаходяться в плодах, ягодах та стеблах окремих рослин (наприклад у стеблах льону) у вигляді нерозчиненої комплексної сполуки – протопектину. У процесі дозрівання ягід останній перетворюється на розчинний пектин.

Пектинові речовини – це порівняно невеликі складні полімери (вуглеводи), які складаються в основному із полігалактуронових кислот (пектинові кислоти).

Агар-агар – це високомолекулярний полісахарид, побудований із залишків Д-глюкози та галактози, частково етерифікований сірчаною кислотою. У складі агар-агару виявлено також залишки арабінози та глюкози. Використовується в кондитерській промисловості та в мікробіології для виготовлення середовищ вирощування мікроорганізмів.

Важливу біологічну роль в організмі відіграють гетерополісахариди. Так, гепарин перешкоджає зсіданню крові, знижує кров’яний тиск, бере активну участь в обміні ліпідів та білків, тощо.

Добова потреба дорослої людини у вуглеводах – 500-600 г при середніх фізичних навантаженнях.

**Питання для самоперевірки:**

1. Як поділяються вуглеводи залежно від складу, структури та властивостей?
2. Яка особливість складу властива молекулам вуглеводів? Зобразіть формули найпростіших представників моно-, ди- і полісахаридів.
3. Як широко розповсюджені вуглеводи у природі, харчових продуктах? Назвіть основні джерела вуглеводів для: а) рослини; б) людини.
4. Чи можуть вуглеводи, подібно до білків, виконувати каталітичну функцію?
5. Назвіть біологічні функції та якомога більше ознак кожної речовини з даного переліку: глюкоза, лактоза, цукроза, глікоген, крохмаль, целюлоза, хітин.
6. Що таке амілоза? амілопектин? декстрини? пектинові речовини?
7. Яких змін зазнають вуглеводи у процесі кулінарної обробки харчових продуктів?

**Лекція №3**

**Тема. Ліпіди, їх загальна характеристика, класифікація, основні фізико-хімічні властивості, значення в життєдіяльності організму.**

**План**

1. Будова ліпідів, їх класифікація, значення для живих організмів.
2. Прості ліпіди, їх загальна характеристика. Змінювання жирів у

процесі технологічного виробництва продуктів харчування.

1. Складні ліпіди, їх основні властивості.
2. Жироподібні речовини: фосфатиди, стериди, воски.

**Рекомендовані джерела:**

1. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія: Навчальний посібник - Київ. “Вища школа”, 1995 -536 с.
2. Павлоцька, Л.Ф. Дуденко, Н,В. та ін. Біологічна хімія: підручник. Суми. Університетська книга, 2019. С.513.
3. Павлоцька Л.Ф., Димитрієвич Л.Ф., Божко Н.В. Біологічна хімія: Навчальний посібник / Л.Ф. Павлоцька, Л.Р. Димитрієвич, Н.В. Божко– К.: Університетська книга, 2009. – 379 с.

**1.Будова ліпідів, їх класифікація, значення для живих організмів.**

**Ліпіди** (від грецьк. lipos - жир) - **велика група жирів і жироподібних речовин,** які містяться в усіх живих клітинах.

**Ліпіди** разом з білками і вуглеводами становлять основну масу органічних речовин організму. Вони є не лише джерелом і формою зберігання інформації, але і складовими частинами клітинних оболонок та мембранних систем клітини і беруть участь в їх проникності.

**Ліпіди** – це природні органічні сполуки (жири та жироподібні речовини), об’єднані в клас за їх фізико-хімічними властивостями (нерозчинність у воді, а лише в органічних розчинниках) та будовою. Органічні розчинники – спирти, ефіри, хлороформ, ацетон, бензол та інші.

*Ліпіди є естерами вищих жирних кислот та спиртів або альдегідів.*Молекули ліпідів мають різноманітну будову. Це низькомолекулярні речовини з гідрофобними властивостями, які зумовлені наявністю в їх молекулах залишків жирних кислот, спиртів та альдегідів з різною кількістю атомів С, наявністю ненасичених зв’язків. У багатьох з них є азотисті сполуки, вуглеводи, фосфорна кислота, а в деяких – циклічні сполуки.

*Хімічна будова ліпідів – найважливіша ознака їх класифікації.*

Залежно від хімічної природи, ліпіди поділяють на жири і ліпоїди

(жироподібні речовини).

**Жири** (тригліцериди, нейтральні жири) є основною групою ліпідів. Бувають рослинного та тваринного характеру. Є в живих клітинах і вільні жирні кислоти: пальмітинова, стеаринова, лінолева, рицинолева.

**Ліпоїди** –жироподібні речовини, до якихн алежать фосфатиди, стериди, різні воски і воскоподібні сполуки, а також жиророзчинні сполуки: пігменти (хлорофіли, каротини), вітаміни (А, Д, Е, К).

У різних органах і тканинах вміст ліпідів неоднаковий. Особливо багато їх у нервовій тканині, серці, печінці, нирках, крові, насінні і плодах деяких рослин. 

В окремих клітинах ліпідів дуже мало, всього декілька відсотків, а ось у клітинах підшкірної жирової клітковині ссавців і насінні, наприклад соняшнику, їх вміст досягає 90 %.

***За хімічним складом та фізико-хімічними властивостями*** *ліпіди поділяють на три групи:*

1. **прості;**
2. **складні;**
3. **похідні ліпідів.**

Відомі й інші класифікації ліпідів (нейтральні ліпіди, фосфоліпіди (фосфогліцерини) та сфінголіпіди).

**Прості ліпіди** – це ліпіди, які побудовані із залишків спиртів і вищих жирних кислот. Представники цієї групи:

**а)нейтральні жири (гліцериди);**

**б) стерини;**

**в) воски**.

**Складні ліпіди** у складі молекул крім спиртів і вищих жирних кислот містять фосфорну або сірчану кислоти, азотисті речовини, вуглеводи та деякі інші компоненти. Представники складних ліпідів:

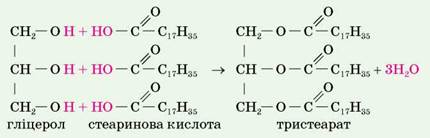
**а) фосфоліпіди;**

**б) гліколіпіди**.

**До групи похідних ліпідів**відносять каротини, окремі жиророзчинні вітаміни, жирні кислоти, вищі спирти та інші.

**2. Прості ліпіди, їх загальна характеристика.**

**Нейтральні жири (гліцериди)** утворюються в результаті етерифікації гліцерину жирними кислотами.



Якщо в гліцерині усі три гідроксильні групи етерифіковані жирними кислотами, то такі сполуки називають *тригліцеридами* (або тригліцеролами), якщо дві групи – *дигліцеридами* (дигліцеролами), якщо одна група – *моногліцеридами* (моногліцеролами):



тригліцерид дигліцерид моногліцерид

Вищі жирні кислоти в жирах представлені головним чином насиченими і ненасиченими ациклічними карбоновими кислотами. В окремих випадках в складі жирів зустрічаються циклічні карбонові кислоти та оксикислоти. Більшість карбонових кислот, що входять до складу жирів, мають парне число вуглецевих атомів.

Насичені жирні кислоти:

СН3 – (СН2)2 – СООН – масляна

СН3 – (СН2)14 – СООН – пальмітинова

СН3 – (СН2)16 – СООН – стеаринова

СН3 – (СН2)18 – СООН – арахінова

СН3 – (СН2)22 – СООН – лігноцеринова.

Ненасичені жирні кислоти:

СН3 – (СН2)7 – СН – СН – (СН2)7 – СООН – олеїнова

СН3 – (СН2)7 – СН – СН – (СН2)13 – СООН – нервонова

СН3 – (СН2)2 – СН – СН – СН – СН2 – СН – СН – СН2ОН – (СН2)7 – СООН -

ліноленова

Жирні кислоти представлені в різних ліпідах – жирах, маслах, восках, складних ліпідах природнього походження. Відомо понад 200 жирних кислот – етерифікованих і вільних, насичених та ненасичених, розгалужених, циклічних, аміновмісних, гідрокси- і оксивмісних та інших.

Жирні кислоти відрізняються між собою температурою плавлення і здатністю розчинятися у воді й органічних розчинниках. Збільшення числа вуглецевих атомів у молекулах насичених жирних кислот супроводжується підвищенням їх температури плавлення. Збільшення числа подвійних зв’язків у молекулах ненасичених жирних кислот призводять до зниження їх температури плавлення. Жирні кислоти з довгим вуглецевим ланцюгом практично нерозчинні у воді.

Деякі ненасичені жирні кислоти не синтезуються в організмі людини і тварин або утворюються в недостатній кількості. Тому їх називають незамінними або ессенціальними. До таких жирних кислот відносять лінолеву, ліноленову, арахідонову, та деякі інші вищі ненасичені жирні кислоти. Основним джерелом поповнення ними організму людини є льняна, конопляна, кукурудзяна та соняшникова олії. Ці рослинні жири містять переважно лінолеву та ліноленову кислоти. Вершкове масло багате на арахідонову кислоту. Нестача ненасичених жирних кислот в організмі зумовлює припинення росту у молодих тварин, викликає захворювання шкіри, порушення обміну речовин, зокрема холестерину, холіну та фосфору.

**Змінювання жирів у процесі технологічного виробництва продуктів харчування.**

Жирні кислоти значною мірою визначають фізичні властивості жирів. Якщо в складі тригліцеридів переважають насичені (тверді) жирні кислоти, то такі жири мають тверду консистенцію і високу температуру плавлення. Якщо в складі тригліцеридів переважають ненасичені жирні кислоти, вони мають низьку температуру плавлення і перебуватимуть у рідкому стані. Так, температура плавлення баранячого жиру 45-540С, говяжого 40-500С, свиного 35-460С, вершкового масла 30-360С; температура замерзання оливкового масла -3(-10)0С, льняного масла -16(-27)0С, соняшникової олії -16(-18)0С. Температура затвердівання жирів на 5-100С нижча від температури їх плавлення.

Фізичні властивості жирів визначають їх застосування в кулінарії та інших галузях господарства. Крім фізичних властивостей жири характеризуються деякими фізико-хімічними константами.

Вміст у жирах ненасичених жирних кислот можна визначити за допомогою *йодного числа.* З підвищенням у жирах кількостіненасичених жирних кислот йодне число збільшуватиметься. Йодне число визначається кількістю грамів йоду, які приєднуються до 100 г жиру.

*Кислотне число* вказує на наявність вільних жирних кислот у жирі.

*Число омилення* визначає загальну кількість кислот як вільних, так і зв’язаних у гліцеридах, які знаходяться в 1 г жиру.

В організмах людини і тварин жири нагромаджуються головним чином в підшкірній жировій клітковині, сальнику, капсулі нирок та інших жирових депо. Це так звані резервні (запасні) жири. Загальна кількість резервних жирів у більшості людей коливається в межах 10-15% від маси тіла. Однак, їх вміст значно змінюється залежно від режиму харчування, інтенсивності роботи, стану організму та інших причин.

**3. Складні ліпіди, їх основні властивості.**

Складні ліпіди відіграють важливе значення в життєдіяльності організму. Вони беруть безпосередню участь у побудові клітинних структур і в біохімічних процесах. У тканинах і органах складні ліпіди містяться в точно визначених кількостях, їх вміст у клітинах не змінюється навіть при голодуванні. Складні ліпіди часто називають ліпоїдами. Вони належать до цитоплазматичних ліпідів.

Найбільш важлива і розповсюджена група складних ліпідів - **фосфоліпіди**.  Їх молекули побудовані із залишків спиртів, високомолекулярних жирних кислот, фосфорної кислоти, азотистих підстав (найчастіше холіну і етаноламіну, амінокислот і деяких інших з'єднань). Фосфоліпіди по своїй структурі подібні з жирами, але в їх молекулі один або два залишки жирних кислот заміщено залишком фосфорної кислоти.

**Фосфоліпіди**- обов'язковий компонент клітин. Разом з білками і вуглеводами фосфоліпіди беруть участь в побудові мембран (перегородок) клітин і субклітинних структур (органел), виконуючи роль несучих конструкцій мембран. Фосфоліпіди, виділені в якості побічних продуктів при отриманні масел, - хороші емульгатори. Вони застосовуються у хлібопекарській і кондитерській промисловостях, при виробництві маргаринової продукції.

До складу простих і складних ліпідів можуть входити **гліколіпіди**, що містять в якості структурних компонентів вуглеводні фрагменти, зазвичай залишки галактози, глюкози, манози.

1. **Жироподібні речовини: фосфатиди, стериди, воски.**

**Стериди –**це складні ефіри поліциклічних спиртів (стиролів або стеринів) і жирних кислот. Стерини містяться в жирах як у зв’язаному, так і у вільному стані. Найбільше значення із тваринних стеринів відіграє *холестерин*, а із рослинних –*ергостерин.*



холестерин

*Холестерин* є ненасиченим одноатомним циклічним спиртом. На зовнішній вигляд – це біла кристалічна речовина, яка розчиняється лише в органічних розчинниках. Із жирними кислотами холестерин утворює складні ефіри – холестерини. В організмах людини і тварин кількість холестерину, яка етерифікована жирними кислотами коливається в межах 10-20%. Більша частина холестерину в організмі існує у вільному стані. Холестерину багато в мозковій речовині, печінці, нирках, особливо високий його вміст у воску овечої шерсті.

Холестерин і його ефіри набрякають у воді і можуть при певних умовах утворювати стійкі емульсії. Підвищений вміст холестерину в крові викликає ряд захворювань – атеросклероз, холецистит.

*Ергостерин* у значній кількості міститься у грибах і дріжджах. Під дією ультрафіолетових променів він переходить у вітамін Д.

Стероли в організмі вищих тварин і людини виконують функції:

- пластично-структурну, входячи до складу мембран, ліпопротеїдів усіх клітин;

- каталітичну – синтезують жовчні кислоти, андрогени, вітаміни групи Д.

Основна кількість стеринів і стеринів утворює в організмі комплекси з білками.

**Воски** – жироподібні речовини рослинного і тваринного походження – це складні ефіри вищих одноатомних спиртів (з 18-30 атомами карбону) і вищих жирних кислот. Воски більш стійкі проти дії світла, окиснювачів, нагрівання, важче піддаються гідролізу. Природні воски, крім складних ефірів, містять певну кількість вільних вищих спиртів і вищих жирних кислот, а також невелику кількість вуглеводів, барвників та пахучих речовин. Загальна кількість цих домішок може досягати 50%.

Воски широко поширені в природі, покриваючи тонким шаром листя, стебла, плоди рослин, оберігаючи їх від змочування водою, висихання, дії мікроорганізмів. Їх вміст у зерні і плодах невеликий. Так, в оболонках насіння соняшнику міститься 0,2 % воску, в сої - 0,01 % , рисі - 0,05 %. До восків тваринного походження відносять: ланолін, спермацет, бджолиний віск.

*Рослинні воски* відіграють важливу захисну роль, покриваючи листя і плоди тонким шаром, запобігаючи цим висихання рослин та проникнення в них мікроорганізмів. Прикладами рослинних восків можуть бути складні ефіри церилового спирту С26Н53ОН і церотинової кислоти С25Н51СООН, мірициловогоспирту С13Н61ОН та пальмітинової кислоти С15Н31СООН:

С25Н51 – СО – О – С26Н53 С15Н31 – СО – О – С31Н61

церилцеротинат мірицилпальмітинат

*Ланолін* – це віск, виділений з овечої вовни. Він є сумішшю ефірів жирних кислот (пальмітинової, стеаринової, ліноленової та інших) і вищих спиртів (цетилового, карнаубового та інших). Це в’язка маса буро-жовтого кольору із слабким специфічним запахом. Ланолін досить стійкий проти дії кислот, лугів, окиснювачів і є основою для виготовлення косметичних кремів і мазей.

*Спермацет –* це складний ефір цетилового спирту і пальмітинової кислоти, який добувають із спермацетового масла, яке є в мозку кашалота:

С16 Н33ОН + С15Н31СООН = С16Н33 – О – СО – С15Н31 + Н2О

цетиловий пальмітинова цетилпальмітин

спирт кислота

*Бджолиний віск –* це складний ефір пальмітинової кислоти і мірицилового спирту – мірицилпальмітин:

С30Н61ОН + С15Н31СООН = С30Н61 – О – СО – С15Н31 + Н2О.

Бджолиний віск (виробляється восковими залозами бджіл) – це тверда жовтувата речовина, нерозчинна у воді і розчинна у жирах, бензині, скипидарі, спирті. До складу бджолиного воску входять також вільні вищі жирні кислоти, насичені вуглеводні та деякі інші речовини.

**Питання для самоперевірки:**

1.Які речовини називають ліпідами?

2.Як побудовані ліпіди? Назвіть представників простих, складних та

похідних ліпідів. Напишіть схеми моно-, ди- і тригліцеридів.

3.Де зосереджені жири в організмах?

4.Проілюструйте прикладами такі твердження:

а) ліпіди регулюють процеси життєдіяльності й теплообмін;

б) ліпіди забезпечують механічний захист деяких органів.

5.Яких фізико-хімічних змін зазнають жири у процесі технологічного

виробництва продуктів харчування?

6.Що таке йодне і кислотне число та число омилення?

7.Охарактеризуйте холестерин, стерини, стерини, воски,

**Лекція № 4**

**Тема: Білки. Хімічний склад, будова та властивості білків,**

**їх біологічне значення.**

**План**

1. Білки. Хімічний склад білків, їх біологічне значення, харчова цінність.
2. Особливості будови амінокислот, що входять до складу білків.
3. Будова та структура білків, їх основні фізико-хімічні властивості.
4. Класифікація білків. Прості та складні білки, їх загальна характеристика.

**Рекомендовані джерела:**

1. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія: Навчальний посібник - Київ. “Вища школа”, 1995 -536 с.
2. Павлоцька, Л.Ф. Дуденко, Н,В. та ін. Біологічна хімія: підручник. Суми. Університетська книга, 2019. С.513.
3. Павлоцька Л.Ф., Димитрієвич Л.Ф., Божко Н.В. Біологічна хімія: Навчальний посібник / Л.Ф. Павлоцька, Л.Р. Димитрієвич, Н.В. Божко– К.: Університетська книга, 2009. – 379 с.
4. Дуленко Л.В., Горяйнова Ю.А., Полякова А.В. та інші. Харчова хімія.-К: Кондор, 2012.-248 с.
5. files.znu.edu.ua/bank/2010/08/35/2373\_1283166668\_biologicheskaja\_ chimija\_knorre.djvu10.3.

**“Всюди, де ми зустрічаємо життя, ми знаходимо,**

**що воно пов’язане з будь-яким білковим тілом,**

**і всюди, де ми зустрічаємо будь-яке білкове тіло,**

**що не перебуває в стані розкладу, ми без винятку**

**зустрічаємо і явище життя...**

**Життя є спосіб існування білкових тіл”**

**(Ф. Енгельс**).

1. **Білки. Хімічний склад білків, їх біологічне значення, харчова цінність.** Ще у 70-х роках минулого століття німецький філософ Ф. Енгельс сформулював найбільш повне значення білків для життєвих процесів. Ці слова актуальні й досі, хоча від сьогодення їх відділяють майже 130 років і за цей час наука, звісно, зробила гігантський крок уперед у вивченні білків.

**Білки** – високомолекулярні органічні сполуки, азотовмісні, нерегулярні біополі мери, побудовані з великої кількості залишків амінокислот, сполучених пептидним та іншими видами зв’язків. Свою назву білки дістали від яєчного білка, що з давніх-давен використовувався як харчовий продукт. Уперше термін “білки” було застосовано за аналогією з яєчним білком французьким фізіологом Ф. Кене в 1747р. Пізніше, в 1838 р., дослідником Н. Мульдером білки були названі протеїнами (від грец. πρωτειον – перший, найважливіший). Нині у літературі використовуються обидва терміни.

Білки є найважливішими в біологічному відношенні і найскладнішими за своєю хімічною структурою сполуками. Вони становлять структурну і функціональну основу всіх живих організмів.

Білки в організмі виконують найрізноманітніші функції.

Так, білок **кератин**, з якого складаються нігті, волосся, пір’я, шкіра, - виконує будівельну функцію;

**пепсин**, який знаходиться в шлунковому соці, здатний руйнувати інші білки

під час травлення;

білок **тромбін** бере участь у зсіданні крові;

**інсулін** (гормон підшлункової залози) регулює обмін глюкози;

**гемоглобін** транспортує кисень до всіх клітин і тканин організму;

**антитіла** білкового походження є в крові і забезпечують імунітет.

**Основні функції білків:**

1. **структурна** ( білки становлять в середньому 18-21% загальної сирої маси організму людини і тварин; 45-50% їх сухої маси);

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Органи і тканини** | **Вміст білків** | **Органи і тканини** | **Вміст білків** | **Органи і тканини** | **Вміст білків** |

Селезінка 84 Серце 60 Шкіра 63

Легені 82 Печінка 57 Кістки 28

М’язи 80 Головний мозок 45 Зуб 24

Нирки 72 Кишки 63 Всього в організмі 45-50

1. **каталітична** ( усі ферменти – біологічні каталізатори; відомо близько 2 тисяч білків-ферментів);
2. **гормональна** ( значна кількість гормонів також є білками або продуктами білкового обміну. Це, зокрема, такі гормони, як інсулін, тетелін, тиреотропін, окситоцин, вазопресин та ін.);
3. **транспортна** ( так гемоглобін здійснює перенесення кисню до тканин, а на зворотньому шляху - вуглекислого газу до легень);
4. **захисна** ( здійснюється в основному за участю білків γ-глобулінів, з якими пов’язані імунні реакції організму. Відомо ряд інших процесів, в яких білки також виконують захисну функцію, наприклад у процесах зсідання крові.);
5. **механічна** ( білки беруть участь у забезпеченні різних форм механічного руху – скороченні і розслабленні м’язів, роботі внутрішніх органів – серця, легень, шлунка і т. д.);
6. **енергетична** ( за рахунок білків організм людини одержує 10-15% енергії).

**Хімічний склад білків:**

карбон (С) – 50 - 55%;

оксиген (О) – 21 - 23%;

гідроген (Н) – 6,5 - 7,3%;

нітроген (N) – 15 - 17%;

сульфур (S) – 0,3 - 2,5%.

До складу деяких білків входять фосфор (Р) – 0,2-2%, йод, залізо, кальцій і багато інших елементів. Найбільш стабільним у білках є вміст азоту (N) - 16% , тому за відношенням азоту у білках визначають вміст білків в організму.

В організмі людини є близько 100 000 білків.

1. **Особливості будови амінокислот,що входять до складу білків.**

Білки – це природні полімери, мономерами яких є амінокислоти. У природі виявлено багато різних амінокислот, проте до складу більшості білків їх входить лише 20. Близько 10 амінокислот зустрічається у білках досить рідко. Подібно до того як з 32 букв алфавіту можна скласти безмежне число слів, так із 20 амінокислот – безліч білків. Зараз відомо ще дві нові амінокислоти:

Н Н

Н2N – С – СООН Н2N – С –СООН

НО – С – СООН Н – С – Н

Н – С – СООН Н – С – СООН

Н СООН

21-амінолимонна 22 –карбоксиаспарагінова

Для вивчення амінокислотного складу білків проводять їх гідроліз ( кислотний, лужний або ферментативний.

У 1820 р. А. Браконно вперше при кислотному гідролізі білка (желатини) виділив амінокислоту – гліцин.

**Усі амінокислоти поділяють на:**

1)**протеїногенні** (входять до складу білків, синтезуються в рослинних організмах);

2) **непротеїнногенні** (входять до складу фізіологічно активних речовин: гормонів, коферментів, антибіотиків або знаходяться в органах та тканинах тварин і рослин у вільному стані).

Усі амінокислоти, які виявлено в складі білка, синтезуються в рослинних організмах. В організмі людини і тварин синтезується лише частина протеїногенних амінокислот, а деякі з них утворюються в недостатній кількості для нормального синтезу білка. У зв’язку з цим усі протеїногенні амінокислоти поділяються на три групи:

1. **незамінні;**
2. **напівнезамінні;**
3. **замінні.**

**Незамінні** амінокислоти – це такі амінокислоти, які в організмі не синтезуються. Тому вони повинні обов’язково поступати в організм ззовні, в основному з їжею.

Біологічна цінність білків визначається вмістом у них незамінних амінокислот. Для організму людини повністю незамінними є вісім амінокислот: **валін, лейцин, ізолейцин, треонін, лізин, метіонін, фенілаланін, триптофан і гістидин** (для дітей).

До **напівнезамінних** належать амінокислоти, які синтезуються в організмі в недостатній кількості. Для організму людини такими кислотами є аргінін, тирозин і гістидин.

**Замінні** амінокислоти синтезуються в організмі з цілого ряду органічних сполук, в тому числі з деяких амінокислот.

Для деяких організмів необхідна більша кількість незамінних амінокислот, ніж вісім. Є певні відхилення і щодо визначення напівнезамінних амінокислот.

**Амінокислоти** – похідні карбонових кислот аліфатичного або ароматичного ряду, в молекулах яких один чи кілька атомів водню заміщені на аміногрупу. Залежно від того, біля якого вуглецевого атома заміщено атом водню, розрізняють α-,β- і γ-амінокислоти.

Усі амінокислоти природних білків єα-амінокислоти. Загальну формулу амінокислот можна записати так:

**R - CH – COOH**

**NH2**

Із продуктів гідролізу білків виділено амінокислоти, які містять групу  **-**NH замість групи -NH2 і дістали назву **імінокислот**.

**Фізичні властивості амінокислот:**

**амінокислоти** – це безбарвні, кристалічні речовини, переважна більшість яких добре розчинна у воді і погано розчинна в органічних розчинниках; усі амінокислоти плавляться при температурі, вищій ніж 2000С, причому деякі з них при нагріванні розкладаються.Амінокислоти є оптично активними сполуками.

**Одержання амінокислот**:

1. **метод амінування галогенопохідних карбонових кислот:**

R – CH – COOH + 2NH3 → R – CH – COOH + NH4Cl;

Cl NH2

**2) ціангідринний метод:**

O

R – C + HCN→R – CH - C≡N NH3 R – CH - C≡N2H2O R – CH – COOH

H - H2O-NH3

ОН NH2 NH2

**3) метод прямого амінування кетокислот:**

R – C–COOH NH3 R – C–COOH H2 R – CH–COOH

Pt Pt

О О NH2

Найбільш рентабельно та економічно вигідно добувати амінокислоти мікробіологічним способом.

1. **Будова та структура білків, їх основні фізико-хімічні властивості.**

Для нативних (природних) білків характерним є наявність нижчих та вищих рівнів структури. Для кожного рівня структури характерні певні види зв’язків, за рахунок яких відбувається надійна стабілізація білкових молекул. Ковалентні зв’язки в молекулі білка можуть бути двох типів – пептидні та дисульфідні. Структура білків є результатом дії таких сил: пептидних зв’язків між - СО – NH-групами амінокислот; дисульфідних зв’язків, які утворюються між залишками амінокислоти цистеїну; водневих зв’язків між киснем карбонільної і воднем імунної груп пептидних угруповань; гідрофобної взаємодії.

Стабілізація структури білкової молекули забезпечується за рахунок ковалентних зв’язків та сил слабкої взаємодії. При цьому в стабілізації кожного виду структури вирішальна роль належить одному із зв’язків, а решта відіграють допоміжну роль.

***Пептидний зв’язок***. Схематично даний процес можна записати так:

NH2 – CH – COOH + NH2  - CH - COOH → NH2  - CH – CO – NH – CH – COOH + H2O

CH3  CH CH3 CH

H3C CH3 H3C CH3

Аланін Валін Дипептид (аланін-валін)

NH2 – CH – CO - NH - CH - COOH + NH2  - CH – COOH

CH3  CH CH2

H3C CH3 SH

Дипептид (аланін-валін) Цистеїн

NH2 – CH – CO - NH - CH – CO- NH - CH – COOH + H2O

CH3 CH CH2

H3C CH3 SH

Трипептид (аланін-валін-цистеїн)

Від конформації білкової молекули залежить її біологічна функція. Фактори, які впливають на природну конформацію білка, призводять до порушення його функції, яку виконує той чи інший білок в організмі.

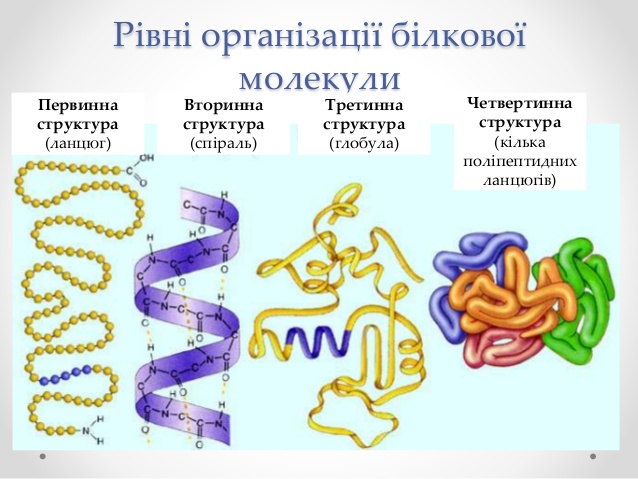
Згідно із сучасними уявленнями, **у білках розрізняють чотири рівні структури** – **первинну, вторинну, третинну і четвертинну** (можливі і вищі...).

**Первинна** структура – це порядок розміщення залишків амінокислот у пептидному ланцюзі, це кількісний і якісний склад білків.

**Вторинна** структура являє собою просторову конфігурацію окремих ділянок поліпептидного ланцюга, його орієнтацію та спосіб укладання в просторі.

**Третинна** структура – це загальна орієнтація в просторі одного або кількох поліпептидних ланцюгів білка з власною вторинною структурою, тобто це просторова компактна упаковка нативних білків.

**Четвертинна (і вищі структури)**- це поняття характерних способів об’єднання й розміщення в просторі окремих поліпептидних ланцюгів, що входять до складу функціонально індивідуальних молекул (мультимірів).



**Основні фізико-хімічні властивості білків**

Білки – це амфотерні поліелектроліти. Для колоїдних розчинів білків характерні всі особливості колоїдів: ефект Тіндаля, опалесценція, наявність гідратаційної оболонки та заряду міцел як факторів стійкості колоїдних розчинів, коагуляція, денатурація і висолювання в ізоелектричному стані, утворення солеподібних сполук з кислотами або лугами, вони мають амфотерні властивості.

**Денатурація білків -** це зміна структури і нативних властивостей, часто з випаданням в осад білків під дією різних фізико-хімічних факторів: йонів важких металів, концентрованих кислот та лугів, високої температури, механічних впливів, їх комбінацій і т. п. У денатурованих білках змінюються вторинні, третинні та вищі структури, а пептидні зв’язки зберігаються.

**Висолювання –** це осадження білків з водних розчинів нейтральними солями (сульфату амонію, сульфату натрію і калію, сірчаного натрію тощо) високих концентрацій.

**Ренатурація** – це повернення денатурованого білка у нативний стан, але при швидкому видаленні денатуруючих агентів. Ренатурація є самовільним процесом, що виникає як наслідок конкретної послідовності залишків АК в пептидному ланцюгу.

1. **Класифікація білків. Прості та складні білки, їх загальна характеристика.**

В основі класифікації білків лежать склад білків (простих і складних), фізико-хімічні властивості, форма молекули, наявність їх у тканинах та організмах. За цими ознаками білки поділяють на дві групи – **прості** (протеїни) і **складні (**протеїди**).**

**Протеїни –** це білки, до складу яких входять лише залишки амінокислот.

**Протеїди** – це складні білки, молекули яких крім залишків амінокислот містять ще інші компоненти – простетичні групи. Протеїни і протеїди, в свою чергу, поділяються на ряд класів, які характеризуються різними фізико-хімічними властивостями.

**До протеїнів належать гістони, протаміни, альбуміни, глобуліни, глутеліни, проламіни, протеноїди.**

Альбуміни та глобуліни широко розповсюджені в клітинах рослинних та тваринних організмів, крові, продуктах харчування тощо. Альбуміни добре розчиняються у воді і сольових розчинах. Глобуліни не розчинні у воді і слабо розчиняються в сольових розчинах.

Глутеліни та проламіни – це прості білки рослинного походження, нерозчинні у воді, але розчиняються розведеними кислотами та лугами. Так, до глутелінів належать білок зерна пшениці – глутенін, кукурудзи – глутелін, рису – оризенін.

**Залежно від хімічної природи простетичної групи складні білки поділяють на: хромопротеїди, нуклеопротеїди, ліпопротеїди, глікопротеїди, фосфопротеїди, металпротеїди, ферментпротеїди, вітамінпротеїди, гормонпротеїди.**

**Наприклад, гемоглобін, хлорофіл належать до хромопротеїдів.**

Залежно від форми, чи конформації, білки поділяють на: **глобулярні та фабрилярні (**кератин, фіброїн, колаген…), а між ними є проміжні форми.

**Питання для самоперевірки:**

1.Дайте визначення білків. Чому білки лежать в основі життєдіяльності

організмів?

2. Охарактеризуйте елементний склад білків та амінокислоти, що входять

до їх складу.

3.Що таке замінні, незамінні й напівзамінні амінокислоти? Наведіть

приклади та запишіть формули відповідних амінокислот.

4.Які існують рівні організації білкової молекули? Чим вони

характеризуються?

4.Як пояснити різноманітність білків? Що лежить в основі класифікації білків?

5.Чим відрізняються складні білки (протеїди) від простих протеїнів?

6.Що таке денатурація, ренатурація та висолювання білків?

7.Чому не можна харчуватися винятково:

а) тваринною їжею? б) рослинною їжею?

**Лекція № 5**

**Тема. Вітаміни, їх номенклатура, класифікація,**

**біологічна роль в організмі.**

**План**

1. Поняття про вітаміни та авітамінози. Основні джерела вітамінів, їх біологічна роль.
2. Класифікація і номенклатура вітамінів.
3. Жиророзчинні вітаміни, їх загальна характеристика.
4. Водорозчинні вітаміни, їх основні властивості.
5. Вітаміноподібні сполуки.

**Рекомендовані джерела:**

1. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія: Навчальний посібник - Київ. “Вища школа”, 1995 -536 с.
2. Павлоцька, Л.Ф. Дуденко, Н,В. та ін. Біологічна хімія: підручник. Суми. Університетська книга, 2019. С.513.
3. Дуленко Л.В., Горяйнова Ю.А., Полякова А.В. та інші. Харчова хімія.-К: Кондор, 2012.-248 с.
4. Швидка Н. П. Біохімія та фізіологія харчування: Опорний конспект лекцій./ Н.П. Швидка. – Д.: ДУЕП, 2007. – 52 с.

**1**.**Поняття про вітаміни та авітамінози. Основні джерела вітамінів, їх**

**біологічна роль.**

**Вітаміни** (лат. vita- життя) – це група низькомолекулярних органічних біологічно активних сполук різної хімічної природи, які синтезуються переважно в рослинних організмах і в невеликих кількостях потрібні для забезпечення нормальної життєдіяльності людини і тварин.

Вітаміни та їхні похідні – незамінні учасники обміну речовин; вони не виконують пластичних та енергетичних функцій, а беруть участь у регуляції метаболізму. З вітамінами пов’язані основні функції організму, діяльність нервової системи, явища росту і розмноження. Вітаміни в організмі не утворюються, вони надходять в організм з рослинними та тваринними продуктами. Деякі вітаміни синтезуються мікрофлорою кишечника з провітамінів – речовин, близьких до вітамінів за хімічною будовою.

Вчення про вітаміни виникло на початку ХХ ст. на основі тривалих спостережень і досліджень причин виникнення ряду захворювань та вивчення ролі окремих факторів у забезпеченні повноцінного харчування. Дослідники стикалися з симптомами вітамінної нестачі, а під час вивчення причин авітамінозів відкривали нові вітаміни, вивчали їхні властивості і структуру.

Так, ще у 80-х роках ХІХ ст. російський вчений лікар М.І. Лунін встановив, що для нормальної життєдіяльності організму крім основних поживних речовин – білків, жирів, вуглеводів та мінеральних солей – потрібні ще якість невідомі на той час речовини. Спостереження М.І Луніна згодом підтвердили російські вчені К.А. Сосін, М.В. Савельєв, В.В. Пашутін, голландський лікар Х. Ейкман та польський вчений К. Функ.

У 1912 р. Казмір Функ виділив із рисових висівок у кристалічному стані речовину, яка в мінімальній дозі запобігала розвитку поліневриту у піддослідних тварин. При визначенні хімічної природи цієї речовини виявилося, що вона містить у своєму складі аміногрупу. Враховуючи велике значення цієї речовини для життя, а також наявність у ній аміногрупи, К. Функ назвав її вітаміном. Відомо багато вітамінів, що не містять у своєму складі аміногрупи, але назва цієї групи речовин залишилася.

Нині вчення про вітаміни – вітамінологія – перетворилося на галузь науки, що має важливе загально біологічне значення. Вітаміни підвищують фізичну і розумову працездатність людини, сприяють стійкості організму до різних захворювань, є важливим засобом профілактики хвороб.

При недостатньому надходженні вітамінів з продуктами харчування розвиваються захворювання, що мають назву гіпо- або авітамінозів, а при нестачі кількох вітамінів - поліавітамінозу. Розрізнять первинні (екзогенні) і вторинні (ендогенні) авітамінози. Авітаміноз проявляється такими загальними рисами: зупинкою росту, розвитку, сонливістю, млявістю, зниженням імунітету тощо. Для конкретного авітамінозу є характерні патологічні прояви (специфічні симптоми). Наприклад, для авітамінозу С характерні (в порядку наростання симптомів) втомлюваність, сонливість, загальна слабкість, безініціативність, кровотеча ясен, розхитування та випадання зубів, зниження опору до інфекцій, смерть від супутнього захворювання.

За недостатності вітамінів розвиваються гіповітамінози з різним проявом їх загальних та специфічних симптомів.

Серед причин гіпо- та авітамінозів слід назвати:

1. високі фізіологічні потреби, що не задовольняються вмістом вітамінів у раціоні (вагітність, годування грудним молоком немовлят, високі фізичні навантаження тощо);
2. недостатнє засвоєння вітамінів в ШКТ (поноси, рвоти, порушення всмоктування – малатсорбції, дія провітамінів тощо) та порушення їх обміну під час багатьох захворювань;
3. порушення внутрішньоклітинного обміну вітамінів (дія антивітамінів, білкове голодування тощо);
4. втрати вітамінів у разі нераціонального збереження, консервування, кулінарної обробки та ін.

За надлишкового вмісту в продуктах харчування жиророзчинних вітамінів або введення великих їх кількостей з лікувальною метою можуть виникнути порушення обміну, що називаються ***гіпервітамінозами****.*

**2. Класифікація і номенклатура вітамінів.**

Тепер відомо близько 30 вітамінів і вітаміноподібних речовин, серед яких 20 використовуються для лікування і профілактики різних захворювань.

Вітаміни разом з основними харчовими компонентами – білками, вуглеводами, жирами, водою та мінеральними речовинами – мають входити до складу їжі (добового раціону) людей і тварин, щоб забезпечити розвиток, ріст і нормальну життєдіяльність.

Раніше вітаміни позначали буквами латинського алфавіту (наприклад А, В, С, D). Тепер коли відомо їх хімічну будову і характер фізіологічної дії на організм, застосовують їх раціональні хімічні назви. Наприклад, вітамін D – анти рахітичний, холекальциферол; вітамін – антискорбутний, аскорбінова кислота; вітамін РР – антипелагричний, нікотинамід, нікотинова кислота і т. д.

Сучасна класифікація і номенклатура вітамінів ґрунтується на результатах хімічного аналізу, розчинності в певних розчинниках та симптомах вітамінної нестачі з урахуванням їх буквених позначень.

**Вітаміни поділяють на дві основні групи:**

**1**) **водорозчинні** (вітаміни розчинні у воді);

**2)** **жиророзчинні** (вітаміни, розчинні в неполярних розчинниках та жирах).

Джерелом водорозчинних вітамінів є в основному продукти рослинного походження, а жиророзчинних – продукти тваринного походження.

Крім вітамінів, згідно з сучасною класифікацією і номенклатурою, виділяють також **групу вітаміноподібних речовин**. Ці сполуки або ж синтезуються в організмі в недостатній кількості, або ж для них характерними є не лише регуляторні, а й пластичні або енергетичні функції. Разом з тим вони біологічно активні і виявляють лікувальних ефект при багатьох захворюваннях.

**3**. **Жиророзчинні вітаміни, їх загальна характеристика.**

До цієї групи вітамінів належать вітаміни, що розчиняються в органічних розчинниках –спирті, ацетоні, бензолі, а також у жирах. Вони у значній кількості нагромаджуються в тканинах тваринних організмів, створюючи своєрідні депо.

**До жиророзчинних вітамінів належать:**

* вітамін А – антиксерофталмічний фактор, ретинол (вітаміни А мають водорозчинні попередники - каротини);
* вітаміни групи Д : Д2 – ергокальциферол, Д3 – холекальциферол (антирахітичні);
* вітаміни Е – токофероли, антистерильні;
* вітаміни К1, К2 – філохінони, антигеморагічні;
* вітаміни групи F – полієнові вищі жирні кислоти, фактор росту.

**4**. **Водорозчинні вітаміни, їх основні властивості.**

До водорозчинних вітамінів належать:

* В1 –тіамін, антиневритний фактор;
* В2 – рибофлавін, фактор росту;
* В3 – пантотенова кислота, антидермітний фактор (фактор росту);
* В5 (вітамін РР) – нікотинова кислота (нікотинамід), антипелагричний фактор;
* В6 – піридоксин (піридоксамін), антидерматичний фактор;
* В12 – ціанкобаламін, антианемічний фактор;
* Вс (В10, В11) – фолієва кислота, антианемічний фактор;
* С – аскорбінова кислота, антискорбутний фактор;
* Р – рутин (цитрин), капілярозміцнюючий;
* Н – біотин, антисеборейний фактор.

Усі водорозчинні вітаміни добре розчиняються у воді і не розчиняються в жирових розчинниках. В організмах людини і тваринах ці вітаміни не депонують, хоч частина їх синтезуються мікрофлорою кишок. Основна біологічна роль їх полягає в тому, що більшість із них входить до складу ферментних систем, виконуючи коферментні функції.

**5**. **Вітаміноподібні сполуки -** це різноманітні хімічні сполуки, що мають вітамінні властивості, але можуть синтезуватися в організмі, що частково забезпечує потреби в них. Іноді вони входять до структурних компонентів тканин та інших біологічно активних сполук (ацетилхоліну, фосфоліпідів тощо).

**До вітаміноподібних речовин належать:**

* В4 – холін, ліпотропний фактор;
* Ліпоєва кислота, фактор окислення пірувату;
* В13 – оротова кислота, фактор росту;
* В7 – інозит, антиалопеційний фактор;
* Вх – *п*-амінобензойна кислота, фактор хромотріхії;
* U – метил метіонін сульфоній-хлорид, антивиразковий фактор.

**Питання для самоперевірки**

1. Які речовини називають вітамінами? Кому належить пріоритет відкриття

вітамінів:?

2.Укажіть основні екзо- та ендогенні фактори, які зумовлюють авітамінози і

поліавітамінози.

3. Назвіть основні джерела водо- та жиророзчинних вітамінів.

4.У чому полягає біологічна роль жиророзчинних, водорозчинних вітамінів та

вітаміноподібних сполук? Які відмінності жиро- та водорозчинних вітамінів?

5. Що таке антивітаміни, противітаміни?

6.Чому при перевезенні та переробці плодів і овочів слід враховувати дію

зовнішніх умов:температури, іонізуючого випромінювання, кислот і лугів?

**Лекція № 6**

**Тема. Ферменти. Структура та властивості ферментів, їх використання.**

**План**

1. Хімічна природа ферментів. Прості та складні ферменти. Поняття про кофактори та коферменти.
2. Загальні уявлення про механізм дії ферментів. Активний центр та активність ферментів, активатори та інгібітори ферментів.
3. Властивості ферментів, їх роль у живих організмах, технологічних процесах.
4. Принципи класифікації та номенклатури ферментів.

**Рекомендовані джерела:**

1. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія: Навчальний посібник - Київ. “Вища школа”, 1995 -536 с.
2. Павлоцька, Л.Ф. Дуденко, Н,В. та ін. Біологічна хімія: підручник. Суми. Університетська книга, 2019. С.513.
3. Дуленко Л.В., Горяйнова Ю.А., Полякова А.В. та інші. Харчова хімія.-К: Кондор, 2012.-248 с.
4. files.znu.edu.ua/bank/2010/08/35/2373\_1283166668\_biologicheskaja\_ chimija\_knorre.djvu10.3.

**«…ці речовини відіграють у житті організмів**

**величезну роль, вони зумовлюють ті хімічні**

**процеси, завдяки яким здійснюється життя»**

**(І.П.Павлов).**

**1.Хімічна природа ферментів. Прості та складні ферменти. Поняття про**

**кофактори та коферменти.**

**Ферменти (ензими) –** це специфічні речовини білкової природи, біологічні каталізатори, що являють собою високоспеціалізовані білки, які синтезуються у клітинах і здатні значною мірою прискорювати перебіг різних хімічних реакцій без будь-якого видимого їх руйнування.

Ферменти зумовлюють і синтез, і розпад речовин в організмі.

**Хімічна природа ферментів:** усі відомі ферменти за хімічною природою є білками. Ферменти, як білки, мають великий розмір молекул, утворюють колоїдні розчини і не проходять через напівпроникні оболонки; є амфотерними електролітами, висолюються розчинами нейтральних солей та інактивуються при нагріванні, розщеплюються протеолітичними ферментами – пепсином і трипепсином.

Доказом того, що ферменти мають білкову природу, було одержання їх у чистому вигляді і виділення у кристалічному стані. Так, у 1926 р. Дж. Самнер уперше виділив кристали уреази.

Пізніше (1933-1931рр.) було виділено у кристалічному стані ферменти – пепсин і трипсин. Тепер одержано більше 400 ферментів у кристалічному стані.

Розрізняють такі

**Групи ферментів:**

**протеїни протеїди**

**(прості ферменти,** які  **(складні ферменти,**

складаються лише з двокомпонентні сполуки)

білка**)**

білок + активна група небілкової природи

(**апофермент**) **(кофактор)**

Ферменти відрізняються по своїй структурі.

**Прості,** або **однокомпонентні,** ферменти складаються тільки із амінокислот. До групи протеїнів відноситься невелика кількість ферментів, переважно гідролітичних (рибонуклеаза, амілаза, альдолаза, уреаза, пепсин, трипсин, трипсиноген…). Більшість простих ферментів каталізують процеси гідролізу; за фізико-хімічними властивостями вони близькі до альбумінів і глобулінів.

Переважна кількість ферментів складається з **двох компонентів**: небілкової частини – **кофактору** і білкової – **апоферменту**. Ці дві частини ферментів окремо не мають сили, а тільки у комплексі одне з іншим вони проявляють каталітичну активність. Небілкова частина підвищує стійкість білкової частини, а остання зумовлює специфічність каталітичної дії ферменту.

Роль кофакторів у ферментах-протеїдах виконують деякі вітаміни та їх похідні, окремі фосфорні ефіри моносахаридів, нуклеотиди, металовмісні комплекси, атоми заліза, міді тощо.

Відповідно до хімічної будови кофактори поділяються на такі групи:

**Кофактори**

**коферменти простетичні активатори**

**групи**

аліфатичного ряду біотин, йони металів –

ароматичного ряду залізопорфіринові магнію, цинку,

гетероциклічні сполуки комплекси марганцю,

нуклеозиди і нуклеотиди кобальту та інших.

Поділ кофакторів на коферменти, простетичні групи, активатори до певної міри умовний.

**Найбільш поширені представники коферментів**

**аліфатичного ароматичного гетероциклічні нуклеозиди і**

**ряду ряду сполуки нуклеотиди**

глутатіон убіхінони піридоксальфосфат нікотинамідні,

ліпоєва кислота піридоксамінфосфат флавінові

коферменти та

інші

**Коферменти** зв’язані з білковою частиною ферменту слабкими електростатичними або вандервальсівськими силами. З’єднання коферменту з білковою частиною підвищує його стійкість проти різних зовнішніх факторів. Коферменти у ферментах-протеїдах виконують роль переносників різних функціональних груп, атомів, електронів і протонів.

**Простетичні групи** з апоферментом зв’язані ковалентним зв’язком, дисоціюють слабко або не дисоціюють.

**Небілкові компоненти ферментів** можуть легко відщеплюватися від білка і виділятися під час діалізу, а можуть бути тісно пов’язані з білками і виділятися тільки при дії факторів, що денатурують білки.

**2.Загальні уявлення про механізм дії ферментів. Активний центр та**

**активність ферментів,активатори та інгібітори ферментів.**

Вивчення механізму дії ферментів є однією з найбільш важливих і складних проблем ензимології. За останні роки досягнуто певних успіхів у її розв’язанні. Сучасні теорії, пояснюючи каталітичну дію ферментів, допускають утворення **фермент-субстратних комплексів,** згідно яких субстрат взаємодіє не з усією молекулою, а лише з окремою його ділянкою, яка називається **активним центром** або **активною зоною ферменту.**

Під **активним центром** розуміють ту частину молекули ферментативного білка, яка сполучається із субстратом(і кофакторами) і зумовлює ферментативні властивості молекули. В активному центрі відрізняють так звану **каталітичну** ділянку, яка безпосередньо взаємодія із субстратом, і **контактну (якірну)** ділянку, яка зумовлює спорідненість до субстрату і формування його комплексу з ферментом. Деякі ферменти мають два і більше активних центри. В активному центрі розрізняють також **субстратний і алостеричнийцентри.** Перший відповідає за приєднання субстрату до ферменту, а другий регулює каталітичну активність ферменту. Проте такий поділ активного центра умовний і не точний, оскільки функції субстратного і алостеричного центрів дуже тісно зв’язані і взаємно переплітаються між собою.

У **складних ферментах** активний центр утворюється небілковою частиною і залишками амінокислот білкової частини, що безпоседньо приєднуються до неї. У простих ферментах активний центр представлений певною комбінацією амінокислотних залишків, які розміщені на відповідних ділянках молекули ферменту.

Схематично ці етапи можна показати так:

1 етап 2 етап

**E + S ↔ ES ↔ESa→ E + P,** де

**Е** – фермент,

**S** – субстрат,

**ES –** первинний фермент-субстратнийкомплекс,

**ESa –** активований комплекс,

**P –** продукт реакції.

Активний центр визначає **специфічність і каталітичну активність ферменту.**

В основі всіх теорій, що пояснюють механізм дії ферментів, лежить уявлення про те, що ферменти значно зменшують енергію активації тих чи інших реакцій, тобто енергію, яку треба затратити, щоб відбулася певна реакція.

**Відмінність ферментів від хімічних каталізаторів:** відрізняються будовою, специфічністю дії, температурним та рН-оптимумом, участю води, більшою швидкістю реакції, інгібіторами тощо.

**3. Властивості ферментів, їх роль у живих організмах, технологічних**

**процесах.**

**•Термолабільність:**ферменти – термолабільні речовини, дуже чутливі до зміни температури. Зміна температури зумовлює зміну їх активності. Ферментативні процеси, на відміну від інших хімічних реакцій, не можуть відбуватися при високій температурі. Температурний оптимум майже всіх ферментів дорівнює 37 – 40 0С. при температурі 80 – 100 0С вони руйнуються і втрачають каталітичну активність. При низьких температурах (нижче нуля) вони також втрачають ферментативну активність, проте не руйнуються. Тому після припинення дії низької температури ферменти відновлюють свою активність. Отже, відхилення температури від оптимальної веде до зниження активності ферментів.

Проте деякі ферменти (рибонуклеаза, трипсин, міокіназа і деякі інші)проявляють значно вищу каталітичну дію і мало інактивуються навіть при температурі 80-90 0С, а після припинення дії цієї температури можуть відновлювати свою активність.

**•Вплив реакції середовища на дію ферментів:**ферменти дуже чутливі до зміни рН середовища. Для кожного ферменту або групи ферментів існує оптимальне значення рН середовища (рН-оптимум), при якому вони проявляють максимальну каталітичну активність. Наприклад, для ферменту пепсину рН-оптимум дорівнює 1,5 – 2,5, а для трипсину – 7 – 8. Будь-які зміни рН середовища супроводжується зменшенням активності ферменту або взагалі припиненням його дії. Більшість ферментів виявляє максимальну активність в слабокислому, нейтральному або слаболужному середовищі.

Вплив концентрації водневих йонів на активність ферментів пов’язаний з їх дією на активні центри ферментів. Залежно від рН середовища активний центр ферменту може бути в різному ступені іонізації. Крім того, концентрація водневих йонів в середовищі впливає на іонізацію субстрату, фермент-субстратного комплексу і продуктів реакції.

**•Специфічність дії ферментів:**під специфічністю дії ферментів слід розуміти спрямованість їх впливу на певний субстрат, групу субстратів, близьких за своїми властивостями, або на певний тип зв’язку. Залежно від цього розрізняють **абсолютну і відносну** специфічність ферментів. Крім цього, існує ще так звана **просторова (стереоізомерна)** специфічність.

**•Вплив на ферменти активаторів та інгібіторів.** На активність ферментів впливають різні хімічні сполуки. серед них одні підвищують активність ферментів і називаються **активаторами,** інші знижують їх активність і називаються **інгібіторами,** або **паралізаторами.**

**•Роль активаторів часто виконують катіони металів –** Na+, K+, Mg2+, Mn2+,Cu2+,Fe2+, Co2+, Ni2+, Al3+ і окремі аніони – Cl- та інші. Вплив йонів металів на активність ферментів зумовлений тим, що вони можуть бути складовими компонентами активного центра ферментів, стабілізувати відповідну структуру ферментів, забезпечувати зв’язок коферменту з апоферментом, полегшувати утворення фермент-субстратного комплексу та ін. Активаторами ферментів є також деякі органічні сполуки. наприклад, жовчні кислоти активують дію ліпази, яка розщеплює гліцериди.

Інгібітори спричинюють гальмування ферментативного процесу. Це гальмування може бути **оборотним і необоротним.** При **оборотному гальмуванні** має місце стан рівноваги між інгібітором і ферментом. Після видалення інгібітора за допомогою діалізу або іншим способом активність ферменту відновлюється. **Необоротне гальмування** характеризується тим, що ферментативна активність не відновлюється навіть після діалізу. Воно посилюється з часом і не залежить від стану рівноваги між ферментом та інгібітором.

**4. Принципи номенклатура та класифікації ферментів.**

У наш час відомо близько 4000 різних ферментів, причому з кожним роком кількість їх зростає. Існують різні види класифікації ферментів. За новою **систематичною (науковою)** номенклатурою назви ферментів складаються з двох частин. Перша частина вказує на назву субстрату, а друга – на природу хімічної реакції і має суфікс **–аза.** Перша частина назви ферменту з другою з’єднуються через дефіз (наприклад, **гліцин-L-лейцингідролаза**).

Крім нової систематичної номенклатури використовується також **тривіальна (робоча)** класифікація ферментів, в основу якої покладено принцип розподілу ферментів за типами хімічних реакцій, які вони каталізують. За даною номенклатурою усі ферменти поділяють на 6 класів.

**Класифікація ферментів:**

Каталізують окисно – відновні реакції.

**оксидоредуктази**

Каталізують реакції міжмолекулярного перенесення різних груп, радикалів, залишків та окремих молекул від одних субстратів до інших.

**трансферази**

Каталізують реакції гідролітичного розщеплення внутрішньомолекулярних зв’язків.

**гідролази**

Каталізують реакції негідролітичного розщеплення речовин, які супровод-

жуються відщепленням від субстрату груп СО2, Н2О, NH3.

**ліази**

Прискорюють процеси ізомеризації різних органічних сполук.

**ізомерази**

Каталізують реакції синтезу складних органічних сполук з більш простих, які пов’язані з використанням енергії АТФ та деяких інших трифосфатів.

**лігази (синтетази)**

**Практичне використання деяких ферментних препаратів.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **хімозин**  зумовлює зсідання білків молока і використовується в сироварінні | **протеолітичні ферменти**  розщеплюють білки і прискорюють дозрівання м’яса, його пом’якшення | **глюкозооксидаза**  застосовується як антиокислювач при зберіганні фруктових соків та інших продуктів | **амілаза**  використовується для перетворення крохмалю в цукор при виробництві пива, спирту, випіканні хліба |

**Питання для самоперевірки:**

1.Яка роль ферментів у процесах життєдіяльності організмів та в харчовій

промисловості? Поясніть, від чого залежить швидкість ферментативних реакцій.

2.Укажіть основні компоненти ферменту. Яка роль коферменту і кофактора у

процесі біокаталізу?

3.Що таке специфічність дії ферментів? активний та алостеричний центри

ферментів?

4.Охарактеризуйте активатори та інгібітори ферментів.

5.Які принципи номенклатури і класифікації ферментів?

**Лекція № 7**

**Тема. Гормони, їх класифікація, властивості, основні функції в організмі.**

**План**

1. Загальні уявлення про гормони як біологічно-активні сполуки.
2. Гормони як регулятори метаболічних процесів. Особливості дії гормонів.
3. Номенклатура і класифікація гормонів.
4. Окремі представники гормонів, їх загальна характеристика.

**Рекомендовані джерела:**

1. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія: Навчальний посібник - Київ. “Вища школа”, 1995 -536 с.
2. Губський Ю.І. Біологічна хімія: Підруч. Для ВНЗ. – Київ Терн. Укрмедкнига, 2007. – 750.
3. Павлоцька, Л.Ф. Дуденко, Н,В. та ін. Біологічна хімія: підручник. Суми. Університетська книга, 2019. С.513.
4. files.znu.edu.ua/bank/2010/08/35/2373\_1283166668\_biologicheskaja\_ chimija\_knorre.djvu10.3.

**1.Загальні уявлення про гормони як біологічно-активні сполуки.**

**Гормони** – це органічні речовини (біологічно активні сполуки різної хімічної природи), які синтезуються у спеціальних секреторних клітинах або органах і з тиском крові постачаються до різних тканин – мішеней, де здійснюють регулюючий вплив на обмін речовин і фізіологічні функції організму. Назва «гормони» у перекладі з грецького означає приводити в дію, збуджувати. Самі гормони не беруть участі у метаболічних реакціях, а є лише їх специфічними регуляторами.

Високоспеціалізовані органи або групи клітин, які здійснюють синтез гормонів і викид їх безпосередньо в кров , міжклітинну рідину або лімфу, називаються **залозами внутрішньої секреції (або ендокринними).** Окремі залози внутрішньої секреції анатомічно не зв’язані між собою й знаходяться на великій відстані одна від одної. Однак функціонально усі вони взаємозв’язані і являють єдину ендокринну систему.

**Розрізняють:**

**Центральні залози**

**А.**

**гіпоталамус гіпофіз епіфіз**

основний орган нижній придаток шишкоподібна

центральної регуляції, мозку, досить складний залоза.

місце безпосередньої ендокринний орган,

взаємодії нервової і розміщений біля

ендокринної систем. основи головного

мозку.

**Б.**

**Периферійні залози**

**щитоподібна прищитоподібна підшлункова наднирники**

**статеві залози**

Центральні залози розміщені біля основи мозку й безпосередньо пов’язані з діяльністю центральної нервової системи (ЦНС). Вони виділяють нейрогормони та гормони, регулюють функції периферійних залоз. Між периферійними залозами теж існує тісний взаємозв’язок. Гормони однієї залози можуть посилювати або пригнічувати секреторну функцію іншої.

Встановлено, що гормони синтезуються не лише спеціалізованими клітинами залоз внутрішньої секреції, а й деякими органами, які містять у своєму складі клітини, що продукують біологічно активні секрети з гормональною активністю.

Регуляторну дію, подібну до гормональної, здійснюють гуморальні фактори – **тканинні гормони.**

**Тканинні гормони –** це біологічно активні речовини, які синтезуються у різних тканинах організму і виявляють місцевий регулюючий вплив. Багато з них синтезуються у травних органах і регулюють їхню діяльність. Так, слизова оболонка кишок продукує **гастрит, секретин, панкреозимін,** які мають гормональну дію; клітини нирок синтезують **ренін і ангіотензин** – важливі регулятори кров’яного тиску. У клітинах мозку утворюється **гамааміномасляна кислота**, яка регулює процеси гальмування нервової системи і виступає у ролі фактора втоми. У гіпофізі можуть утворюватися гормони **ендорфіни** , які мають знеболюючу дію, а при високих концентраціях викликають відчуття ейфорії подібно до наркотиків.

На сьогодні виділено біля **100** гормонів і нейромедіаторів, які відрізняються за місцем синтезу, хімічною структурою та механізмами регуляторної дії.

**2**. Р**егуляторна дія гормонів на метаболічні процеси. Особливості дії**

**гормонів.**

Діапазон дії гормонів на метаболічні процеси досить різноманітний. Гормони мають здатність змінювати структуру і функцію клітин, тканин і органів, їх фізіологію, впливають на формування клітинного фенотипу, ріст , розвиток, адаптацію організму. В організмі немає жодної фізіологічної функції, яка б не перебувала у сфері гормонального впливу. Гормонам належить головна роль у забезпеченні механізмів саморегуляції біологічних процесів та підтриманні фізіологічної сталості внутрішнього середовища гомеостазу. За участю цих механізмів забезпечується координований перебіг численних метаболічних реакцій, здійснюється регуляція процесів життєдіяльності не лише на органному, а й на клітинному та субклітинному рівнях. Гормони забезпечують спряженість і взаємозумовленість усіх біохімічних процесів, регулюють інтенсивність обміну речовин залежно від умов зовнішнього середовища. У цьому плані гормони займають проміжне місце між нервовою системою і ферментами.

**Властивості гормонів:**

1. **Висока біологічна активність,** оскільки вони виявляють регулюючу дію у дуже низьких концентраціях (10 -9 – 10-12 г ).
2. **Висока специфічність дії:** вони регулюють обмін речовин лише у тканинах мішеней, які мають рецептори для даного гормону.

**Рецептори –** це специфічні білки в плазмалемі або в цитозолі, з якими зв’язується гормон і здійснюється регуляторний вплив. В одній і тій же клітині можуть бути кілька типів рецепторів для різних гормонів або навіть для одного й того ж гормону. Діючи через різні рецептори, гормони можуть регулювати різні функції органа.

1. **Дистанційність дії:** регуляторну дію гормони виявляють у ділянках, віддалених від тих, де вони синтезуються. Транспорт гормонів здійснюється специфічними білками крові – глобулінами.
2. **Короткочасність дії гормонів:**тривалість життя деяких гормонів становить кілька хвилин.

**Основні механізми (3) гормональної регуляції внутрішньоклітинного метаболізму й функції клітин:**

**регуляція швидкості регуляція активності регуляція**

**синтезу білка** (виявляють **ферментів** (мають **проникності**

стероїдні та тиреоїдні білково-пептидні мембран для

гормони – це похідні гормони) різних йонів,

тирозину та фенілаланіну) метаболітів,

коферментів

(прикладом

може бути

дія інсуліну).

**3. Номенклатура і класифікація гормонів.**

Існують різні класифікації гормонів. Поширеною є класифікація гормонів за їх хімічною природою.

**Розрізняють кілька груп гормонів.**

**1.Гормони білкової природи:**

**а)** гормони – прості білки: інсулін, пролактин, гормон росту;

**б)** гормони – складні білки-глікопротеїди: фолікулостимулюючий – тропін,

лютеїнізуючий – лютропін, тиреотропний гормон - тиротропін.

**2. Гормони пептидної природи:**глюкагон, кальцитонін, соматостатин,

вазопресин, окситоцин,АКТГ.

**3. Гормони – похідні амінокислот:** адреналін, норадреналін, тироксин.

**4. Гормони ліпідної природи:**

**а)** гормони-стероїди: гормони кори надниркових залоз, статеві гормони;

**б)** простагландини: продукти перетворення деяких ненасичених жирних кислот.

**Білково- пептидні**  гормони синтезуються з амінокислот і можуть бути пептидами (2 – 50 амінокислот) або поліпептидами – білками зі складною просторовою структурою, як наприклад інсулін.

**Стероїдні** гормони синтезуються з холестерину. Сюди належать кори наднирників і статевих залоз. Стероїдні гормони жиророзчинні й легко проникають через клітинні мембрани.

**Похідні амінокислот** синтезуються з амінокислоти тирозину, яка у свою чергу синтезується з фенілаланіну. Сюди належать гормони мозкового шару наднирників і гормони щитоподібної залози.

За характером дії гормони поділяють на **пускові гормони і гормони - виконавці.** До пускових гормонів належать гормони **гіпоталамусу та аденогіпофізу,** які стимулюють діяльність відповідних залоз внутрішньої секреції. Ці гормони виявляють не безпосередній вплив на різні метаболічні процеси, а впливають через функцію відповідних залоз внутрішньої секреції, які перебувають під їх безпосереднім контролем.

**4.Загальна характеристика окремих представників гормонів, що продукуються різними ендокринними залозами.**

1. **Гормони гіпоталамусу:**

* тироліберин
* соматостатин
* пролактостатин.

1. **Гормони гіпофіза:**

* **соматотропні –** гормон росту, має високу видову специфічність;
* **тиротропін (ТТГ) –** забезпечує нормальне функціонування щитовидної залози, стимулює процеси поглинання йодидів з крові, включення йоду до складу тиреоїдних гормонів та його вивільнення;
* **кортикотропін** (адренокортикотропний гормон - АКТГ) стимулює ріст і функціональну активність кори надниркових залоз, регулює синтез і секрецію кортикостироїдних гормонів;
* **вазопресин –** забезпечує діяльність системи регуляції водного обміну, підтримує фізіологічний об’єм крові;
* **окситоцин –** стимулює скорочення гладкої мускулатури матки й функцію молочних залоз.

1. **Гормони щитовидної залози:**

* **тироксин і трийодтиронін** є похідними амінокислоти **тирозину**. Гормони регулюють обміну вуглеводів, жирів і білків; стимулюють процеси енергоутворення, активуючи окиснення вуглеводів і жирів (це приводить до підвищення температури тіла); стимулюють біосинтез білка, що прискорює процеси росту й розвитку організму, особливо у молодому віці. При порушенні функціонування щитовидної залози виникають такі патології організму: базедова хвороба, мікседема, ендемічний зоб, кретинізм;
* **кальцитонін –** поліпептид з 32 амінокислот; знижує рівень кальцію та фосфору в крові й посилює їх надходження у кісткову тканину.

1. **Гормони підшлункової залози:**

**Підшлункова залоза –** це залоза змішаної секреції. Ендокринну функцію виконують острівки Лангерганса, у яких синтезуються  **інсулін, глюкагон і соматостанин.**

**Інсулін –** регулює обмін вуглеводів, жирів, білків; посилює транспорт глюкози з крові у скелетні м’язи, серцевий м’яз і жирову тканину за рахунок підвищення проникності мембран і стимулює синтез глікогену у печінці та м’язах, що приводить до зниження вмісту глюкози у крові. Нестача інсуліну веде до цукрового діабету, для якого характерне підвищення глюкози у крові. Як джерело енергії тканини починають використовувати жири, що врешті-решт веде до діабетичної коми.

**Глюкагон –** (його дія протилежна до дії інсуліну) стимулює розщеплення глікогену, підвищує вміст глюкози в крові, активує ліполіз у жировій тканині, регулює (разом з інсуліном) вміст цукру в крові.

**Соматостатин –** пригнічує вихід інсуліну та глюкагону з секреторних тканин.

1. **Гормони наднирників:**

Наднирники розміщуються на верхніх полюсах попередньої частини нирок. Кожний наднирник має два шари: зовнішній – корковий і внутрішній – мозковий. Кора наднирників синтезує біля 40 стероїдних гормонів – кортикостероїдів. Основними є три типи груп: глюкокортикоїди, мінералокортикоїди, гонадокортикоїди.

**Глюкокортикоїди –** гідрокортизон і кортикостерон. Ці гормони посилюють синтез глюкози в печінці з амінокислот і жирних кислот і попереджують різке зниження глюкози в крові при голодуванні чи фізичних навантаженнях. У м’язах, шкірі, жировій тканині вони посилюють розпад білків і жирів. Отже, глюкокортикоїди мобілізують запасні поживні речовини з периферійних тканин і попереджують виснаження запасів глікогену в печінці.

**Мінералокортикоїди –** альдостерон, який регулює мінеральний обмін (Na+iK+)і води. Він затримує в організмі Na +iH2O, а виводить К+, контролюючи об’єм плазми крові й баланс Na+/K+ у клітині. При нестачі його спостерігається зневоднення організму.

**Гонадокортикостероїди –** це в основному чоловічі статеві гормони андрогени та незначна кількість жіночих гормонів – естрогенів. Вони контролюють репродуктивні функції організму, проте меншою мірою, ніж гормони статевих залоз. Мозковий шар синтезує катехоламіни **адреналін та норадреналін.** Ці гормони стимулюють мобілізацію енергетичних запасів організму. Кеннон назвав адреналін “гормоном страху або втечі”. Під дією катехоламінів стимулюється утворення гормонів гіпофізу АКТГ і кори наднирників, що сприяє формуванню біохімічної адаптації.

1. **Статеві гормони** синтезуються в основному в статевих залозах жінок (яєчники) і чоловіків (сім’янники). Відкрито дві групи жіночих статевих гормонів: **естрогени** (головний представник - естрадіол) і **прогестини** ( головний представник - прогестерон). Основна біологічна роль жіночих статевих гормонів полягає в забезпеченні репродуктивної функції організму. Вони викликають розвиток вторинних статевих ознак і створюють оптимальні умови для запліднення яйцеклітини. Естрогени виявляють анаболічну дію на організм, стимулюючи синтез білка. Біологічна роль чоловічих статевих гормонів – андрогенів (тестостерон) пов’язана з диференціюванням і функціонуванням репродуктивної систем. Андрогени регулюють розвиток чоловічих вторинних статевих ознак, сперматогенез у сім’янниках. Тестостерон впливає на біосинтез білка: посилює біосинтез в печінці, нирках, скелетних м’язах. Анрогени та їх синтетичні аналоги використовуються у клініці й спорті для прискорення відновлення.
2. **Тканинні гормони:** гастрит, ентерогастрин, секретин, панкреозимін, холецистокінін, гістамін, кініни та інші.Тканинні гормони здійснюють значний регулюючий вплив на численні метаболічні реакції організму, виявляючи як місцеву, так і дистанційну дію.

**Питання для самоперевірки:**

1.Які речовини називають гормонами?

2.Що вам відомо про хімічну природу, механізм дії та функції гормонів в

організмі?

3.Які властивості притаманні гормонам?

4.Назвіть залози внутрішньої секреції та гормони, які вони виробляють.

5. Охарактеризуйте принципи класифікації і номенклатури гормонів.

**Лекція № 8**

**Тема. Загальні уявлення про обмін речовин і енергії. Обмін вуглеводів. Основні етапи вуглеводневого обміну в організмі.**

**План**

1. Сутність обміну речовин і енергії у живих організмах, його особливості. Вуглеводневий обмін у загальному метаболізмі речовин.
2. Біологічна роль вуглеводів у живих організмах. Перетворення вуглеводів у шлунково-кишковому тракті (ШКТ). Характеристика ферментів, що беруть участь у цьому процесі.
3. Взаємоперетворення та розкладання вуглеводів в організмі. Регуляція вуглеводневого обміну.
4. Гліколіз, його біологічне значення.
5. Біосинтез вуглеводів в організмі.

**Рекомендовані джерела:**

1. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія: Навчальний посібник - Київ. “Вища школа”, 1995 -536 с.
2. Губський Ю.І. Біологічна хімія: Підруч. Для ВНЗ. – Київ Терн. Укрмедкнига, 2007. – 750.
3. Дуленко Л.В., Горяйнова Ю.А., Полякова А.В. та інші. Харчова хімія.-К: Кондор, 2012.-248 с.
4. Швидка Н. П. Біохімія та фізіологія харчування: Опорний конспект лекцій./ Н.П. Швидка. – Д.: ДУЕП, 2007. – 52 с.
5. files.znu.edu.ua/bank/2010/08/35/2373\_1283166668\_biologicheskaja\_ chimija\_knorre.djvu10.3.
6. **Сутність обміну речовин і енергії у живих організмах, його особливості.**

**Обмін речовин і енергії –** одна з найважливіших і найсуттєвіших ознак живого організму.

**Обмін речовин** – це сукупність процесів поглинання, засвоєння речовин з навколишнього середовища та утворення і виділення кінцевих продуктів.

**Відмінність обміну речовин у живих системах і неживій природі.** Припинення обміну речовин рівнозначне припиненню життя. Обмін речовин у живих організмах забезпечує постійне самооновлення та самовідтворення його складових частин і здійснюється завдяки злагодженій дії численних систем та специфічних факторів, що забезпечують процеси життєдіяльності.

У неживій природі обмін відбувається в одному напрямі, що призводить до видозміни, а часто і руйнування неживих тіл.

**Суттєві ознаки обміну речовин у живих організмах:**

* скоординованість біохімічних перетворень у просторі і часі, можливість одночасного здійснення різних процесів, навіть протилежних;
* чітко визначена послідовність перебігу процесів;
* наявність біологічних каталізаторів – ферментів та їх роль у забезпеченні саморегуляції та підтриманні гомеостазу – необхідної умови існування живих організмів;
* вбирання (акумуляція) енергії з навколишнього середовища, яка потрапляє у формі хімічних сполук або у вигляді енергії сонячного випромінювання, її перетворення в організмі та вилучення енергії, необхідної для процесів синтезу, росту, розвитку, руху, виконання різних функцій…

Умовно розрізняють:

**Обмін речовин**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Загальний**  включає процеси надходження поживних речовин в організм, їх перетворення  і виділення продуктів обміну. | **Проміжний**  це перетворення речовин в організмі з моменту їх надходження і до утворення кінцевих продуктів обміну. | **Внутрішньоклітинний**  це перетворення речовин після всмоктування. |

Загальний обмін складається з проміжного та внутрішньоклітинного.

**Основні процеси, які здійснюються при проміжному**

**та внутрішньоклітинному обміні:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **фізіологічні**  травлення  всмоктування  виділення | **фізичні**  сорбція  дифузія  осмос | **хімічні**  окиснення  відновлення  гідроліз  синтез  розщеплення  фосфороліз |

Особливе місце серед цих процесів належить хімічним перетворенням органічних сполук, різноманітність яких зводиться до двох основних реакцій – синтезу та розщеплення.

Обмін речовин можна розглядати як діалектичну єдність двох протилежних і взаємозв’язаних процесів – **синтезу (асиміляції) і розщепленню (дисиміляції).**

**Асиміляція** (синтез, процес анаболічних реакцій) – це частина загального обміну, що супроводжується поглинанням органічних сполук з навколишнього середовища, засвоєнням, перетворенням та синтезом за їх рахунок різних структур організму.

**Дисиміляція** (розщеплення, катаболічні реакції) – це частина загального обміну, в процесі якого відбувається руйнування та розщеплення складних органічних сполук, які потрапляють з продуктами харчування, та тих, що входять до складу власних структур організму – білків, вуглеводів, ліпідів з утворенням простіших сполук та кінцевих продуктів обміну.

Обмін речовин в організмі тісно пов'язаний з обміном енергії. **Енергія необхідна організму для забезпечення таких процесів:**

* виконання різної роботи (механічної, осмотичної, фізичної);
* руху;
* скорочення та розслаблення м’язів;
* синтезу та розщеплення різних сполук;
* транспорту речовин та йонів;
* підтримання гомеостазу;
* виконання специфічних функцій і т.д.

Різні форми енергії, що існують у живих системах – хімічна, електрична, світлова, теплова, можуть взаємоперетворюватись одна в одну.

Речовини, які надходять в організм разом з їжею, мають певний запас потенціальної енергії, яка зосереджена у хімічних зв’язках. Таку енергію називають **вільною енергією.**

У процесах дисиміляції відбувається звільнення енергії, яка використовується в процесах асиміляції, тобто в утворенні хімічних сполук, необхідних для побудови тіла і життєдіяльності організму.

**Вуглеводневий обмін у загальному метаболізмі речовин.**

Обмін вуглеводів займає центральне місце у метаболізмі речовин. З розпадом і окисненням вуглеводів нерозривно пов’язані звільнення, нагромадження і використання енергії. Проміжні продукти розпаду вуглеводів використовуються як початковий матеріал у синтезі багатьох різноманітних органічних сполук (вуглеводів, жирів, деяких амінокислот, нуклеїнових кислот тощо) або для нагромадження про запас.

У результаті повного розпаду вуглеводів у клітинах гетеротрофних організмів утворюються і звільнюються високоентропійні сполуки СО2 і Н2О, які утилізуються автотрофами у процесі фотосинтезу. Таким чином, обмін вуглеводів втягується у загальний круговорот речовин у природі.

Вуглеводи становлять основну масу рослин (близько 75 – 85% у перерахунку на суху масу) і головну частину харчового раціону людини і травоїдних тварин. Під час окиснення 1г вуглеводів виділяться 17,2 кДж енергії. Всього за рахунок вуглеводів забезпечується 60 – 70% добової енергетичної цінності раціону харчування людини.

**Добова потреба дорослої людини у вуглеводах (~ 550 – 600г)**

**полісахариди цукри пектинові клітковина**

**(крохмаль) 20% речовини 2%**

75% 3%

Основна маса вуглеводів (70%), які надходять до організму з продуктами харчування, окислюються до кінцевих продуктів (СО2 і Н2О), 20– 25% - перетворюється на жири, 2 – 5% - використовується для синтезу резервного полісахариду – глікогену. При надмірному споживанні вуглеводів на жири може перетворюватися до 35 – 40% вуглеводів і до 9- 12% резервуватися у вигляді глікогену.

**Важливими є функції вуглеводів в організмі:**

пластична енергетична захисна рецепторна запасна

або

структурна

**2. Шляхи перетворення вуглеводів у шлунково-кишковому тракті (ШКТ). Характеристика ферментів, що беруть участь у цьому процесі.**

Вуглеводи, які з продуктами харчування рослинного і тваринного походження потрапляють до ШКТ, піддаються ферментативному гідролітичному розщепленню. Більшість оліго-, гомо- та гетерополісахаридів (крохмаль, глікоген, цукроза, мальтоза, лактоза…) розщеплюються до моносахаридів, які всмоктуються у кров і з крові – у всі органи та тканини, де піддаються внутрішньоклітинному обміну.

Процес перетворення вуглеводів, зокрема полісахаридів, **починається у ротовій порожнині,** де вони частково під впливом **ферменту слини α-амілази** розщеплюються до простіших сполук – декстринів і мальтози. З ротової порожнини з їжею вуглеводи потрапляють у шлунок, де дія α-амілази слини може тривати лише 20 – 30хв, поки харчова маса не набуде кислого характеру. У шлунку дія ферментів слини інактивується високою концентрацією водневих йонів (рН 1,5 – 1,8), а оптимальна каталітична дія ферменту амілази виявляється при рН = 6,8 – 7,2.

**Основні процеси перетворення вуглеводів відбуваються у тонкому кишечнику** під дію ферментів (виділяються з панкреатичного і кишкового соку): мальтази, сахарази, лактази, декстринази, α-амілази… Так, фермент лактаза каталізує розщеплення лактози на глюкозу і галактозу:



лактозагалактоза глюкоза

Клітковина в організмі людини не розщеплюється в ШКТ із-за відсутності у травних соках ферменту целюлози. Під впливом мікрофлори у товстому кишечнику людини розпадається лише невелика кількість клітковини.

У жуйних тварин клітковина бродить під дією ферментів бактерій і продукти бродіння (спирти, органічні кислоти, кетокислоти, СО2, Н2О) всмоктуються у кров.

**Всмоктування моносахаридів**

Всмоктування моносахаридів (глюкози, фруктози, галактози та інших) як продуктів перетравлення оліго- та полісахаридів – досить складний процес транспортування їх через мембрани клітин тонкої кишки у кровоносну систему, звідки з током крові через систему судин ворітної вени вони доставляються у печінку. Більше ніж 90% моносахаридів (переважно глюкоза) потрапляє у кровоносну систему і з током крові переноситься перш за все у печінку, де гексози перебудовуються у глюкозу, і навпаки.

Певна кількість вуглеводів (4,5 – 6,6 ммоль/г) постійно циркулює у крові та інших рідинах організму (лімфі,…) і є досить важливим компонентом внутрішнього середовища організму.

Близько 90% усіх моносахаридів крові припадає на глюкозу, яка завдяки своїм властивостям займає особливе місце у метаболічних реакціях організму і є основним енергетичним джерелом.

Крім глюкози, у крові міститься також незначна кількість фруктози, пентоз…

Моносахариди всмоктуються з різною швидкістю. Якщо швидкість всмоктування глюкози взяти за 100%, то швидкість всмоктування галактози – 110%, фруктози – 43%, манози – 19%, ксилози – 15%, арабінози – 9%. Це пояснюється швидкістю фосфорилюванню і навіть таутомеризації моносахаридів (галактози, манози, фруктози) у глюкозу.

Добре всмоктуються продукти бродіння вуглеводів у жуйних тварин.

**Перетворення, характерні для всмоктаних вуглеводів.**

Всмоктані моносахариди через ворітну вену потрапляють у печінку, де гексози перебудовуються в глюкозу, і навпаки.

Глюкоза у печінці використовується для синтезу глікогену, тим самим регулюється постійний рівень цукру в крові. Глікоген печінки, м’язів та інших органів – депо вуглеводів і разом із тим початковий продукт обміну вуглеводів. У печінці глікогену міститься 3 – 5%, у м’язах 0,3 – 0,9%. Тобто в організмі людини відкладається про запас близько 350г глікогену, причому 250г з них у м’язах.

Моносахариди крові використовуються головним чином для енергетичних потреб (70%) і частково для пластичних процесів (біосинтезу гетерополісахаридів, мукополісахаридів, антитіл, ліпідів тощо). У крові людини й тварин знаходиться 4,4 – 5,5ммоль/л глюкози, або 80 – 120 мг на 100мл.

Гексози, потрапляючи в печінку, спочатку перетворюються на глюкозу, а потім через синтез глікогену включаються в різні види метаболізму, зокрема в енергетичний.

Цей процес дістав назву **циклу Корі:**

**Печінка Кров М’язи**

Глюкоза Глюкоза Глюкоза

Глікоген Глікоген

Молочна кислота Молочна кислота Молочна кислота

Обмін вуглеводів у цілому і кількість глюкози в крові регулюється ЦНС та залозами внутрішньої секреції. Ключова роль у регуляції основних процесів вуглеводневого обміну – **гліколізу** (анаеробного розщеплення глюкози з утворенням молочної кислоти) глюконеогенезу (синтезу вуглеводів з невуглеводневих попередників) належить двом гормонам – інсуліну та глюкагону.

При недостатності інсуліну підвищується вміст глюкози в крові (норма 4,5-6,6 ммоль/л) внаслідок недостатнього її перетворення на глікоген.

**Гіперглікемія,** яка перевершує нирковий поріг, призводить до **глюкозурії** (появи глюкози у сечі) і зниження глікогену у печінці та м’язах. **Гіперглікемія** та **глюкозурія –** найважливіші симптоми цукрового діабету.

Однак не всяка гіперглікемія є симптомом цукрового діабету. Так, тимчасові, швидкоплинні форми даного захворювання спостерігаються за значних харчових навантажень кристалічними вуглеводами (цукрами), під час нервово-психічного збудження, у разі введення адреналіну. У деяких людей бувають спадкові порушення обміну вуглеводів.

**3. Взаємоперетворення та розкладання вуглеводів в організмі. Основні**

**види перетворень моносахаридів в організмі.**

Вуглеводи органів і тканин організмів людини і тварин, переважно глікоген і глюкоза, постійно зазнають різних перетворень, серед яких особливе місце належить процесам розкладання вуглеводів з вивільненням енергії.

Розрізняють **анаеробне** та **аеробне розкладання вуглеводів:**

**Анаеробне** розкладання **Аеробне** розкладання

(за відсутності кисню) (при наявності кисню)

С6Н12О6 → 2СН3 – СН – СООН +Q С6Н12О6 + 6О2 → 6СО2 + 6Н2О

глюкоза

ОН

молочна кислота

С6Н12О6 → 2С2Н5ОН + 2СО2

етиловий спирт

В організм людини і тварин разом з глюкозою потрапляють невеликі кількості таких моносахаридів, як **фруктоза, галактоза, маноза** та деякі інші, що також здатні до взаємоперетворення.

Досить важливим є **процес перетворення галактози на глюкозу,** особливо для дитячого організму. Надмірна кількість галактози призводить до патологічних змін органів і тканин, порушуються психічний розвиток дітей, виникає захворювання органів зору. При підвищенні енергозатрат в організмі у результаті збудження ЦНС відбувається посилення розпаду глікогену й утворення глюкози.

**4**. **Гліколіз, його біологічне значення. Глікогеноліз.**

Вуглеводи розкладаються (окиснюються) у безкисневому середовищі – **анаеробне окиснення** і у присутності кисню – **аеробне окиснення.**

**Анаеробне окиснення субстратів** –більш проста форма утворення та акумулювання енергії у фосфатних зв’язках АТФ; воно еволюційно більш раннє і виникло у безкисневому середовищі.

Окремі **анаеробні організми** (бактерії, безхребетні тварини) не здатні використовувати кисень. Кисень для них часто токсичний. **Певна кількість анаеробних організмів (деякі бактерії, гриби, рослини та вищі тварини)** можуть функціонувати в анаеробних і аеробних умовах. Але етапу аеробного окиснення, незалежно від наявності кисню, передує анаеробне розщеплення.

Аеробному розпаду, як правило, піддаються продукти анаеробного розкладу, наприклад, молочна кислота.

Під час анаеробного розпаду вуглеводів в організмі людини і тварин **головним енергетичним субстратом є глюкоза.** Метаболізм інших вуглеводів пов’язаний з метаболізмом глюкози.

**Гліколіз –** це процес анаеробного ферментативного перетворення вуглеводів, який починається з перетворення (фосфорилюванню) глюкози (за участю 11 ферментів: гексокінази, глюкокінази та інших).

**Глікогеноліз –** процес анаеробного розщеплення вуглеводів, який починається з перетворення глікогену (**за участю ферменту глікогенфосфорлази**).

**Біологічне значення гліколізу та глікогенолізу**

Ефективність використання енергії (тобто енергії, яка акумулюється у макроергічних зв’язках АТФ) при гліколізі та глікогенолізі становить 35 – 40%. Решта 60 – 65% енергії розсіюється у вигляді тепла.

**Гліколіз** з погляду енергетичного обміну неефективний, тому що для вироблення енергії використовується велика кількість вуглеводів. Незважаючи на це, фізіологічне його значення дуже велике, тому що організм може виконувати свої функції в умовах недостатнього потоку кисню до тканин і органів, а кінцеві продукти гліколізу (піруват і лактат) є субстратами для подальшого ферментативного перетворення в аеробних умовах. Проміжні продукти гліколізу широко використовуються в клітинах для біосинтезу різних сполук: ліпідів, гліцерину, деяких амінокислот.

**Глікогеноліз** відіграє ключову роль у мобілізації полісахаридів. Ферменти фосфорилази переводять глікоген із запасної форми у метаболічно активну.

**Спиртове бродіння**

**Бродіння –** це типове анаеробне окиснення глюкози та інших вуглеводів. Для спиртового етилового бродіння характерне перетворення глюкози до етилового спирту, СО2 та води.

Процес спиртового бродіння спостерігається у нижчих організмів – дріжджових і цільових грибків, деяких мікроорганізмів.



глюкоза етиловий

спирт

Хімізм цього процесу досить близький до гліколізу, який протікає у тканинах вищих організмів.

**5**.**Біосинтез вуглеводів в організмі.**

Біосинтез вуглеводів з простіших сполук є досить важливим процесом, що протікає в біосфері. Він проходить в основному двома шляхами. Перший з них характерний лише для азототрофних фотосинтезуючих організмів, які синтезують гексози з СО2 і Н2О за участю енергії сонячного випромінювання. З гексоз, що утворились, далі синтезуються ди- і полісахариди.

Біосинтез вуглеводів відбувається в основному фотосинтезуючими та хемоавтотрофними організмами з СО2 та Н2О. У клітинах гетеротрофних організмів вуглеводи синтезуються з глюкози та деяких сполук невуглеводневої природи.

**Глюконеогенез –** це синтез глюкози з невуглеводневих продуктів.

**Біологічне значення глюконеогенезу.**

**Глюконеогенез** є фізіологічно важливим процесом, оскільки у відсутності в раціоні вуглеводів попередниками глюкози та глікогену можуть бути АК, ПВК і МК, гліцерин і проміжні продукти ЦТК. Велика роль глюконеогенезу в адаптації організму до дії екстремальних факторів (зниження температури навколишнього середовища, фізичних, нервово-психічних перевантажень тощо). У зв’язку з цим координація швидкості перебігу гліколізу та глюконеогенезу забезпечується дією різних контрольних механізмів. Так, певні реакції контролюються гормонами кори наднирників – **гідрокортизоном,** мозкового шару – **адреналіном,** а також гормонами підшлункової залози – **інсуліном** та **глюкагоном.**

Певну роль у метаболізмі вуглеводів виконують нирки. Вони виводять з організму надлишок глюкози, коли її концентрація в крові дуже висока; за менших концентрацій глюкоза практично не виводиться.

Обмін вуглеводів у живих організмах тісно взаємозв’язаний з обміном білків та ліпідів.

**Питання для самоперевірки:**

1. Які особливості обміну речовин та енергії у живих організмах?
2. Що таке метаболізм? анаболізм? катаболізм? асиміляція і дисиміляція?
3. Які процеси забезпечують обмін речовин?
4. Яке місце посідає обмін вуглеводів у загальному метаболізмі?
5. Яка біологічна роль вуглеводів у живих організмах та норма споживання

у харчуванні?

1. Які основні шляхи перетворення вуглеводів в організмі людини і вищих тварин? Охарактеризуйте ферменти, що беруть участь у цьому процесі.
2. Як регулюється вміст цукру в крові людини?
3. Що таке гліколіз? глікогеноліз? Запишіть реакції анаеробного та аеробного розкладання вуглеводів в організмі.
4. Як регулюється біосинтез вуглеводів та вуглеводневий обмін?

**Лекція № 9**

**Тема. Обмін ліпідів. Основні шляхи перетворення ліпідів в організмі.**

**План**

1. Біологічна роль ліпідів у живих організмах. Норма ліпідів у харчуванні.
2. Травлення і всмоктування ліпідів у шлунково-кишковому тракті .

Жовчні кислоти, ферменти, їх роль у травленні ліпідів.

1. Біосинтез ліпідів в організмі.
2. Причини порушення обміну ліпідів та їх регуляція.

**Рекомендовані джерела:**

1. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія: Навчальний посібник - Київ. “Вища школа”, 1995 -536 с.
2. Губський Ю.І. Біологічна хімія: Підруч. Для ВНЗ. – Київ Терн. Укрмедкнига, 2007. – 750.
3. Дуленко Л.В., Горяйнова Ю.А., Полякова А.В. та інші. Харчова хімія.-К: Кондор, 2012.-248 с.
4. Швидка Н. П. Біохімія та фізіологія харчування: Опорний конспект лекцій./ Н.П. Швидка. – Д.: ДУЕП, 2007. – 52 с.
5. files.znu.edu.ua/bank/2010/08/35/2373\_1283166668\_biologicheskaja\_ chimija\_knorre.djvu10.3.
6. **Біологічна роль ліпідів у живих організмах. Норма ліпідів у харчуванні**.

**Ліпіди** разом з білками і вуглеводами відіграють важливу роль у життєдіяльності організмів, яка насамперед визначається тим, що ліпіди характеризують комплексом своєрідних фізико-хімічних властивостей.

В організмах людини і тварин ліпіди входять до складу всіх клітин, однак розподілені вони між різними органами і тканинами нерівномірно. Ліпіди у комплексі з білками (**ліпопротеїди**) і вуглеводами (**гліколіпоїдні** комплекси) виконують важливу роль в організмі. Вони становлять основну структуру тканин і клітин. Ліпопротеїди є постійними компонентами клітинних мембран, впливають на процеси проникності та обміну речовин.

Жири, відкладаючись у **підшкірній жировій клітковині** (40 – 50%), у сальнику (20 – 25%), м’язах (5 – 8%) та інших органах, захищають організм від різних травм і змін температурного режиму. Крім цього, ряд ліпідів є субстратом для утворення біологічно-активних речовин, зокрема вітамінів групи А і Д, гормонів-кортикостероїдів, статевих гормонів, жовчних кислот та ряду інших сполук.

**Вміст жирів в організмі дорослої людини:**

чоловіки жінки загальна маса тіла 10 – 15%

7 – 8кг 5 – 6кг (при ожирінні ~ 30% і більше)

**Основні функції ліпідів в організмі:**

1. **Енергетична.** Ліпіди – найважливіше джерело енергії. За рахунок жирів їжі на 25 – 35% задовольняється добова потреба людини в енергії. Окиснення 1г жирів вивільняє ~ 39кДж енергії.
2. **Теплоізоляційна.** Жири є поганим провідником тепла, тому вони охороняють організм від теплових утрат.
3. **Будівельна.** Ліпіди використовують для побудови клітин (структурний жир).
4. **Запасна.** Жири відкладаються як запасна резервна речовина (резервний жир, його вміст становить 10 – 15% маси тіла, при ожирінні ~ 30 – 50%).
5. **Захисна.** Жир захищає деякі органи (наприклад, нирки) від механічних впливів, тому що має визначену пружність.
6. **Видільна.** У жировому тілі комах можуть накопичуватися кінцеві продукти обміну речовин. Жирова тканина у цих тварин здійснює видільну функцію.
7. **Регуляційна.** Ліпіди входять до складу деяких біологічно активних речовин, наприклад певних гормонів. Вони беруть участь у регуляції життєвих функцій організмів: обміну речовин у тварин і рослин, процесах життєдіяльності у комах. Як розчинники гідрофобних органічних сполук жири забезпечують перебіг певних біохімічних процесів.

**Добова потреба дорослої людини у жирах складаєвід 70 до 145г** (у тому числі 15г ненасичених жирних кислот, 10г фосфоліпідів, 0,3 – 0,5г холестерину) і залежить вона від статі, віку, кліматичних умов, рухової активності або трудової діяльності.

**2. Травлення і всмоктування ліпідів у шлунково-кишковому тракті .**

**Жовчні кислоти, ферменти, їх роль у травленні ліпідів.**

Обмін ліпідів розглядається як процес розщеплення їх у ШКТ та всмоктування продуктів перетравлення-засвоєння ліпідів, катаболізм та анаболізм їх у клітинах тканин організму.

В організм тварин і людини ліпіди потрапляють з їжею. Ліпіди їжі в основному представлені тригліцеридами. Крім того, з тваринними жирами в організм надходять жиророзчинні вітаміни А, D, K, E, а з рослинними оліями – ненасичені жирні кислоти (вітамін F). Інші групи ліпідів – фосфо- та гліколіпіди, холестерин і холестериди – містяться у продуктах харчування у значно менших кількостях.

**Травлення ліпідів – складний процес, що пояснюється їх нерозчинністю у воді.** У ротовій порожнині відсутні ферменти, здатні гідролізувати ліпіди. У шлунковій порожнині, особливо у період молочного годування, є ліпаза (шлункова, що діє при рН=1,5-1,8), яка здатна незначною мірою гідролізувати тригліцероли (жири), зокрема жири молока. Частка жирів, що розщеплюється у шлунку дорослої людини, не перевищує 5% (для маленьких дітей 10%). Це пояснюється особливостями харчування, відсутністю у шлунку емульгаторів жирів та кислою реакцією у порожнині шлунка. Тому у дорослих людей жири проходять через шлунок без особливих змін. Ліпіди розщеплюються головним чином у верхніх відділах тонкої кишки.

**Основні процеси травлення ліпідів**

**емульгування гідролітичне міцелоутворення**

забезпечується **розщеплення**

жовчними кислотами здійснюється завдяки наявності

та їх солями, що відповідних ферментів: ліпаз,

потрапляють у кишечник фосфоліпази, естераз.

з жовчного міхура,

моногліцеридів і жирних

кислот

**Допоміжні фактори емульгування –** гідрогенкарбонати панкреатичного соку, які утворюються під впливом вугільної кислоти, яка потрапила з шлунку.

**Основним ферментом,** що гідролізує жири, є **ліпаза** підшлункової залози та слизової оболонки кишечника. Ліпаза виробляється в неактивному стані і в порожнині кишечника активується жовчними кислотами. Активна ліпаза діє на емульсію жиру, зумовлюючи його гідроліз до гліцерину та вільних жирних кислот. Фосфоліпіди гідролізуються фосфоліпазами та ліпазами. Жовчні кислоти (похідні холанової кислоти) синтезуються у печінці із холестерину.

**Основні продукти гідролізу ліпідів**

**жирні гліцерин холестерин частково розщеплені фосфоліпіди**

**кислоти тригліцероли**

Водорозчинні продукти гідролізу добре всмоктуються. Всмоктування жирних кислот, частково гліцеролів, холестерину відбувається за допомогою **жовчних** кислот. Жовчні кислоти, з одного боку, утворюють з жирними кислотами водорозчинні комплекси – олеїнові кислоти, а з іншого – змішані міцели, які переносяться через мембрани епітелію.

При цьому **жовчеві** кислоти одразу потрапляють у кров’яне русло й через систему ворітної вени потрапляють спочатку в печінку, а звідти знову в жовч.

Р**озщеплення тригліцеридів.**

Під дією ліпаз тригліцериди розщеплюються в основному до моногліцеридів і вільних жирних кислот. Гідроліз жирів відбувається ступінчасто.

На першій стадії від тригліцериду відщеплюється одна молекула жирної кислоти, при цьому утворюється дигліцерид:



тригліцерид дигліцерид жирна кислота

На другій стадії відщеплюється друга молекула жирної кислоти, при цьому утворюється моногліцерид:



дигліцерид моногліцерид жирна кислота

Деяка кількість моногліцеридів може розщеплюватися до гліцерину і вільної жирної кислоти:



моногліцерид гліцерин жирна кислота

Отже, відбувається постійна циркуляція жовчевих кислот між печінкою та кишечником. Експериментально доведено, що в епітеліальних клітинах слизової оболонки кишок з продуктів розщеплення тригліцеридів знову утворюються (ресинтезуються) жири, але уже специфічні для організму. Реконструйовані жири, що утворилися , надходять у лімфатичні судини і лімфатичною системою через грудну протоку потрапляють у кровоносну систему.

**Перетворення гліцерину і жирних кислот**

Гліцерин піддається інтенсивному фосфорилюванню. Даний процес має місце у печінці та деяких інших органах і тканинах організму.

Розщеплення жирних кислот відбувається переважно шляхом β-окиснення, що є основним процесом перетворення ЖК в організмі людини і тварин. Процес β-окиснення відбувається головним чином у **мітохондріях** клітин, де наявні для цього відповідні ферменти, які каталізують процес окислювального фосфорилюванню, у зв’язку з чим β-окиснення жирних кислот є важливим джерелом енергії для організму.

**Транспортні форми ліпідів**

Ресинтезовані ліпіди (тригліцериди, гліцерофосфати,…), холестерин, який всмоктався з порожнини кишок, і деякі продукти розщеплення жирів (жирні кислоти), які не були використані в ресинтезі, здатні сполучатися з білком і утворювати транспортні форми ліпідів. Серед них важливу роль відіграють хіломікрони, α,β-ліпопротеїди та вільні жирні кислоти.

Окиснення жирів відбувається у печінці, нирках, скелетних і серцевому м’язі, у жировій тканині…

**Внутрішньоклітинний обмін ліпідів є** найважливішою ланкою в ланцюгу численних перетворень їх в організмі. Саме на цьому етапі відбувається катаболічні й анаболічні реакції, які забезпечують як асиміляцію ліпідів у вигляді пластичного матеріалу, так і окиснення їх до кінцевих продуктів. Під час окиснення ліпідів вивільнюється значна кількість енергії, яка нагромаджується у макроергічних зв’язках АТФ.

Одним з важливих етапів використання тригліцеридів у тканинах організму є розщеплення їх на складові частини – гліцерин і вищі жирні кислоти.

Триацилгліцероли являють собою запасну форму ліпідів в організмі. Голодування, значні фізичні навантаження та інші фактори, при яких втрачається енергія, виключають мобілізацію триацилгліцеролів із жирових депо. Поряд з цим нейтральні жири біосинтезуються у печінці, слизових оболонках кишок, жировій клітковині та інших органах.

У регуляції процесів запасання та використання ліпідів, які надходять в організм із їжею, провідна роль належить печінці та жировій тканині.

Високоспеціалізована жирова тканина здатна не тільки поглинати триацилгліцероли з крові, але й повертати в кровоносне русло жирні кислоти. Процес мобілізації жирів жировою тканиною регулюється ЦНС та ендокринною системою і не залежить від рівня ЖК у крові.

**3. Біосинтез ліпідів в організмі.**

**Біосинтез гліцерину.** Основним шляхом утворення гліцерину в організмах людини і тварин є відновлення діоксіацетонфосфату – проміжного продукту окиснення вуглеводів за участю ферменту гліцерофосфатдегідрогенази.

**Біосинтез жирних кислот.** Синтез вищих жирних кислот відбувається у різних органах і тканинах організму: печінці, нирках, легенях, кишках, молочній залозі та багатьох інших. Ферменти, що каталізують цей процес, зосереджені на поверхні мембран ендоплазматичної сітки клітини. Біосинтез жирних кислот проходить у розчинній частині цитоплазми за складним механізмом, який забезпечується рядом факторів і цитоплазматичних ферментних систем. Мітохондрії й ендоплазматичні сітки не беруть безпосередньої участі у цьому синтезі. Проте у них здійснюються процеси нарощування (подовження) вуглецевих ланцюгів жирних кислот, які містять від 12 до 16 атомів вуглецю. Процеси синтезу вищих ненасичених жирних кислот ґрунтуються на механізмі дегідрування та подовження вуглецевого ланцюга.

Щодо синтезу вищих ненасичених жирних кислот, то це питання остаточно ще не з’ясоване. Найбільш характерний синтез олеїнової та пальмітиноолеїнової кислот. Вважають, що такі ненасичені жирні кислоти, як лінолева, ліноленова, арахідонова, в організмі людини і деяких тварин не синтезуються, отже, вони повинні надходити в організм з їжею.

**Біосинтез тригліцеридів.** Процеси синтезу проходять у різних органах і тканинах організму при наявності двох вихідних сполук – активного гліцерину (α-фосфогліцерину) та активних жирних кислот і відповідних ферментних систем. Залежно від типу тканин організму біосинтез тригліцеридів може проходити двома шляхами – фосфатидним і β-моногліцеридним, який характерний в основному для слизової оболонки кишок.

**Біосинтез холестерину.** Холестерин в організмах людини і тварин має двояке походження. Частина його надходить до організму через травний канал з продуктами (щоденно – 0,2-1,2г холестерину) харчування, а частина синтезується в організмі (близько 1г, причому ~ 80% у печінці). Дві третини холестерину синтезуються в організмі з нежирових продуктів – вуглеводів і білків.

Основні джерела для біосинтезу холестерину: оцтова кислота, ацетон, оцтовий альдегід, ацетооцтова кислота та інші сполуки, які утворюються під час метаболічних реакцій. Динамічна система транспортування холестерину відіграє важливе значення у регуляції вмісту холестерину в клітинах, рівень якого залежить від регуляції біосинтезу.

Усі процеси ліпідного обміну регулюються ЦНС та ендокринною системою. Особливо важливу роль у процесах обміну ліпідів відіграють гіпофіз, статеві залози, наднирники, щитовидна та підшлункова залози. Так, при порушенні функції гіпофізу відбувається відкладання жирів у підшкірній клітковині та в інших органах, а гіперфункція щитовидної залози викликає різке **схуднення** внаслідок згорання жирів в організмі.

Соматична нервова система гальмує синтез жирів і посилює їх розпад, а парасоматична активує синтез і сприяє відкладанню ліпідів в організмі.

**4. Основні причини порушення обміну ліпідів та їх регуляція:**

1) недостатнє кількісне та якісне надходження ліпідів з їжею, що веде до розвитку гіповітамінозу жиророзчинних вітамінів;

2) зниження вживання з їжею рослинної олії – основного джерела ненасичених жирних кислот;

3) погіршення травлення і всмоктування жирів у випадках, коли в кишечник не надходить жовч у достатніх кількостях, а також при недостатній секреції ліполітичних ферментів. Виділення жовчі гальмується при захворюваннях печінки (гепатит, цироз) і жовчного міхура, у тому числі закупорюванні проток жовчними каменями.

Всмоктування жирів послаблюється при запаленні слизової оболонки тонкої кишки. Зниження засвоєння жирів веде до значного їх виділення з організму.

**Ожиріння настає:**

1) у випадку, якщо кількість енергії, що надходить в організм у вигляді їжі

значно більша від кількості енергії, що витрачається;

2) якщо синтез ліпідів перевищує їх розпад;

3) при гормональних порушеннях.

Порушення обміну холестеролу викликає атеросклероз, що пов’язано з підвищенням рівня холестеролу в крові. При атеросклерозі в стінках судин відкладаються ліпіди – ефіри холестеролу, менше – сфінгомієліни. Це веде до зниження еластичності й міцності стінок судин. Можуть утворюватися холестеролові бляшки, які перекривають просвіт капілярів. Це порушує процеси кровообігу й обміну речовин між кров’ю і тканинами. Рівень холестеролу підвищується у 2 – 5 разів (у нормі рівень холестеролу становить 1,5 – 2,5г/л). З віком вміст холестеролу та його ефірів у крові зростає. Атеросклероз веде до інсультів, інфарктів, атрофії кінцівок.

Біохімічні перетворення різних класів органічних сполук в організмі здійснюються не ізольовано, а одночасно, у певній послідовності, взаємозалежності і характеризуються високою узгодженістю. Так, порушення обміну ліпідів веде до зміни у вуглеводневому обміні. Між обміном білків, вуглеводів і ліпідів існує тісна енергетична взаємозалежність. Енергія, яка виділяється при розпаді одних сполук, використовується для біосинтезу інших.

**Питання для самоперевірки:**

1. Які функції ліпідів у живих організмах та їх норми у харчуванні?

2. Що таке конститутивні і запасні жири? Які тканини відіграють провідну роль

у процесах запасання й використання ліпідів їжі?

3. Як відбувається травлення ліпідів у ШКТ? Назвіть основні продукти

гідролізу ліпідів. У якому вигляді ліпіди всмоктуються у кров і розносяться

до тканин?

4. Що таке емульгування жирів? Назвіть найтиповіші приклади перебування

ліпідів у вигляді емульсій.

5. Яке значення жовчних кислот, ферментів у травленні ліпідів?

6. Зазначте схеми поетапного розщеплення тригліцеридів. Дайте назви

утвореним продуктам.

7. Яке енергетичне значення має окиснення жирних кислот?

8. Які причини порушення обміну ліпідів? Поясніть процес регуляції

ліпідного обміну.

**Лекція №10**

**Тема. Обмін білків, його особливості. Основні етапи перетворення білків в організмі.**

**План**

1. Білки як незамінні органічні сполуки живих організмів. Особливості білкового обміну.
2. Основні шляхи перетворення білків в організмі людини та вищих тварин.

Роль ферментів та хлоридної кислоти у травленні білків.

1. Перетворення амінокислот в організмі.
2. Біосинтез білків. Регуляція синтезу білка та його значення для організму.

**Рекомендовані джерела:**

1. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія: Навчальний посібник - Київ. “Вища школа”, 1995 -536 с.
2. Павлоцька, Л.Ф. Дуденко, Н,В. та ін. Біологічна хімія: підручник. Суми. Університетська книга, 2019. С.513.
3. www. Twirpx. Cjm// files/ biochevistry (біохімія та фізіологія харчування, опорний конспект лекцій) 59
4. files.znu.edu.ua/bank/2010/08/35/2373\_1283166668\_biologicheskaja\_ chimija\_knorre.djvu10.3.

**1. Білки як незамінні органічні сполуки живих організмів. Особливості**

**білкового обміну.**

Обмін білків у загальному обміні речовин посідає провідне місце. До складу білків входять переважно 20 різних амінокислот, які мають щонайменше дві функціональні групи: амінну – NH2 і карбоксильну – СООН. Ряд амінокислот мають ще сульфгідрильні, гідроксильні групи та деякі циклічні угрупування. Усе це свідчить про те, що білки й амінокислоти у процесі обміну можуть вступати у різноманітні реакції і зазнавати різних перетворень.

Білковий обмін строго специфічний і забезпечує безперервність відтворення й оновлення білків організму. Характерною особливістю білкового обміну є його розгалуженість: в обміні 20 білкових амінокислот беруть участь сотні проміжних метаболітів, тісно пов’язаних з обміном вуглеводів і ліпідів.

В організмі людини та вищих тварин постійно відбувається синтез і гідроліз різних білків. Динаміку обміну білків в організмі часто характеризують **балансом азоту,** оскільки основна маса азоту потрапляє в організм з білками їжі. **Баланс азоту може бути позитивним, негативним і дорівнювати нулю,** тобто перебувати у динамічній рівновазі.

**Позитивний** баланс азоту має місце тоді, коли в організм азоту вводиться більше, ніж виводиться (наприклад, дитячий вік, період вагітності…). **Негативний** баланс азоту простежується тоді, коли в організм з їжею надходить менше азоту, ніж його виділяється (наприклад, при білковому голодуванні, деяких інфекційних захворюваннях, порушенні діяльності травного каналу, старінні…).

**Фактори, що визначають стан білкового обміну:**

**• Фізіологічний стан організму.**

Інтенсивніший білковий обмін спостерігається у дитячому віці, при активній м’язовій роботі, вагітності, тобто у випадках, коли різко підвищується потреба у білках.

**• Нервово-гуморальний статус організму.**

Так, після введення окремих гормонів щитовидної залози спостерігається інтенсивний розпад тканинних білків. Інші гормони, наприклад, андрогени й естрогени, навпаки, стимулюють анаболічні процеси, сприяючи синтезу білків

• **Кількісний і якісний склад їжі.**

При недостатньому надходженні білків з їжею відбувається розпад власних протеїнів печінки, плазми крові, слизової оболонки кишечника з утворенням вільних амінокислот, що забезпечують синтез необхідних цитоплазматичних білків, ферментів, гормонів тощо. Важливе значення має не лише кількість білка, що надходить з їжею, але і його склад. Чим ближче амінокислотний склад білків тіла, тим вища його біологічна цінність. Для визначення біологічної цінності білка важливе значення також має вміст і співвідношення у ньому **есенціальних (незамінних**) **амінокислот.** Вважають, що білок виявляє належну повноцінність у тому випадку, коли кількість і співвідношення незамінних амінокислот у його складі будуть оптимальними відносно потреб організму. У природі неповноцінних білків майже не існує, необхідно розрізняти лише **біологічно більш цінні й менш цінні для харчування білки.**

**Добова потреба організму людини у білках складає**від **70** до **140г (1,3 г на 1кг ваги)** і залежить вона від віку, статі, виду трудової діяльності та інших факторів.

Ступінь засвоєння харчового білка залежить від ефективності його розпаду під впливом ферментів шлунково-кишкового тракту.

**2**.**Основні шляхи перетворення білків в організмі людини та вищих**

**тварин. Роль хлоридної кислоти у травленні білків.**

Білки, що потрапляють в організм з їжею, піддаються поступовому ферментативному розщепленню у травному каналі. Розщеплення білків їжі починається у шлунку і закінчується у тонкій кишці. У ротовій порожнині білки не піддаються змінам, оскільки в слині відсутні протеолітичні ферменти.

**Протеолітичні ферменти травного тракту різняться джерелами походження:**

**ферменти ферменти ферменти**

**шлункового соку панкреатичного соку кишкового соку**

(пепсин, ренін, (трипсин, хімотрипсин (дипептидази,

хімозин, гастриксин) колагеназа, еластаза) трипептидази…)

Білки, що надходять у шлунок, стимулюють виділення **гормону гастрину,** який викликає секрецію хлоридної кислоти обкладовими клітинами залоз слизової шлунку, а також пепсиногену головними клітинами.

**Особлива роль у травленні білків відводиться хлоридній кислоті, яка:**

1. створює оптимальне рН (рН 1,5-2,5) для дії пепсину, переводячи тим самим неактивний пепсиноген у активний пепсин;
2. сприяє набряканню білків, їхній денатурації, можливо, гідролізу складних білків;
3. стимулює виділення секретину в 12-палій кишці;
4. прискорює всмоктування заліза;
5. має бактерицидну дію.

Пепсин, який каталізує гідроліз пептидних зв’язків, розщеплює практично усі природні білки, за винятком деяких кератинів, протамінів, гістонів і муко протеїнів. Процеси розщеплення білків у шлунку немовлят каталізує активний фермент **ренін.** Подальше перетворення білків їжі відбувається у тонкому кишечнику, де на білки діють ферменти панкреатичного й кишкового соків.

Окремі амінокислоти, які не всмоктались у тонкій кишці, та деякі білки, що не розщепились, потрапляють у товсту кишку, де за участю мікроорганізмів піддаються різним перетворенням. Цей процес дістав назву **гниття білків.** У процесі перетворення з амінокислот утворюються аміни, жирні кислоти, спирти, феноли та інші сполуки, частина яких є отруйними для організму. Після всмоктування ці продукти потрапляють у печінку, де знешкоджуються шляхом хімічного зв’язування з сірчаною або глюкуроновою кислотою з утворенням нетоксичних, так званих **парних, кислот (фенолсульфатної або скатоксилсульфатної),** які виділяються з сечею.

Амінокислоти, що утворилися внаслідок гідролізу білків, з тонкої кишки всмоктуються в кров і переносяться нею до різних органів та тканини, перш за все, в печінку. У печінці частина амінокислот використовується для біосинтезу білків, а друга частина піддається різним хімічним перетворенням – **дезамінуванню, переамінуванню, декарбоксилюванню, біосинтезу…**

**Шляхи використання амінокислот (АК)**

**вуглеводи ліпіди холін креатин**

**катехоламіни, тироксин пептиди** (глутатіон,

ансерин, карнозин)

**пурини, піримідини**

**білки** (ферменти,

**біогенні аміни**  гормони, антитіла)

**порфірини** (гем, **α-кетокислоти**

гемоглобін, цитохроми)

**нікотинамід**

**сечовина аміак інші АК меланіни**

**3. Перетворення амінокислот в організмі.**

Проміжний метаболізм білкових амінокислот можна поділити на **загальні шляхи обміну** та **індивідуальні перетворення окремих амінокислот.** Загальні шляхи перетворення амінокислот включають реакції дезамінування, трансамінування (або переамінування), декарбоксилювання, біосинтезу.

**Основні види перетворення амінокислот:**

**за аміногрупою за карбоксильною за радикалом**

**групою амінокислоти**

Перші два види реакцій однотипні для усіх L-амінокислот. Реакції амінокислот за радикалом досить різноманітні і специфічні майже для кожної амінокислоти.

**І. Перетворення амінокислот за аміногрупою:**

**Реакції дезамінування.**

**Дезамінування –** це процес відщеплення аміногрупи від амінокислоти з утворенням молекули амоніаку.

**1. Окислювальне дезамінування:**

R – CH – COOH +O

R – CO – COOH +NH3

NH2

амінокислота кетокислота

**2. Відновне дезамінування:**

R – CH – COOH +2Н

R – CН2 – COOH + NH3

NH2

амінокислота насичена жирна кислота

**3. Гідролітичне дезамінування:**

R – CH – COOH +НОН

R – CНОН – COOH +NH3

NH2

амінокислота оксикислота

**4. Внутрішньомолекулярне дезамінування:**

R – CH2 – СН - COOH

R – CН=СН – COOH +NH3

NH2

амінокислота ненасичена жирна кислота

**ІІ. Перетворення амінокислот за карбоксильною групою:**

R – CH – COOH

R – CН2 – NH2 + СО2

NH2

амінокислота амін

Найбільш поширеним в організмах людини і тварин є окислювальне дезамінування.

**Кінцеві продукти обміну амінокислот**

У результаті перетворення амінокислот за аміно- і карбоксильною групами та за радикалами утворюються аміак, оксид вуглецю (IV), карбонові кислоти, кетокислоти, аміни та інші сполуки. Для організмів людини і високоорганізованих тварин аміак є токсичною речовиною.

**Основні шляхи знешкодження аміаку в організмі.**

1. Частина аміаку використовується на біосинтез амінокислот шляхом відновлюючого амінування α-кетокислот за механізмом реакції транс- амінування.
2. Аміак зв’язується при біосинтезі глутаміну та аспарагіну.
3. Деяка кількість аміаку виводиться з сечею у вигляді амонійних солей.
4. У формі креатиніну, який утворюється з креатину й креатин фосфату, виділяється з організму значна частина азоту амінокислот.
5. Найбільша кількість аміаку витрачається на синтез сечовини, яка виводиться з сечею як кінцевий продукт білкового обміну в організмі людини й тварин.

У людини із сечею виводиться в середньому азоту 10 – 18г за добу, в тому числі у формі сечовини 6 – 18г, сечової кислоти – до 0,2г, амонійних солей амоніаку – до 1,0г, амінокислот – до 1,15г, гіпурової кислоти – до 0,08г, креатиніну – до 0,8г, пептидів – до 0,7г.

**У процесі еволюції живі організми виробили різні типи азотистого обміну:**

1. **амоніотелічний тип,** при якому основним кінцевим продуктом є аміак; він властивий для риб;
2. **уротелічний тип,** при якому основним кінцевим продуктом є сечовина; він властивий для людини й тварин;
3. **урикотелічний тип,** при якому основним кінцевим продуктом є сечова кислота; він характерний для птахів і рептилій.

**4. Біосинтез білків. Регуляція синтезу білка та його значення для**

**організму.**

Обмін білків відіграє центральну роль у процесі обміну речовин між організмом і зовнішнім середовищем.

В організмах людини і тварин синтезуються мільйони різних білків. Білки в організмі (клітинах) постійно оновлюються. Так, період напіврозпаду (напівжиття) білків печінки становить близько 9 днів, білків м’язів – 120, а через 130-150 днів оновлюються усі білки організму. За добу в тканинах людини синтезується в середньому 1,3г білків на 1кг маси тіла. Отже, біосинтез білків – це динамічна система і функціонування її добре регулюється.

Біосинтез білків відбувається на рибосомах. ДНК передає інформацію щодо процесу синтезу білка через іРНК.

Біосинтез білків включає ряд складних біохімічних процесів, в яких беруть участь нуклеїнові кислоти, різні ферментні системи, йони металів тощо.

Механізм біосинтезу білків матричний. Матрицею є мРНК (або іРНК), що синтезуються на ДНК у процесі **транскрипції.**

мРНК сполучається з рибосомою, що і є матрицею, на якій у процесі **трансляції** Код мРНК (передає спадкові властивості) переходить у первинну структуру поліпептидів.

Амінокислоти активуються за рахунок АТФ і утворюють аміноацил-тРНК. Активні аміноацил- тРНК вступають у процеси трансляції.

Біосинтез починається процесами ініціації, що змінюються нарощуваннями пептидних ланцюгів. Первинні структури пептидів потім піддаються післясинтезній перебудові з утворенням вторинних, третинних і вищих структур білків.

Наявність узгодженої системи регулювання найважливіших процесів, які протікають у них, є необхідною умовою існування живих систем, забезпечення їх життєдіяльності. За участю білків-ферментів здійснюється регуляція обміну речовин, адаптація організму до зміни умов зовнішнього і внутрішнього середовищ, процеси **онтогенезу** та **диференціації** клітин,органів і систем. Тому досить важливим є здійснення контролю за синтезом саме тих білків-ферментів, які необхідні клітині за даних умов залежно від функцій, які вона повинна виконувати. В зв’язку з цим у процесі тривалого еволюційного розвитку живих організмів, незалежно від ступеня їх організації, сформувався досить складний, узгоджений механізм регуляції синтезу білка, який забезпечує сталі якісний та кількісний склад білків, необхідний для виконання певних фізіологічних функцій.

Слід зазначити, що ряд питань, які стосуються механізмів специфічності біосинтезу білків, а також регуляції синтезу є досить складною проблемою, яка вивчена ще недостатньо.

**Питання для самоперевірки:**

1.Яка біологічна роль білків?У чому полягає значення білків їжі для

живого організму?

2.Які особливості білкового обміну?

3.Що таке азотистий баланс організму? гниття білків? код білкового синтезу?

4.Назвіть основні шляхи перетворення білків в організмі людини та вищих

тварин. Яка роль ферментів, хлоридної кислоти у травленні білків?

5.Що являють собою реакції переамінування? декарбоксилювання?

Запишіть схеми основних видів дезамінування амінокислот.

6.Які кінцеві продукти азотистого обміну?

7. Яка роль рибосом у синтезі білка? Як регулюється біосинтез білків та

яке його значення для організму?

**Лекція № 11.**

**Тема. Водно-сольовий обмін.**

**План**

1. Вміст і розподіл води в організмі.
2. Зв’язок будови молекул води з її властивостями та функціями у клітині.
3. Обмін солей і йонів.
4. Біологічна роль макро- і мікроелементів.

**Рекомендовані джерела:**

1. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія: Навчальний посібник - Київ. “Вища школа”, 1995 -536 с.
2. Павлоцька, Л.Ф. Дуденко, Н,В. та ін. Біологічна хімія: підручник. Суми. Університетська книга, 2019. С.513.
3. Швидка Н. П. Біохімія та фізіологія харчування: Опорний конспект лекцій./ Н.П. Швидка. – Д.: ДУЕП, 2007. – 52 с.
4. files.znu.edu.ua/bank/2010/08/35/2373\_1283166668\_biologicheskaja\_ chimija\_knorre.djvu10.3.
5. **Вміст і розподіл води в організмі.**

У живому організмі вода – це середовище, в якому здійснюються хімічні реакції. Вода в організмі людини і тварин є основним внутрішньо- і позаклітинним середовищем, у якому відбувається обмін речовин, а також субстратом ферментативних реакцій. Вона забезпечує перенесення поживних речовин і продуктів обміну (кров, лімфа), перебіг низки різноманітних процесів (терморегуляція та ін.). Від складу води залежить злагоджений перебіг біохімічних процесів. Обмін води і мінеральних солей є важливою ланкою в ланцюзі метаболічних процесів, що здійснюються в живих організмах і забезпечують процеси життєдіяльності. Обмін води і мінеральних солей – єдине ціле, оскільки дані процеси взаємозалежні та взаємозумовлені: більшість мінеральних сполук знаходиться в організмі у водорозчинному стані, а концентрація йонів значною мірою визначає стан і розподіл води в організмі.

**Водно-сольовий обмін** – це сукупність процесів надходження в організм води і мінеральних солей, засвоєння, перетворення і використання їх в організмі для різних потреб, перерозподіл в тканинах, участь в обміні та виділення з організму.

**Вода** є важливим складовим компонентом усіх живих організмів. Загальний вміст води в живих організмах від 60 до 90% маси тіла. В організмі дорослої людини вміст води становить2/3маси тіла (65%), новонароджених до74%, ембріонів – 94-97%, морських безхребетних (медузи) до 99%, риби (80%). В наземних рослинах вміст води коливається від 50% до 74%, у водоростей вода складає 95-99%, у картоплі – 77%, в огірках – 99%. У спорах і насінні міститься близько 16 % води. Відомо, що вміст води у різних клітинах неоднаковий (70-80%). Чим більше води у клітині, тим інтенсивніша її життєдіяльність.

**Вміст води в різних органах, тканинах і рідинах організму:**

печінка, серце, нирки (72-78%); мозок (74-82%); легені (75-79%); плазма крові (92%); м’язи (76%); сполучна тканина (60-70%); кісткова (16-64%); жирова (25-30%); сеча - 95%, молоко – 98%.

У рідинах організму – міжклітинній рідині, лімфі, крові, соках травлення – міститься вільна вода, яка називається **інтрацелюлярною** (72%). У тканинах організму вода перебуває у зв’язаному стані (**екстрацелюлярна** або **позаклітинна** – 28%) – вона не витікає при розтині органів і зосереджена між різними молекулами (переважно білковими), мембранами та іншими мікроструктурами тканин.

Залежно від того, наскільки міцно зафіксована вода окремими структурами, розрізняють **іммобільну, слабко**- та **міцнозв’язану** воду. Іммобільна вода міститься в складі субклітинних структур – ядра, мітохондрій, рибосом; слабка знаходиться в складі дифузних шарів гідратних оболонок; міцнозв’язана (4%) зв’язана з колоїдами тканин, переважно з білками.

Вода, що забезпечує гідратацію молекул біополімерів, називається **гідратаційною.**

Певна кількість води утворюється в організмі в процесі окиснення різних сполук (білків, вуглеводів, ліпідів) – це так звана **ендогенна** вода. Так, при окисненні 100г жиру утворюється 107г води, при окисненні білків і вуглеводів – відповідно 45-55г, тобто при добовій енергетичній цінності 1250-1460 кДж в організмі утворюється близько 350-400 мл ендогенної води. Ендогенна вода відіграє важливу роль у житті тварин, які живуть у пустелях і запасають багато жиру, за рахунок окиснення якого утворюється значна кількість води, яка використовується для потреб організму.

Вміст та розподіл води в організмі значною мірою залежать від віку, фізіологічного стану організму та інших факторів.

**2. Зв’язок будови молекул води з її властивостями та функціями в**

**клітині.**

**Біологічна** роль води визначається особливостями її молекулярної структури, малими розмірами молекул, полярністю молекул, здатністю утворювати водневі зв’язки.

**Функції води в організмі:**

- універсальний розчинник;

- обов’язковий компонент, що забезпечує перебіг численних біохімічних перетворень різних сполук під час обміну речовин в організмі;

- за участю води здійснюються реакції гідролізу, гідратації, дегідратації, синтезу, розщеплення біополімерів;

- за участю води клітини транспортують поживні речовини, продукти обміну, йони;

- значна роль води у забезпеченні нативної структури біополімерів – білків, ферментів, нуклеїнових кислот.

Важливу роль виконує вода у підтриманні гомеостазу – сталості показників внутрішнього середовища організму – кислотно-лужної рівноваги, осмотичного тиску, температури, тобто вода забезпечує підтримання таких важливих констант, як ізотермія, ізотонія, ізоіонія, ізоосмія. Усі ці функції води та важлива роль у біологічних системах зумовлені її фізико-хімічними властивостями і будовою (полярністю, здатністю до утворення кратних водневих зв’язків, хімічною інертністю, великою теплоємністю, низькою в’язкістю, високим значенням діелектричної проникності тощо).

Вода бере також участь і в підтриманні осмотичних явищ, забезпечує йонну рівновагу в організмі, від якої залежить нормальний перебіг багатьох біохімічних перетворень, що є основою життєдіяльності організму.

Важлива та різнобічна роль води в обмінних процесах організму вимагає поновлення витрат і постійного надходження її в організм. За добу в організм людини надходять 2,5-3 л води або 30-50 мл на 1 кг маси. Кількість води може змінюватись залежно від віку людини, характеру трудової діяльності. Температури навколишнього середовища, дієти та ін. Так, дітям на добу необхідно більше води ніж дорослим, оскільки в них інтенсивніше відбувається обмін речовин. На добу в організм дітей повинно надходити близько120 мл на 1 кг маси.

Організм людини і вищих тварин досить чутливий до нестачі води. Якщо без їжі, але при забезпеченні водою, людина може жити 30 і більше діб, то позбавлена води – гине через 10-12 діб. Втрата організмом 10-12% води викликає значне порушення функцій нервової системи, обмінних процесів в організмі, втрату свідомості, а втрата 25% води викликає незворотні зміни і може стати причиною смерті.

Обмін води включає процеси її надходження в організм, використання для різних потреб та виділення. **В основному добова потреба людини в воді забезпечується за рахунок таких джерел:** 1) продуктів харчуванні – 2000-2500 мл (овочів і фруктів – 700-900 мл; різних рідин – чай, компот, супи – 700-900 мл); 2) питної води – 700-800 мл. Всього за добу в організм людини надходить у середньому 3,5 л води.

Зміна співвідношення між компонентами, за рахунок яких задовольняється добова потреба організму в воді, залежить від температури навколишнього середовища, пори року, виду організму та особливостей обміну.

Співвідношення між кількістю спожитої та виділеної води називається **водним балансом.** Підтримання сталості водного балансу є необхідною умовою життєдіяльності. За певних умов організм може знаходитись у стані позитивного чи негативного водного балансу. У першому випадку води виділяється менше, ніж надходить в організм, а в другому – спостерігається протилежне явище. Позитивний водний баланс спостерігається під час голодування і супроводжується набряками. Негативний водний баланс, як правило, виникає при хворобах нирок.

**Основні шляхи виведення води з організму**

1. Основним органом регуляції водного балансу в організмі людин і тварини (ссавців) є нирки (через нирки з сечею виділяється близько 60% всієї води – 1200-1500 мл). За надлишку води в організмі нирки виводять розбавлену сечу, за дефіциту – концентровану. Сеча людини містить близько 96% води, 1,5% солей і 2,5% органічних продуктів обміну (сечовина, сечова кислота), величина рН має широкий діапазон (при споживанні багатої на білки їжі реакція сечі є кислою, рослинної їжі – слабколужною). За добу доросла здорова людина виділяє 1,2-1,6 л сечі, але її кількість залежить від питного режиму, характеру їжі та ін.

2. Певна частина води виводиться через легені, наприклад з організму дорослої людини через легені виводиться 250-350 мл води, через кишки 50-200, через шкіру разом з потом – 500-1000. Виділення води через шкіру пов’язане з терморегуляцією. При значному підвищенні температури за добу з потом може виділятись 5 л води.

3. Важливою речовиною для водно-сольового обміну в організмі є слина, яка має слабкокислу або слабколужну реакцію (рН 5,6-7,6). У дорослої людини виділяється близько 1,5 л слини (у великих тварин – до 40-60 л на добу). Слина містить воду (98,5 – 99,5%) і розчиненні в ній аніони (хлориди, фосфати, гідрогенокарбонати, йодиди, броміди, фториди, сульфати), катіони (натрій, калій, кальцій, магній), мікроелементи (ферум, купрум, нікель, цинк, літій) та органічні речовини (білок, амінокислоти, ферменти).

Водний баланс організму залежить від збалансованості основних компонентів добового раціону. У регуляції водного обміну в організмі провідна роль належить центральній нервовій системі та залозам внутрішньої секреції.

**3. Обмін солей і йонів.**

Обмін води досить тісно пов’язаний з обміном солей. Солі не лише входять до складу органів і тканин організму, а й забезпечують перебіг численних метаболічних процесів. У природі відбувається постійний кругообіг хімічних елементів, в тому числі за участю живих організмів, так звана біогенна міграція, тобто зміни, що відбуваються у верхніх шарах земної кори, впливають на хімічний склад живих організмів. Нині в організмі людини виявлено понад 70 хімічних елементів, з яких 47 присутні постійно і відіграють важливу роль у забезпеченні процесів життєдіяльності. Ці елементи називаються **біогенними**.

Припускають, що в живих організмах знаходяться всі відомі хімічні елементи і їх нукліди.

Маса живих організмів на 98% складається з шести хімічних елементів: вуглецю, азоту, кисню, водню, сірки, фосфору. Враховуючи роль цих хімічних елементів у будові живого організму, їх назвали **органогенними**. Решта хімічних елементів складають лише 1% маси живих організмів. За кількісним вмістом усі хімічні елементи, які входять до складу живих організмів, поділяють на **макро-, мікро-** та **ультрамікроелементи**. Вміст мікроелементів в організмі знаходиться в межах 0,001 % (10-2%). До них належать такі хімічні елементи, як О, С, Н, Са, К, Na, S, P, Mg, Fe, Cl. Вміст мікроелементів у живих організмах становить від 10-3 до 10-5%. До мікроелементів відносять Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co та ін. Елементи, вміст яких в організмі менше ніж 10-12%, називаються **ультрамікроелементами** – Hg, Au, Ag та ін.

У тканинах і рідинах організму хімічні елементи можуть знаходитись у складі органічних і неорганічних сполук та в йонному вигляді. Більшість хімічних елементів у тканинах і рідинах організму утворює комплексні сполуки з біополімерами: білками, нуклеїновими кислотами, які виконують роль біолігандів. Найчастіше комплекси з біолігандами утворюють йони Fe2+ (залізопорфірини), Со2+ (вітамін В12), Mg2+ (магнійпорфірин). До складу організмів входять також йони К+, Na+, Са2+, Mg2+, Cl-, SO42-, PO43-, HCO3- та інші, які зумовлюють фізико-хімічні процеси у тканинах.

За складом рідини, які містяться всередині клітин і поза ними, значно різняться між собою: у клітинах переважають йони К+, Mg2+ і фосфати, поза клітинами – йони Na+, Са2+ і Cl-. Ця відмінність підтримується діяльністю біологічних мембран і зв’язуванням йонів хімічними компонентами клітини (наприклад, фосфоліпідами мозку, м’язів і печінки більшою мірою поглинаються йони натрію, ніж калію). В організмі є сольові депо (накопичувані): у кістковій тканині міститься багато Са2+, у печінці депонують різні мінеральні речовини, мікроелементи, в тому числі й токсичні.

З’ясування механізму впливу йонів металів на обмінні процеси в організмі дає підстави стверджувати, що він значною мірою зумовлений взаємозв’язком їх з ферментними системами організму. Майже всі ферменти, які беруть участь у розщепленні та синтезі складних біополі мерів клітин (білків, нуклеїнових кислот, вуглеводів, ліпідів), активуються йонами металів. Слід зазначити, що йони металів можуть виявляти як позитивний, так і негативний вплив на активність ферментів. Одні і ті самі йони металів можуть виконувати роль активаторів одних ферментів і інгібіторів каталітичної активності інших. Так, йони Са2+ і Ва2+підвищують активність ферменту РНК-ази, а йони Cu2+ - навпаки, гальмують його дію. Деякі йони металів виявляють синергічну дію і можуть заміщувати один одного в процесі біокаталізму.

Так, йони Mg2+, які забезпечують перебіг гліколітичного розщеплення вуглеводів, можуть бути заміщені йонами Mn2+.

Обмін мінеральних речовин контролюється гормонами. Кількість мінеральних речовин, абсорбованих з їжі, як правило, залежить від метаболічних потреб організму і в деяких випадках від складу харчових продуктів.

**4. Біологічна роль макро- і мікроелементів.**

У харчуванні людини **мінеральні речовини** мають не менше значення, ніж білки, жири, вуглеводи та вітаміни. Мінеральні речовини в організмі людини не синтезую4ться, тому належать до незамінних компонентів харчування. Однією з умов забезпечення повноцінності добового раціону є збалансованість його не лише за такими важливими компонентами, як білки, вуглеводи та й ліпіди, а й за біологічно-активними сполуками та макро-, мікроелементами. Макро- і мікроелементи надходять в організми людини і тварин з продуктами харчування рослинного і тваринного походження, питною водою і частково з повітрям. Вміст макро- і мікроелементів у різних продуктах харчування, як правило, достатній для задоволення добової потреби в них. У рослинних продуктах міститься значна кількість калію, натрію, фосфору, заліза, магнію та ін. елементів. У продуктах тваринного походження міститься значна кількість сірки, фосфору, кальцію, марганцю, магнію, фтору.

Вважають, що мінеральні речовини повинні складати близько 4% добового раціону. Досить важливим є не лише кількісний вміст певних макро- і мікроелементів у добовому раціоні, а й співвідношення між ними. Рекомендовані норми добової потреби в окремих макро- і мікроелементах такі: хлор – 6-8 г, натрій – 4-8, калій – 2-3, сірка – 1,2, фосфор – 1,6-2, кальцій – 0,9- 1,0, магній – 0,6-0,7, залізо – 15 мг, цинк – 11-16, мідь –2-3 мг, йод –100-200γ.

Біологічна активність як макро-, так і мікроелементів в організмі є високою і всебічною, зокрема вони:

1) беруть участь у пластичних процесах, тобто в формуванні і побудові тканин організму; наприклад, кальцій і фосфор є основними структурними елементами кісткової тканини;

2) беруть участь у структурі та функціонуванні більшості ферментних систем;

3) формують оптимальні сольові склади і підтримують кислотнолужну рівновагу всіх рідин організму;

4) підтримують хімічний склад крові і беруть участь у побудові складових елементів; наприклад, залізо входить до складу гемоглобіну крові;

5) нормалізують водно-мінеральний обмін в організмі;

6) мають вплив на захисні реакції організму, в значній мірі забезпечують його імунітет;

7) стимулюють нормальне функціонування серцево-судиннної, нервової і м’язової систем, кровотворення та енергетичні процеси.

**Питання для самоперевірки:**

1. Які процеси включає поняття водно-мінеральний обмін? Яке значення в

організмі має даний вид обміну?

2. Яка біологічна роль води та мінеральних солей у клітині? Чим пояснюється

неодинаковий уміст води у різних клітинах?

3. Яка це вода: ендогенна, інтрацелюлярна, екстрацелюлярна, іммобільна та

гідратаційна?

4. Які функції в організмі виконують макро- і мікроелементи?

5. У чому полягає специфічність регуляції метаболізму у живих організмах? За

участю яких механізмів здійснюється регуляція водно-сольового обміну?