

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



БІОХІМІЯ

Методичні вказівки до лабораторних занять
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітніх програм «Харчові технології» та
«Експертиза харчових продуктів та продовольчої сировини»
галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво
спеціальності G13 Харчові технології
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2025

УДК 577

Б-28

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки _____ Н.П. Поліщук

Рекомендовано до видання вченою радою факультету митної справи, матеріалів та технологій ЛНТУ,

протокол № ____ від « » _____ 2025 року.

Голова вченої ради факультету ММТ _____ В.В. Ткачук

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ, протокол № ____ від _____ 2025 року.

Завідувач кафедри ХТХ _____ І.М. Дударєв

Укладач: _____ О.І. Гулай, доктор педагогічних наук, професор кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

Рецензент: _____ В.Я. Шемет, кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

Відповідальний за випуск: _____ І.М. Дударєв, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

Біохімія : методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітніх програм «Харчові технології» та «Експертиза харчових продуктів та продовольчої сировини» галузі знань 6 Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності 613 Харчові технології денної та заочної форм навчання / уклад. О.І. Гулай. Луцьк: ЛНТУ, 2025. 88 с.

Методичні вказівки до лабораторних занять з біохімії складені відповідно до робочої програми. Для кожної теми подані теоретичні відомості, докладний опис методики виконання експерименту й обчислень, контрольні питання для самостійної роботи студентів.

© Гулай О.І., 2025

ЗМІСТ

Вступ	4
Заняття 1	5
Заняття 2	11
Заняття 3	17
Заняття 4	23
Заняття 5	29
Заняття 6	33
Заняття 7	41
Заняття 8	46
Заняття 9	51
Заняття 10	53
Заняття 11	59
Заняття 12	67
Заняття 13	71
Заняття 14	78
Заняття 15	80
Рекомендована література	85

ВСТУП

Біохімія є однією із основних дисциплін природничо-наукової підготовки бакалаврів спеціальності Харчові технології. Біохімія (від грец. βίος — «життя» і егип. kēme — «Земля», також біологічна або фізіологічна хімія) — наука про хімічний склад організмів та їхніх складових частин та про хімічні процеси, що протікають в організмах.

Мета дисципліни – розвиток професійного мислення студентів, забезпечення свідомого розуміння закономірностей перетворень основних речовин, що входять до складу живих організмів, в основі яких є гідролітичні, окиснювальні процеси, процеси взаємодії окремих компонентів між собою, які відбуваються з різною швидкістю під впливом різних факторів: температури, рН-середовища, тиску і т.п. Основні завдання дисципліни: висвітлити хімічну природу основних речовин, що входять до складу живих організмів; сформувані поняття про хімічні перетворення білків, вуглеводів, ліпідів, мінеральних елементів у процесі життєдіяльності людини, роль вітамінів, гормонів, ферментів у цих процесах, ознайомити з основними напрямками застосування біотехнологій у виробництві харчових продуктів; сформувані у студентів знання про основні нутрієнти в харчових продуктах та сучасні наукові уявлення про харчування людини, розглянути принципи здорового способу життя та оволодіти методами раціонального харчування; виробити навички застосування набутих знань з біохімії під час подальшого вивчення фахових дисциплін.

Перед початком лабораторного практикуму кожен студент повинен добре засвоїти правила роботи і техніку безпеки в хімічній лабораторії, а також способи надання у разі необхідності першої допомоги.

Оцінювання знань відбувається балами у формі рейтингу. Поточний контроль здійснюється у вигляді захисту лабораторних робіт, виконання тестових завдань на платформі Moodle, підготовки та виступу з рефератами,

ЗАНЯТТЯ № 1

Тема: порядок роботи і техніка безпеки в хімічній лабораторії. Особливості елементного складу живих організмів.

Мета: Засвоїти правила техніки безпеки при роботі у хімічній лабораторії. Встановити значення органогенів та біоелементів. Властивості амінокислот.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Особливості живої матерії.
2. Будова еукаріотичної клітини.
3. Хімічний склад живих організмів.
4. Макроелементи, мікроелементи, ультрамікроелементи: значення для живих організмів.
5. Зародження життя на Землі; гіпотези та теорії.

ПРАВИЛА РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ

При роботі у хімічній лабораторії необхідно дотримуватись наступних правил:

1. Працювати старанно і уважно, дотримуватись тиші.
2. На робочому місці не повинно бути нічого зайвого. Портфелі, головні убори, тощо повинні знаходитись в спеціально відведеному в лабораторії місці.
3. При виконанні експериментів дотримуватись порядку і послідовності операцій, вказаних в методичних рекомендаціях.
4. Уважно спостерігати за ходом досліду і відмічати кожну його особливість і зміни (випадання або розчинення осаду, зміну забарвлення, температури, виділення газу тощо).
5. Оформлення лабораторної роботи необхідно підготувати вдома (п.1-4) та закінчити відразу після виконання досліду в лабораторному зошиті за наступною схемою:
 1. Дата, номер і тема лабораторної роботи.
 2. Номер і назва досліду.
 3. Короткий зміст або умови проведення досліду.
 4. Схема або малюнок приладу.
 5. Спостереження і результати.
 6. Рівняння реакцій.
 7. Розрахунки.
 8. Висновки.
6. Без дозволу викладача забороняється проводити експерименти, не вказані в інструкції.
7. Зберігати своє робоче місце чистим. Пролиту воду чи реактив витерти, дотримуючись обережності. Розбите скло, шматки паперу, залишки твердих речовин, металів, тощо викидати в урну чи в спеціальну посудину, але не у зливну раковину.

8. Після закінчення роботи привести до порядку своє робоче місце і здати його черговому, який виключає світло, газ, воду.

II. ПРАВИЛА РОБОТИ З РЕАКТИВАМИ

1. На кожній склянці з реактивом повинна бути етикетка з назвою і концентрацією реактиву (для розчинів).

2. Реактиви слід витрачати економно. Сухі реактиви з баночок брати чистим шпателем чи спеціальною ложечкою. Наливаючи рідкі реактиви, склянку слід тримати етикеткою до себе.

3. Реактиви загального користування, що знаходяться на спеціальних полицях або у витяжних шафах, забороняється заносити на свої робочі місця.

4. Після використання реактиву склянку слід відразу ж щільно закрити тим самим корком і поставити на місце. Не можна тримати реактиви відкритими і, закриваючи, плутати корки.

5. Не зсипати і не зливати реактиви, що були взяті в надлишку, назад в склянку: це може зіпсувати весь реактив в склянці.

6. Якщо реактив відбирають піпеткою, то не можна тією ж піпеткою, не вимивши її, брати інший реактив.

7. Не виливати в раковини невикористані концентровані кислоти і луги, а також реактиви, що містять сполуки срібла, ртуті: їх треба зливати в спеціальні склянки.

III. ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Всі досліди, при яких виділяються отруйні гази і пара, а також досліди з концентрованими кислотами, проводити у витяжній шафі при включеній вентиляції.

2. Концентровані кислоти і луги наливати в пробірки обережно, слідкуючи за тим, щоб реактиви не попадали на руки і одяг.

3. При розбавленні концентрованих кислот, особливо сульфатної, вливати невеликими порціями кислоту в воду, а не навпаки.

4. Не нюхати гази, що виділяються, близько нахилившись до посуду. При визначенні запаху газу чи рідини обережно вдихати повітря, злегка направляючи струмінь його від посуду до себе помахом руки.

5. Не працювати з легкозаймистими речовинами поблизу запаленого пальника.

6. При наливанні реактивів не нахилитись над посудом з рідиною, щоб уникнути попадання реактиву на обличчя чи одяг.

7. Не нахилитися над посудом з рідиною, що нагрівається, тому що вона може вибризнути.

8. При нагріванні рідини в пробірці її треба тримати так, щоб отвір пробірки був направлений в бік від себе і від товаришів, що знаходяться поруч.

9. При загорянні горючих рідин негайно погасити вогонь, накинувши протипожежну ковдру або засипати полум'я піском.

10. Гарячі предмети брати тільки спеціальними щипцями.

11. Після роботи в лабораторії треба старанно вимити руки.

IV. НАДАННЯ ПЕРШОЇ ДОПОМОГИ

1. При попаданні кислоти на руки або обличчя їх треба негайно витерти сухою ватою, старанно змити уражене місце сильним струменем води, а потім 5% розчином гідрокарбонату натрію (питної соди).

2. При попаданні лугу на руки або обличчя їх потрібно спочатку витерти ватою, змити водою, а потім – 2% розчином борної кислоти.

3. При попаданні лугу або кислоти в очі треба добре помити очі великою кількістю води, а потім 3% розчином гідрокарбонату натрію, якщо в очі попала кислота, або 2% розчином борної кислоти, якщо в очі попав луг, і негайно звернутись до лікаря.

4. При опіках гарячими предметами треба прикласти на обпечене місце вату, змочену етиловим спиртом або 3-5% розчином перманганату калію і перев'язати бинтом. При серйозних опіках необхідно відразу звернутись до лікаря.

5. У випадку порізів рук слід насамперед видавити з рани осколки скла, потім змити кров 2% розчином перманганату калію, змастити рану 3% спиртовим розчином йоду, а тоді забинтувати.

6. При отруєнні необхідно відразу звернутись до лікаря.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Типова еукаріотична клітина має лінійні розміри від 20 до 100 мікрометрів. Вона оточена плазматичною мембраною, під якою розміщені цитоплазма і ядро. Ядро відповідає за зберігання генетичного матеріалу і початкові етапи синтезу білків. Цитоплазма оточує ядро з усіх боків. У ній можна виокремити цитозоль — рідку фракцію, та органели — оформлені структури, що спеціалізуються на виконанні тієї чи іншої функції.



Найпомітніші ті органели, що оточені власною мембраною. До них належить ендоплазматичний ретикулум — неперервна сітка трубочок і цистерн, що пронизують цитоплазму й беруть участь в утворенні мембран (синтезі мембранних ліпідів і білків), секреції й дезактивації токсинів. Апарат Гольджі є

місцем сортування й модифікації мембранних і секреторних білків клітини. Лізосоми — це травні органели, які містять ферменти, потрібні для розщеплення поживних речовин і утилізації відпрацьованих частин клітини. Транспортні везикули (пухирці) переносять речовини від однієї органели до іншої і від органел до клітинної мембрани. Також у клітинах можуть міститися різноманітні вакуолі (травні, скоротливі, з клітинним соком). Мітохондрії є енергетичними станціями клітини й оточені двома мембранами. У них відбувається синтез АТФ. Також вони мають власний генетичний апарат і здатні розмножуватися всередині клітини. У фотосинтезувальних еукаріотів у клітинах містяться пластиди (хлоро, хромо- і амілопласти). Деякі внутрішньоклітинні структури не оточені мембраною — до них належать, наприклад, цитоскелет — сітка білкових ниток, які виконують опорну й рухову функції, а також рибосоми — макромолекулярні комплекси, утворені з білків і РНК, що беруть участь у синтезі білкових молекул.

Хімічний склад живих організмів, на відміну від об'єктів неживої природи, відносно сталий. У живих організмах трапляється майже 60 хімічних елементів. Одні з них обов'язкові для усіх організмів без винятку, інші - знайдені лише в представників окремих видів. За кількісним розподілом їх можна поділити на три групи.

Макроелементи (вміст понад 0,01%): Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Фосфор, Сульфур, Натрій, Кальцій, Калій, Магній, Хлор, Ферум.

Мікроелементи (менше 0,01%): Цинк, Манган, Кобальт, Купрум, Флуор, Йод.

Ультрамікроелементи (менше 0,001 %): Бор, Літій, Алюміній, Силіцій, Станум, Кадмій, Селен, Ванадій, Титан, Хром, Нікель, Рубідій, Аурум тощо.

Макроелементи є компонентами органічних сполук, беруть участь в утворенні зв'язків між білковими молекулами, біоелектричних процесах. Найбільший вміст у клітині чотирьох елементів: Оксигену (65-70%), Карбону (15-18%), Гідрогену (8-10%) та Нітрогену (2-3%). Це органогенні елементи. Разом їх вміст становить 95-98% загальної маси організму. Мікроелементи забезпечують перебіг ферментативних реакцій, входять до складу гормонів і вітамінів, беруть участь у процесах дихання. Біологічне значення багатьох ультрамікроелементів не встановлене. Елементи, що входять до складу живих організмів, наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Елементи, що входять до складу живих організмів

Елемент	Символ	Вміст (%)	Значення для клітини й організму
Карбон	C	15-18	Головний структурний компонент усіх органічних сполук клітини
Оксиген	O	65-75	Головний структурний компонент усіх органічних сполук клітини
Нітроген	N	1,5-3,0	Обов'язковий компонент амінокислот

Гідроген	H	8-10	Головний структурний компонент усіх органічних сполук клітини
Фосфор	P	0,0001	Міститься у складі кісткової тканини і зубної емалі, нуклеїнових кислот, АТФ і деяких ферментів
Калій	K	0,15—0,4	Міститься в клітині тільки у вигляді йонів, активує ферменти білкового синтезу, обумовлює ритм серцевої діяльності, бере участь у процесах фотосинтезу
Сульфур	S	0,15—0,20	Міститься у складі деяких амінокислот, ферментів, вітаміну В
Хлор	Cl	0,05—0,10	Найважливіший аніон в організмі тварин, компонент HCl у шлунковому соку
Кальцій	Ca	0,04—2,00	Міститься у складі клітинної стінки рослин, кісток і зубів; активує згортання крові й скорочення м'язових волокон
Магній	Mg	0,02—0,03	Міститься у складі молекул хлорофілу, а також кісток і зубів, активує енергетичний обмін і синтез ДНК
Натрій	Na	0,02—0,03	Міститься в клітині тільки у вигляді йонів, зумовлює нормальний ритм серцевої діяльності, впливає на синтез гормонів
Ферум	Fe	0,010—0,015	Міститься у складі багатьох ферментів, гемоглобіну і міоглобіну, бере участь у біосинтезі хлорофілу, у процесах дихання і фотосинтезу
Іод	I	0,0001	Міститься у складі гормонів щитоподібної залози
Купрум	Cu	0,0002	Міститься у складі деяких ферментів, бере участь у процесах кровотворення, фотосинтезу, синтезу гемоглобіну
Манган	Mn	0,0001	Міститься у складі ферментів або підвищує їх активність, бере участь у розвитку кісток, асиміляції азоту й процесі фотосинтезу
Молібден	Mo	0,0001	Міститься у складі деяких ферментів, бере участь у процесах зв'язування атмосферного азоту рослинами

Кобальт	Co	0,0001	Міститься у складі вітаміну B₁₂ , бере участь у фіксації атмосферного азоту рослинами, розвитку еритроцитів
Цинк	Zn	0,0003	Міститься у складі деяких ферментів, бере участь у синтезі рослинних гормонів (фуксину) і спиртовому бродінні

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Хімічний склад живих організмів.

Описати властивості основних макро- і мікроелементів, що входять до складу живих організмів. Заповнити таблицю за зразком:

Елемент	Символ	Вміст (%)	Значення для клітини й організму
Макроелементи			
Карбон	C	15-18	Головний структурний компонент усіх органічних сполук клітини
Мікроелементи			

ЗАНЯТТЯ № 2

Тема: властивості амінокислот. Білки.

Мета: вивчити будову амінокислот та білків, способи їх утворення та хімічні властивості.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Класифікація амінокислот.
2. Оптична активність амінокислот.
3. Хімічні властивості амінокислот, методи синтезу.
4. Незамінні, умовно замінні, замінні для людини амінокислоти.
5. Структура білків.
6. Фізичні властивості білків.
7. Якісні реакції білків.
8. Функції білків в організмі людини.
9. Денатурація білків і фактори, які їх викликають.
10. Зворотні і незворотні реакції осадження білків.
11. Колоїдні властивості білків та їх розчинів.

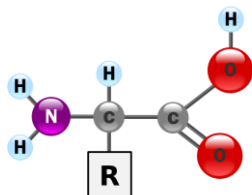
ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У природі зустрічається близько 300 амінокислот, їх можна умовно розділити на дві групи:

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

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

Непротеїногенні амінокислоти більш різноманітні в порівнянні з протеїногенними. До складу білків входить 20 амінокислот у α -формі, розташованих в різній, але строго визначеній для кожного білка послідовності. α -амінокислоти відрізняються одна від одної структурою і складом групи R (бічний ланцюг).



Амінокислоти класифікують за хімічною будовою:
аліфатичні – гліцин (Глі), аланін (Ала), валін (Вал), лейцин (Лей),
ізолейцин (Ілей);

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

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

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

ароматичні – феніланін (Фен), тирозин (Тир), триптофан (Три);

сіркоутримуючі – цистеїн (Цис), цистин (Цит), метіонін (Мет);
за біохімічним призначенням:

глюкогенні – через ряд хімічних перетворень надходять на шлях гліколізу (окислення глюкози) – Глі, Ала, Тре, Вал, Асп, Глу, Арг, Гіс, Мет.

кетогенні – беруть участь в утворенні кетонових тіл – Лей, Іле, Тир, Фен.
за харчовою цінністю:

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

замінні – інші.

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

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

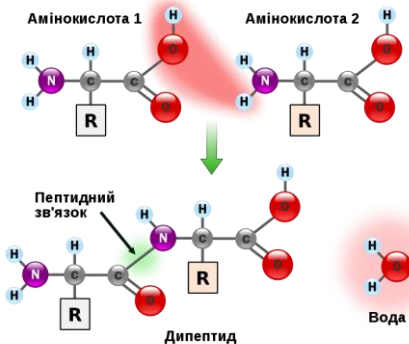
Біполярність молекул амінокислот обумовлює такі їхні властивості, як гарна розчинність у воді, високі значення діелектричних постійних і температури плавлення.

Функціональні групи амінокислот різноманітні, що дозволяє виявляти більшість їх за допомогою кольорових реакцій. Багатьох з них, дуже чутливих і специфічних, виявляють навіть в малих кількостях у складі складних сумішей, біологічній сировині рослинного і тваринного походження, білках. Реакція з нінгідрином лежить в основі кількісного визначення амінокислот і білків.

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

Одержувані з амінокислот альдегіди мають приємний запах. Сполучення запахів різних альдегідів визначає аромат багатьох харчових продуктів.

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



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

Амінокислоти одержують ферментативним (амінокислоти утворюються в процесі життєдіяльності мікроорганізмів), гідролітичним методом (гідроліз відходів, переважно, м'ясної промисловості) та методом органічного синтезу (ціангідринним, амінуванням галогенозаміщених карбонових кислот, приєднанням амоніаку до ненасичених кислот, відновленням нітропохідних карбонових кислот).

Білки – полімери, що не розгалужуються, мінімальна структурна одиниця яких – амінокислота (АК). Амінокислоти з'єднані між собою пептидним зв'язком. Поліпептиди, які здатні мимоволі формувати і утримувати певну просторову структуру, яка називається конформацією, відносять до білків. Стабілізація такої структури можлива лише при досягненні поліпептидами певної довжини. Тільки маючи певну просторову будову, білок може функціонувати.

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

Вторинна структура – це просторове розташування атомів головного ланцюга молекули білка, наприклад альфа-спіралі і бета-листи. Вона утворюється і утримується в просторі за рахунок утворення водневих зв'язків між боковими угрупованнями АК основного ланцюга.

Третинна структура – це властивий даному білку спосіб укладання поліпептидного ланцюга у просторі. Це основа функціональності білка. Вона забезпечує стабільність обширних ділянок білків, що складаються з безлічі амінокислотних залишків та бокових груп. Такі впорядковані в просторі ділянки білка формують активні центри ферментів або зони зв'язування. Пошкодження третинної структури приводить до втрати функціональної активності білка.

Четвертинна структура – розміщення в просторі взаємодіючих між собою субодиниць, утворених окремими поліпептидними ланцюгами. Четвертинна структура – це вищий рівень організації білкової молекули і він властивий далеко не всім білкам. Зв'язки, що формують цю структуру нековалентні: водневі, електростатичної взаємодії.

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

Класифікація білків: за розчинністю: водорозчинні, сольоворозчинні, спирторозчинні, нерозчинні і ін.; за конформаційною структурою: фібрілярні, глобулярні; за хімічним складом: прості білки – протеїни – складаються тільки з амінокислот, складні білки – протеїди – крім АК мають в складі небілкову частину (вуглеводи, ліпіди, метали, нуклеїнові кислоти)

До протеїнів відносять:

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

2. Глобуліни – не розчинні у воді, але розчинні у сольових розчинах. Імуноглобуліни відносять до цієї групи.

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

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

а) колагени – фібрилярні білки сполучної тканини. При тривалому кип'яченні вони розчиняються у воді і при застиганні утворюється желатин.

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

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

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

д) проламіни і глютеніни – білки рослинного походження.

Протеїди залежно від її хімічної природи простетичної групи класифікуються на:

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

2. Гемопротеїди – небілковий компонент цих протеїдів – гем. До таких білків відносяться: гемоглобін, міоглобін, цитохроми. Цей клас білків ще називають хромопротеїди, оскільки гем є забарвленим з'єднанням. Вони здійснюють важливі функції. Гемоглобін – транспортує кисень. Міоглобін – забезпечує запасання кисню в м'язах. Цитохроми (ферменти) – здійснюють каталіз окислювально-відновлювальних реакцій і електронний транспорт у дихальному ланцюзі.

3. Металопротеїди – до складу простетичної групи входять метали. Хлорофіл – містить гем, але в ньому замість заліза знаходиться магній. Цитохроми – містять мідь.

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

5. Фосфопротеїди – крім білка містять залишок фосфорної кислоти.

6. Глюкопротеїди – крім білка містять вуглеводи.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Визначення наявності α -аміногрупи в амінокислотах.

В одну пробірку налити 1 мл розчину, що досліджується (амінокислота або білок). У другу – стільки ж води (контрольна проба). В обидві пробірки додати 1 мл розчину натрій нітриту та по 1 мл оцтової або сульфатної кислоти. Суміш струшують. Порівнюють інтенсивність утворення бульбашок газоподібного азоту в обох пробірках – (поодинокі бульбашки газу в контрольній пробі – це оксиди азоту, що утворюються в результаті руйнування нітритної кислоти).

Дослід 2. Визначення буферних властивостей амінокислот.

Буферні властивості амінокислот визначають шляхом співставлення кількості лугу або кислоти, які потрібно додати до розчину цих речовин і до води, щоб змінити реакцію середовища на лужну або, відповідно, на кислу. Обидві рідини мають близькі вихідні значення рН. З метою визначити, як змінюється цей показник у лужну сторону використовують індикатор фенолфталеїн, який набуває червоного забарвлення при рН 8,3...10. Зміна реакції середовища на кислу визначається за допомогою метилоранжу, для якого перехід жовтого забарвлення в нейтральному і слабкокислому середовищі на оранжеве відбувається при рН 3,1...4,4.

У дві пробірки наливають по 2 мл розчину амінокислоти або гідролізату білків, у дві інші – по 2 мл води. В одну пробірку з джерелом амінокислот і в одну з водою доливають по 1...2 краплі фенолфталеїну, після чого з допомогою NaOH доводять реакцію до слаболужної. Спостерігають, який об'єм лугу витрачений у кожній пробі для зміни рН на лужну.

До решти пробірок наливають по 1-й краплі метилоранжу і титрують HCl до появи оранжевого забарвлення. Відмічають, скільки витрачено HCl для зміни рН. Результати оформити у вигляді таблиці:

Таблиця 2.1

Буферні властивості амінокислот

№ п/п	Речовина	Індикатор	Забарвлення індикатора початкове	Забарвлення індикатора кінцеве	Об'єм розчинів HCl (1), NaOH (2), мл
1.	вода	метилоранж			
1.	амінокислота	метилоранж			
2.	вода	фенолфталеїн			
2.	амінокислота	фенолфталеїн			

Дослід 3. Утворення амінокислотами комплексних сполук.

а) У пробірку наливають 2 мл розчину гліцину та додають близько 0,1 г купрум (II) оксиду. Суміш кип'ятять кілька хвилин. Розчин забарвлюється у синій колір.

б) У пробірку до 1 мл водного розчину гліцину (глікоколю) додають краплю 1 %-го розчину FeCl₃ і нагрівають. Поява червоного забарвлення свідчить про утворення халатної сполуки. При додаванні мінеральних кислот забарвлення зникає.

Дослід 4. Кольорові реакції амінокислот білків.

а) **Ксантопротеїнова реакція.** 3-5 мл розчину яєчного білка нагрівають з 1-2 мл концентрованої нітратної кислоти, при цьому випадає осад жовтого кольору. Жовте забарвлення зумовлене нітруванням ароматичних груп білкових молекул. При додаванні аміаку до вистиглого розчину жовтий колір переходить в оранжевий. Ксантопротеїнова реакція зумовлена наявністю в білкових залишках таких ароматичних амінокислот, як фенілаланін, тирозин, триптофан.

б) **Біуретова реакція.** У пробірці 3 мл розчину яєчного білка нагрівають з 2 мл 10 %-ного натрій гідроксиду і декількома краплями 2 %-ного розчину

купрум (II) сульфату. При цьому рідина забарвлюється в характерний червоно-фіолетовий колір. Біуретова реакція зумовлена наявністю у молекулі білка пептидних угруповань: $-\text{CO}-\text{NH}-$.

в) **Реакція Фоля** на наявність сірки в білку. У пробірку наливають 0,5 мл 1 %-ного розчину плюмбум (II) нітрату і краплями додають 10 %-ий розчин натрій гідроксиду до розчинення плюмбум (II) гідроксиду, що утворився. До розчину додають декілька крапель білка або 2-3 мл розчину білка. Суміш перемішують і обережно нагрівають до кипіння протягом 2-3 хвилин. Поява бурого, а під кінець реакції чорного забарвлення вказує на утворення плюмбум (II) сульфиду, а отже, на присутність сірковмісних амінокислот в досліджуваній білковій речовині.

Дослід 5. Коагуляція білків при нагріванні.

У пробірку наливають 3-4 мл свіжоприготовленого розчину ячного білка й обережно нагрівають над полум'ям пальника. Спостерігають поступове помутніння розчину й утворення осаду білка. Коагуляція білків при нагріванні незворотня.

Дослід 6. Осадження білків солями важких металів.

У дві пробірки наливають 1-2 мл досліджуваного розчину білка і краплями додають в одну пробірку 5%-ний розчин купрум (II) сульфату, в другу – 5%-ний розчин плюмбум (II) ацетату. В усіх пробірках спостерігають утворення пластівчастого осаду. При надлишку реактивів осад знову розчиняється.

Дослід 7. Осадження білків спиртом.

У пробірку наливають 1 мл розчину білка і 1 мл етанолу. При збовтуванні суміші білок випадає в осад. Частину вмісту пробірки переливають у іншу пробірку і додають води до розчинення осаду.

Дослід 8. Виявлення білків у харчових продуктах.

Подрібнити у ступці горох, вівсяні пластівці або сир. Додати 5 мл дистильованої води, перемішати, злити розчин у пробірки. Провести біуретову реакцію для виявлення білка.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Амінокислоти.

Описати властивості основних амінокислот, що входять до складу білків живих організмів. Незамінні амінокислоти виділити кольором. Заповнити таблицю за зразком:

Амінокислота, назва, скорочення	Формула	Характеристика	Особливе значення	Продукти, що багаті на амінокислоту
Аспаргінова кислота, аміно-янтарна кислота, α -амінобутандіова кислота, Asp		моноаміно-дикарбонова, полярна	входить до складу білків крові	рослинні білки, особливо спаржа

ЗАНЯТТЯ № 3

Тема: властивості моно-, ди- і полісахаридів.

Мета: засвоїти основи класифікації моносахаридів, вміти зображати їх структурні формули, виявляти у продуктах харчування

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Класифікація вуглеводів за функціональними групами та кількістю атомів Карбону (форми Коллі - Толленса і Хеуорсі).
2. Фотосинтез.
3. Будова моносахаридів. Асиметричні атоми вуглецю та стереізомерія в ряду моносахаридів.
4. Найважливіші представники моносахаридів; їх ациклічні та циклічні форми.
5. Дисахариди (відновні та невідновні).
6. Полісахариди. Будова крохмалю і глікогену.
7. Хімічні властивості вуглеводів.
8. Гідроліз крохмалю.
9. Важливі похідні вуглеводів.
10. Функції вуглеводів у організмі людини.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Вуглеводи – біохімічні сполуки, що утворюються в рослинах як первинні продукти фотосинтезу. У рослинах вуглеводи становлять 80...90 % маси, причому в різних частинах вміст їх різний. Так, у зелених частинах рослин він становить 2,5...6 %, у бульбах картоплі і коренеплодах – 10...20 %, у зернах злаків – до 70 %. У складі організму людини і тварин вуглеводи присутні в меншій кількості, ніж білки та ліпіди, і становлять усього приблизно 2 % від маси сухих речовин.

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

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

Пластична функція. Вуглеводи беруть участь у синтезі багатьох речовин, необхідних для життєдіяльності організму, таких, як нуклеопротейни, ліпоїди, складні ферменти, мукополісахариди й ін.

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

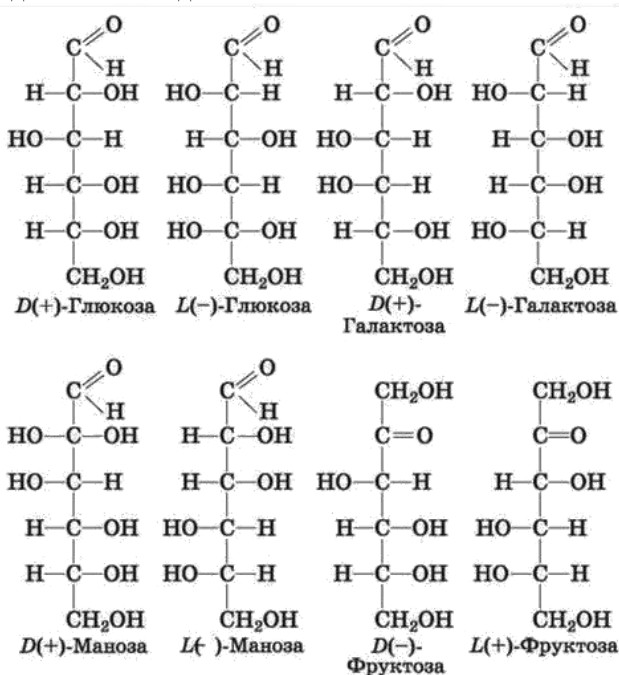
Захисна функція. Густі секрети (слизи), виділювані різними залозами, багаті на мукополісахариди. Вони охороняють стінки органів від механічних ушкоджень, від проникнення патогенних бактерій і вірусів.

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

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

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

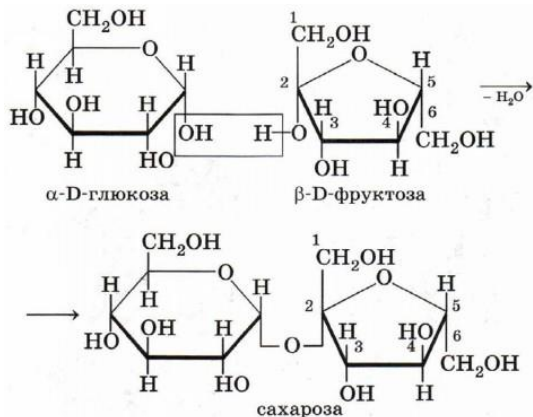
Моносахариди. Вуглеводи цієї групи мають карбонільну групу (альдегідну або кетонну). Вони є похідними багатоатомних спиртів і мають склад $C_nH_{2n}O_n$. Моносахариди відрізняються різним характером будови і просторовим розташуванням функціональних груп. За характером останніх вони поділяють на альдози і кетози.



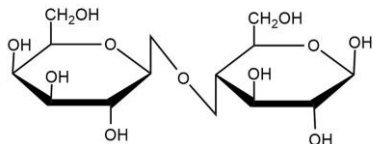
Олігосахариди. У складі молекул олігосахаридів перебуває від 2 до 10 залишків моносахаридів, з'єднаних глікозидними зв'язками. У цю групу входять дисахариди, трисахариди і т.п.

Дисахариди – складні цукри, кожна молекула яких при гідролізі розпадається на дві молекули моносахаридів. Емпірична формула $C_{12}H_{22}O_{11}$. Серед дисахаридів найбільше значення мають мальтоза, лактоза, сахароза,

целобіоза. Поряд з полісахаридами дисахариди є основними вуглеводами в їжі людини і тварин.



Лактоза (лат. lactis — молоко) молочний цукор, вуглевод групи дисахаридів, міститься в молоці і молочних продуктах. Молекула лактози складається із залишків молекул глюкози і галактози і володіє відновлюваними властивостями.

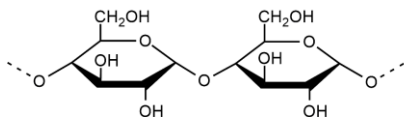


Полісахариди. Це високомолекулярні вуглеводи, що складаються з великого числа моносахаридів. Вони мають гідрофільні властивості і при розчиненні у воді утворюють колоїдні розчини.

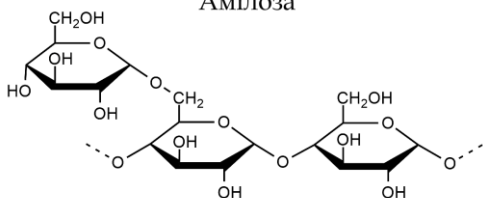
Гомополісахариди. До їхнього складу входять моносахариди одного типу. Наприклад, крохмаль і глікоген побудовані тільки з молекул глюкози, інулін — із фруктози.

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

Крохмаль це суміш лінійного полісахариду — амілози (10...30 %) і розгалуженого амілопектину (70..90 %), загальна формула яких — $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Гідролітичне розщеплення крохмалю відбувається поступово, з утворенням проміжних продуктів — декстринів і мальтози, при повному гідролізі виділяється глюкоза.



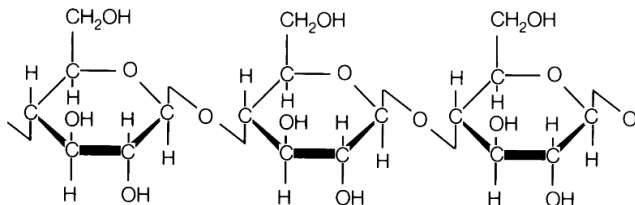
Амілоза



Амілопектин

Глікоген ("тваринний крохмаль") – головний резервний полісахарид людини і вищих тварин.

Целюлоза (клітковина) ($C_6H_{10}O_5$)_n широко поширена в рослинному світі. Вона є основною структурою стінок клітин, обумовлюючи їхню міцність і еластичність.



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

Гетерополісахариди складаються з різного виду моносахаридів (глюкози, галактози) і їхніх похідних (аміносахарів, гексуранових кислот). У їхньому складі виявлені і інші речовини: азотисті основи, органічні кислоти. До гетерополісахаридів відносять полісахариди.

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

Гіалуронова кислота також є гетерополісахаридом. Вона входить до складу сполучної тканини в якості основного "цементуючого" компонента клітин і міжклітинної речовини. У зв'язку із цим їй належить важлива роль у формуванні бар'єрних функцій організму, що сприяє захисту його від інфекцій, іонізуючої радіації, вона також бере участь в обміні води в організмі.

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

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Утворення срібного дзеркала.

У чисту пробірку, вимиту гарячим лугом і виполоскану дистильованою водою, поміщають 1-2 мл розчину аргентум нітрату, додають розчину аміаку до розчинення осаду і доливають рівний об'єм 3 %-ного розчину глюкози. Пробірку поміщають на декілька хвилин у нагріту до 70-90 °С воду. При цьому металічне срібло, що виділяється при окисленні глюкози, осідає на стінках пробірки у вигляді дзеркала.

Дослід 2. Окислення глюкози купрум (II) гідроксидом у лужному розчині (реакція Троммера).

У пробірку наливають 2 мл 3 %-ного розчину глюкози, 2-3 мл 10 %-ного розчину натрій гідроксиду і додають краплями 0,5 мл 1 %-ного розчину купрум (II) сульфату. Купрум (II) сульфат взаємодіє з лугом і утворює осад гідроксиду, який розчиняється при збовтуванні, тому що глюкоза, що має у своєму складі гідроксильні групи, має властивість давати з купрум (II) гідроксидом розчинні комплексні сполуки (сахарати) інтенсивного синього кольору.

Верхній шар вмісту пробірки обережно нагрівають у полум'ї пальника до початкового кипіння і спостерігають зміну забарвлення розчину. При цьому глюкоза окисляється у глюконову кислоту і з'являється жовтий осад, що переходить у червоний осад купрум (I) оксиду.

Позитивну реакцію Троммера дають тільки ті вуглеводи, які мають вільний глікозидний гідроксил, тобто всі моносахариди, а із дисахаридів – мальтоза, лактоза і деякі інші. Вуглеводи, що не мають вільної альдегідної або кетонної групи, тобто сахароза, крохмаль, глікоген і інші, реакції Троммера не дають.

Дослід 3. Реакція з реактивом Фелінга.

Окиснення глюкози проходить також під дією реактиву Фелінга. У пробірку наливають 2 мл 1 %-го розчину глюкози і 0,5 мл суміші реактивів Фелінга I та II. Суміш перемішують і доводять до кипіння. У пробірці спостерігається виділення червоного осаду купрум (I) оксиду

Дослід 4. Реакція Селіванова на кетогексози.

Характерною реакцією на кетогексози є одержання червоного забарвлення при нагріванні їх з концентрованою хлоридною кислотою у присутності резорцину.

До 2-3 мл 1 %-ного фруктози доливають близько 2 мл реактиву Селіванова і нагрівають на водяній бані. Спостерігають появу вишнево-червоного забарвлення. Забарвлення залежить від взаємодії оксиметилфурфурулу, що утворюється з резорцином.

Альдогексози в цих умовах реагують набагато повільніше, і розчин забарвлюється лише у блідо-рожевий колір.

Дослід 5. Виявлення моносахаридів у розчині меду.

Приготувати по 10 мл 5 %-ного розчину натурального і штучного меду. У окремих пробірках провести реакції з реактивами Фелінга і Селіванова. Зробити висновок про якісний склад моносахаридів меду.

Дослід 6. Відновні властивості дисахаридів.

У три пробірки наливають по 2 мл 1% розчинів: у 1-у пробірку - сахарози, у 2-у - мальтози, у 3-ю - лактози. У кожен пробірку додають по 2 мл фелінгової рідини, що складається з 1 мл реактиву Фелінга № 1 і 1 мл реактиву Фелінга № 2). Усі пробірки нагрівають до початку кипіння. У пробірці із сахарозою не спостерігається відновлення міді, у двох інших з'являються осадки оксиду міді (I).

Написати структурні формули дисахаридів і пояснити результати дослідів.

Дослід 7. Якісне виявлення крохмалю.

а) У хімічний стакан помістити 1-2 г крохмалю, додати 2-3 мл води, перемішати і при перемішуванні додати гарячої води до отримання прозорого розчину. Вистудити розчин, налити у пробірку 1-2 мл та капнути у нього 1-2 краплі розчину йоду в калій йодиді. З'являється інтенсивне синє забарвлення.

б) Пробірку з дослідів а) нагріти на спиртівці. Забарвлення зникає, після охолодження розчин синіє повторно.

в) Виявити з допомогою йоду крохмаль у продуктах харчування (хліб, картопля, вівсяні пластівці).

Дослід 8. Кислотна деструкція крохмалю.

У стакан об'ємом 100 мл вносять 25 мл крохмального клейстеру і 10 мл 10 %-го розчину сульфатної кислоти. Суміш, поступово нагріваючи, кип'ятять протягом 20 хв. При цьому на початку, в середині, а також у кінці нагрівання відливають зі стакана в окремі пробірки приблизно по 1 мл гарячої рідини, швидко охолоджують її у воді, додають по одній краплі розчину йоду в калій йодиді і ставлять до штатива.

У пробірках із йодом відбувається поступова зміна забарвлення розчину від синього через лілове та фіолетове до червоного в результаті гідролізу молекул крохмалю з утворенням декстринів, молекулярна маса яких поступово зменшується.

Коли чергова проба з йодом вже не дає забарвлення, розчин, що залишився в стакані, охолоджують, відливають у пробірку, нейтралізують розчином лугу і нагрівають із реактивом Фелінга. Поява червоного осаду купрум (I) оксиду свідчить про повний гідроліз крохмалю до глюкози.

ЗАНЯТТЯ № 4

Тема: Ліпіди, хімічні властивості жирів.

Мета: вивчити будову та біохімічні функції жирів, способи їх утворення та хімічні властивості.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

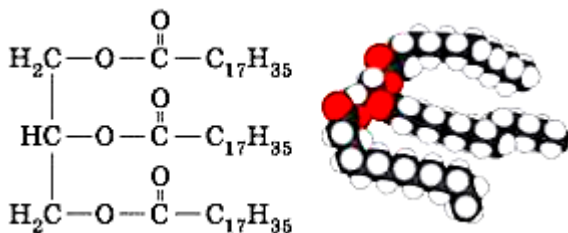
1. Загальна характеристика і класифікація ліпідів.
2. Біохімічні функції жирів.
3. Складні ліпіди.
4. Природна сировина для отримання жирів.
5. Жирні кислоти, що входять до складу природних жирів. Значення ненасичених жирних кислот.
6. Гідрогенізація жирів.
7. Емульгування жирів, біологічне значення цього процесу.
8. Класифікація та біологічна функція ліпоїдів; будова фосфоліпідів.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Ліпіди (від грец. *lipos* – жир) є похідними вищих жирних кислот, спиртів і альдегідів, що відрізняються різним ступенем розчинності в органічних розчинниках. Вегетативні частини рослин накопичують не більш 5 % ліпідів, насіння – 50 % і більше. Більшість природних жирів – це складні суміші простих та змішаних триацилгліцеролів, що вміщують вищі жирні кислоти, спирти та альдегіди, які різняться між собою довжиною вуглеводневого ланцюга, ступенем ненасиченості, характером розміщення подвійних зв'язків, наявністю оксо- та гідроксигруп у молекулі. Жирні кислоти в природних жирах майже завжди мають парну кількість атомів карбону, найчастіше з 16 (пальмітинова кислота) та 18 атомами (стеаринова кислота).

За хімічним складом ліпіди поділяються на прості і складні.

Прості ліпіди – речовини, молекули яких складаються з залишків жирних кислот (або альдегідів) і спиртів. До них відносяться нейтральні жири (триацилгліцероли, інші гліцероли) і воски. У цю групу входять також ефіри вітамінів А і D з вищими жирними кислотами. До їхнього складу входять насичені і ненасичені жирні кислоти (найбільш часто зустрічаються пальмітинова, стеаринова і олеїнова кислоти).



Жирні кислоти містять, як правило, парне число атомів Карбону і нерозгалужений ланцюг. За наявністю або відсутністю подвійних (або

потрійних) зв'язків у молекулі жирні кислоти поділяють на ненасичені та насичені. Залежно від кількості подвійних зв'язків у молекулах ненасичені жирні кислоти називають моно-, ди-, триєновими (полієновими). При температурі тіла ненасичені жирні кислоти є рідинами, насичені вищі жирні кислоти з числом атомів карбону від 12 до 24 перебувають у твердому воскоподібному стані.

Тканини людини не здатні синтезувати лінолеву і ліноленову кислоти, а повинні одержувати їх з їжею, у зв'язку з чим їх відносять до есенціальних факторів харчування. Всі інші поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) утворюються шляхом подовження ланцюга або введення нових подвійних зв'язків.

Біологічна роль ПНЖК досить важлива: вони беруть участь як структурні елементи у фосфатидах, ліпопротеїнах клітинних мембран. А крім того, входять до складу оболонки нервових волокон, сполучної тканини, впливають на обмін холестерину, підвищуючи його окислювання і сприяючи перетворенню в лабільну сполуку. ПНЖК також нормалізують стан стінок кровоносних судин. Ці кислоти зв'язані з обміном вітамінів групи В (піридоксину і тіаміну), стимулюють захисні механізми організму, підвищують його стійкість до інфекційних захворювань і дії радіації, впливають на стан шкірного і волосяного покриву.

Ліпіди виконують різноманітні функції.

Енергетична. Ці речовини є джерелами енергії: при окислюванні в організмі 1 г жиру виділяється 9 ккал.

Регуляторна. Ліпіди – важливі фактори регулювання обміну води в організмі. Кількість води, що утворюється в організмі при повній деградації жирів, досить велика: при окислюванні 100 г жиру виділяється 107 г ендогенної води, що має особливе значення в екстремальних умовах (наприклад, при недостатньому надходженні води ззовні).

Пластична. Ліпіди в організмі виконують структурно-пластичну роль, тому що входять до складу клітинних і позаклітинних мембран усіх тканин у виді ліпопротеїнів (комплексів з білками) і гліколіпідів (ліпідів, що містять вуглеводи).

Захисна. Ліпіди шкіри і внутрішніх органів виконують захисну роль. Вони охороняють організм людини і тварин від переохолодження.

Жири є розчинниками вітамінів А, D, E, K і сприяють їх засвоєнню. З харчовими жирами в організм надходить ряд біологічно активних речовин: фосфатиди, поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), стерини й ін.

Жири, що входять до складу їжі, поліпшують її смакові якості, а також підвищують поживну та енергетичну цінність.

Гліцерофосфоліпіди (складні ліпіди) являють собою ефіри гліцеролу, жирних кислот, фосфорної кислоти і азотвмісних сполук. Характерною рисою їхньої будови є наявність у молекулі гідрофобних (радикали жирних кислот) і гідрофільних (фосфорна кислота, азотиста основа) груп. Завдяки цьому гліцерофосфоліпіди взаємодіють з жирами і водорозчинними сполуками.

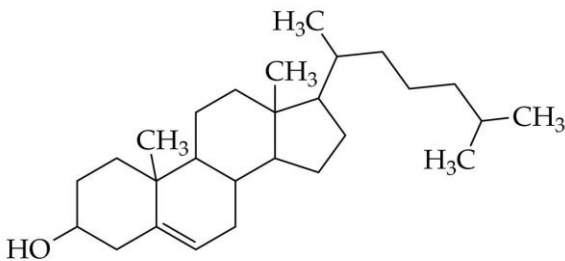
Гліцерофосфоліпіди поділяються на наступні групи (підкласи): 1) фосфатидилхоліни (лецитини); 2) фосфатидилетаноламіни (кефаліни); 3) фосфатидилсерини; 4) ацетальфосфатиди (плазмалогени); 5) фосфатидилінозити.

У комплексі з білками ці речовини входять до складу нервової тканини, печінки, серцевого м'яза, статевих залоз. Вони беруть участь у побудові мембран кліток, визначають ступінь їхньої проникності для жиророзчинних речовин, беруть участь в активному транспорті складних речовин і окремих іонів у клітині і з них, підвищують активність протромбіну в процесах згортання крові. Гліцерофосфоліпіди сприяють кращому використанню білка і жиру в тканинах, беруть участь у біосинтезі білка, попереджають жирову інфільтрацію печінки. Будучи антиоксидантами, вони запобігають окислюванню інших сполук, у тому числі вітамінів А і Е. Додаткова потреба людини у фосфоліпідах 5...6 г. Вони містяться в таких харчових продуктах, як нерафіновані рослинні олії, вершкове масло, яєчний жовток.

Сфінголіпіди (сфінгомеліни) складаються з двох молекул жирних кислот, однієї молекули аміноспирту сфінгозину, азотистої основи і фосфорної кислоти. Ці ліпіди містяться в мембранах тваринних і рослинних клітин, ними багаті нервова тканина, нирки, печінка.

До складних ліпідів відносяться також гліколіпіди. Вони побудовані зі сфінгозину, вищої жирної кислоти і вуглеводної частини (галактози, глюкози, галактозаміну або нейрамінової кислоти). До гліколіпідів відносяться церебросиди, сульфатиди, гангліозиди, що відіграють визначену роль у здійсненні функцій біологічних мембран. Складні ліпіди містяться в білій речовині головного мозку, клітинах крові та ін.

Стероїди. Це група ефірів, утворених при взаємодії високомолекулярних циклічних спиртів і вищих жирних кислот. Найбільш важливим представником стероїдів є холестерол (холестерин).



В організмі він виконує наступні функції: виступає попередником багатьох біологічно важливих сполук (стероїдних гормонів, жовчних кислот, вітаміну D), входить до складу клітинних мембран, підвищує стійкість еритроцитів до гемолізу, бере участь у проведенні нервових імпульсів, являє собою своєрідний ізолятор для нервових клітин.

Важливе значення для організму мають похідні ліпідів. Вони близькі за будовою і фізико-хімічними властивостями, тісно зв'язані в структурі клітин і

процесах обміну. До них відносяться пігменти (каротини), жиророзчинні вітаміни та ін.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Розчинність жирів

У чорити пробірки помістити по декілька крапель соняшникової олії і додати у першу – воду, другу – етиловий спирт, третю – хлороформ, четверту – бензин. Перемішати вміст кожної пробірки, відставити у штатив і записати результати розчинності через 5 хв.

Дослід 2. Емульгування жирів.

Емульгуванням називають розподіл однієї нерозчинної рідини в інший у вигляді краплин. Таке подрібнення на краплини звичайно здійснюється при енергійному перемішуванні двох рідин. Щоб емульсія не розшарувалася, використовують спеціальні речовини – емульгатори або стабілізатори. Емульгатор розподіляється по поверхні краплинок диспергованої рідини у вигляді тонкої плівки і перешкоджає їх злиттю. Стійкість одержаної емульсії в значній мірі залежить від природи емульгатора. Наприклад, молочно-жирова емульсія маргарину має високу стійкість і не розшаровується при механічній і термічній діях. У вітчизняному маргариновому виробництві як емульгатори використовують суміші моно- і дигліцеридів, фосфатиди, сухе молоко. При виготовленні майонезів з цією метою використовують яєчний і гірчичний порошки.

Миючі властивості мила також пояснюють його емульгуючими властивостями, які знижують поверхневий натяг крапель масла. Це призводить до значного збільшення стійкості піни та емульсії. У три пробірки наливають по 2 - 3 краплі соняшникової олії. В одну з них приливають 2 мл дистильованої води, у другу – 2 мл 1%-ного розчину мила, третю – 2 мл розчину соди. Енергійно струшують пробірки. Що спостерігається в кожній з цих пробірок?

Дослід 3. Омилення жирів.

У випарну чашку вміщують 1 мл рицинової або соняшникової олій і 4 краплі 35 %-вого розчину натрію гідроксиду. Суміш розмішують скляною паличкою і спостерігають утворення однорідної емульсії. Рицинова олія починає омилюватись уже на холоді. Суміш нагрівають, безперервно помішуючи скляною паличкою.

Коли маса почне тужавіти, нагрівають, помішуючи доти, поки не утвориться однорідна прозора жовтувата рідина — мильний клей. Продовжуючи нагрівання, випарюють воду, поки мильний клей не почне приставати до палички все більше і більше і, нарешті, не стане застигати у вигляді білих пухких пластинок після видалення палички з чашки.

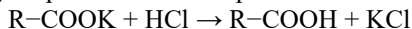
Знімають чашку з вогню і виконують пробу на повноту омилення. Для цього крупинку мила вміщують у пробірку, додають 1-2 мл дистильованої води і нагрівають до кипіння. Якщо мило розчиниться цілком, то омилення закінчене.

До густої однорідної маси при перемішуванні додають гарячий насичений розчин натрію хлориду (висолювання мила). Суміші дають відстоятися й

охолонути. Шар мила спливає на поверхню водного розчину. Мило витягають і віджимають між аркушами фільтрувального паперу.

Дослід 4. Утворення вільних жирних кислот.

З розчинами концентрованих мінеральних кислот, зокрема, хлоридної, мила утворюють вільні жирні кислоти:



Отримати розчин господарського мила. У пробірку наливають 2–3 мл розчину мила і додають 1 мл концентрованої хлоридної кислоти. Спостерігають за утворенням жирних кислот, які збираються у верхньому шарі суміші.

Дослід 5. Властивості жирів.

а) Для виявлення гліцерину в жирах використовують реакцію утворення акролеїну. В пробірку вміщують кілька кристаликів $KHSO_4$, наливають 5 краплин олії, і нагрівають у полум'ї газового пальника. Під час нагрівання із пробірки виділяється біла пара акролеїну з характерним запахом горілого сала, до якої вносять стрічку фільтрувального паперу, змоченого аміачним розчином нітрату срібла. Спостерігають почорніння паперу, що свідчить про присутність акрилового альдегіду

б) Виявлення ненасичених кислот у жирах. У пробірку наливають 4–5 мл бромної води, додають 0,5 мл олії та збовтують. Проходить приєднання броду, у результаті чого бромна вода знебарвлюється. У іншу пробірку наливають 1–2 мл розчину калій перманганату, 0,5 мл розчину натрій гідрокарбонату і 1 мл олії, енергійно збовтують. Повторити досліди із іншим жиром (маслом, смальцем, маграгином). Записують та пояснюють спостереження, записують рівняння реакцій.

Дослід 6. Визначення кислотного числа жиру.

Кислотністю жиру, або кислотним числом (КЧ), називається кількість міліграмів гідроксиду калію, яка необхідна для нейтралізації вільних жирних кислот, що містяться в 1 г жиру.

В колбу на 50 мл вносять 1 г жиру, наливають 5 мл етанолу, нейтралізованого за фенолфталеїном, добре перемішують до повного розчинення вільних жирних кислот і титрують 0,1 н. розчином гідроксиду калію до появи рожевого забарвлення розчину, яке не зникає протягом 0,5 – 1 хв.

Кількість мг КОН, яка була витрачена на титрування вільних жирних кислот, що містяться в 1 г жиру, дорівнює:

$KЧ = A \times f \times Q/a$, де A – об'єм 0,1 н. розчину КОН, витрачений на титрування дослідного розчину;

f – коефіцієнт поправки на титр 0,1 н. розчину КОН;

Q – кількість КОН (5,61 г), еквівалентна 1 мл 0,1 н. розчину КОН;

a – наважка жиру, г.

Дослід 7. Визначення йодного числа жиру.

Йодне число є кількісною характеристикою ненасиченості жиру. Йодним числом (ЙЧ) називають кількість грамів йоду, яка може прореагувати з 100 г жиру. Визначення ЙЧ засновано на реакції приєднання йоду за місцем подвійного зв'язку: Надлишок йоду відтитровують розчином тіосульфату

натрію. Матеріали та реактиви. Жир, спиртовий розчин йоду (0,1 моль/л), 1%-й розчин крохмалю, 0,1 н. розчин тіосульфату натрію $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

У дві колби ємністю 50 мл вносять 0,2 мл води (контрольна проба) і 0,2 г жиру (дослідна проба), доливають по 10 мл спиртового розчину йоду, перемішують і залишають на 15 хв. Далі проби титрують 0,1 н. розчином тіосульфату натрію спочатку до появи жовтуватого забарвлення, і потім, додавши 1 мл 1%-го розчину крохмалю, титрують до зникнення синього забарвлення.

Йодне число (г) розраховують за формулою:

$$\text{ЙЧ} = (B - A) \times f \times Q \times 100/a \times 1000,$$

де $(B - A)$ – різниця даних титрування контрольної (B) і дослідної (A) проб 0,1 н. розчином тіосульфату натрію, мл;

f – коефіцієнт поправки на титр 0,1 н. розчину тіосульфату натрію;

Q – кількість I_2 (12,69 мг), яка еквівалентна 1 мл 0,1 н. розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;

100 – перерахунок на 100 г жиру;

1000 – коефіцієнт переведення мг йоду в грами;

a – наважка жиру, г.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Будова плазматичної мембрани.

Зобразіть схему плазматичної мембрани клітини. Позначте подвійний шар фосфоліпідів, чітко показавши:

- гідрофільні "голівки" (назовні);
- гідрофобні "хвостики" (всередину).

Позначте такі компоненти:

- білки (периферичні та інтегральні);
- холестерин (вбудований у шар);
- вуглеводні ланцюжки (глікокалікс);
- транспортні білки (канали або насоси).

Підпишіть усі елементи схеми українською мовою.

ЗАНЯТТЯ № 5

Тема: виділення та якісне визначення складу нуклеопротейдів.

Мета: дослідити і вивчити, з яких компонентів складаються нуклеопротейди.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Що таке нуклеопротейни, який їхній склад і біологічне значення?
2. Яка будова ДНК? Розповісти про її значення.
3. Назвіть особливості будови і функції різних видів РНК.
4. Напишіть формули пуринових і пиримідинових основ.
5. Напишіть мононуклеотиди ДНК, з'єднаєте їх між собою.
6. Напишіть пари азотистих основ – аденін-тимін, гуанін-цитозин, з'єднайте водневими зв'язками.

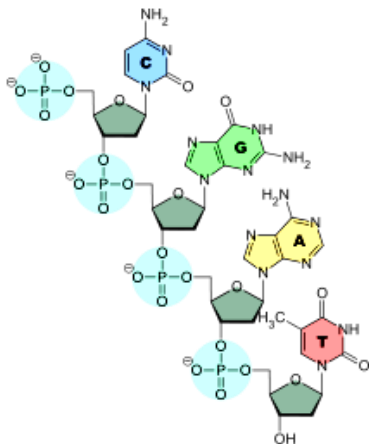
ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Нуклеїнові кислоти (ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота, РНК – рибонуклеїнова кислота) є носіями спадковості, оскільки у їх молекулах закодована генетична інформація про структуру білків організму. Під час реплікації з материнської ДНК утворюються комплементарні їй дочірні молекули ДНК, при транскрипції з послідовності ДНК за принципом комплементарності синтезується РНК, а в результаті трансляції генетична інформація, зашифрована в послідовності кодонів матричної РНК, переводиться у відповідну послідовність амінокислот білка, який кодується даним геном.

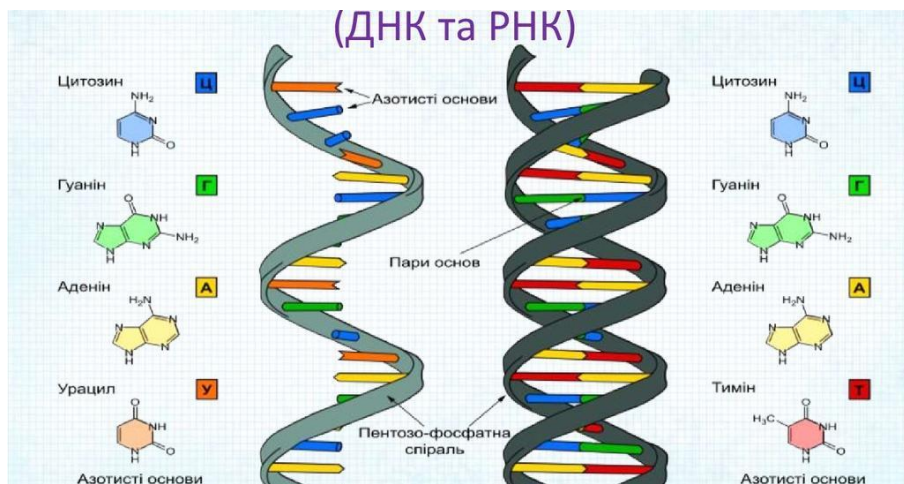
Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) — один із двох типів природних нуклеїнових кислот, що забезпечує зберігання, передачу з покоління в покоління і реалізацію генетичної програми розвитку й функціонування живих організмів. Основна роль ДНК в клітинах — довготривале зберігання інформації про структуру РНК і білків.

У клітинах еукаріотів (наприклад, тварин, рослин або грибів) ДНК міститься в ядрі клітини в складі хромосом, а також в деяких клітинних органелах (мітохондріях і пластидах). У клітинах прокариотів (бактерій і архей) кільцева або лінійна молекула ДНК, так званий нуклеоїд, міститься в цитоплазмі й прикріплена зсередини до клітинної мембрани. У них і у нижчих еукаріотів (наприклад дріжджів) зустрічаються також невеликі автономні кільцеві молекули ДНК, так звані плазміди. Крім того, одно- або дволанцюгові молекули ДНК можуть утворювати геном ДНК-вірусів.

З хімічної точки зору ДНК – це довга полімерна молекула, що складається з послідовності блоків – нуклеотидів. Кожний нуклеотид складається з азотистої основи, цукру (дезоксирибози) і фосфатної групи. Зв'язки між нуклеотидами в ланцюгу утворюються дезоксирибозою й фосфатною групою. У переважній більшості випадків (окрім деяких вірусів, що містять одноланцюгові ДНК) макромолекула ДНК складається з двох ланцюгів, орієнтованих азотистими основами один проти одного. Ця дволанцюгова молекула утворює спіраль. У цілому структура молекули ДНК отримала назву «подвійної спіралі».



У ДНК зустрічається чотири види азотистих основ (аденін, гуанін, тимін і цитозин). Азотисті основи одного з ланцюгів сполучені з азотистими основами іншого ланцюга водневими зв'язками згідно з принципом комплементарності: аденін з'єднується тільки з тиміном, гуанін — тільки з цитозином.



Рибонуклеїнова кислота. Будова РНК за характером зв'язків між окремими нуклеотидами ланцюга така ж, як і в молекулі ДНК. Залишок пентози одного нуклеотиду в РНК з'єднується складноесірним зв'язком із залишком фосфатної кислоти іншого мононуклеотиду.

Послідовність нуклеотидів дозволяє «кодувати» інформацію про різні типи РНК, найважливішими з яких є матричні (мРНК), рибосомні (рРНК) і транспортні (тРНК) та інші некодуючі РНК. Всі ці типи РНК синтезуються у процесі транскрипції на матриці ДНК, тобто шляхом копіювання послідовності

ДНК у послідовність макромолекули РНК, за допомогою принципу комплементарності. Деякі види РНК, такі як мРНК, тРНК, рРНК за допомогою малих ядерних РНК беруть участь у біосинтезі білків (процесах транскрипції, сплайсингу і трансляції). Крім кодуючих послідовностей, ДНК клітини містить некодуючі послідовності, що виконують регуляторні та структурні функції, або не виконують ніяких функцій. Ділянки кодуючих послідовностей разом із регуляторними ділянками називаються генами. Сукупність всіх генів, регуляторних послідовностей, некодуючих послідовностей, тобто вся нуклеотидна послідовність ДНК незалежно від її функцій, формує геном організму.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Отримання гідролізату нуклеопротейідів дріжджів.

Дослідження складу нуклеопротейідів виконується після їх гідролізу, в результаті якого від білків відокремлюється компоненти нуклеїнових кислот. У гідролізаті можна виявити наявність поліпептидів (джерелом є білки нуклеопротейідів), вуглеводи і фосфорну кислоту (джерело – нуклеїнові кислоти).

У колбу з круглим дном для гідролізу поміщають 1 г пекарських дріжджів, доливають 20 мл 10%-го розчину сірчаної кислоти та 20 мл дистильованої води. Колбу закривають пробкою, в яку вставляють скляну трубку (як холодильник) довжиною 20–30 см, кип'ятять під тягою протягом 1 год на асбестовій сітці при слабкому вогні. Після закінчення гідролізу рідину охолоджують, додають води до отримання початкового об'єму й фільтрують. В результаті цього утворюються низькомолекулярні поліпептиди, пуринові основи, пентози і фосфорна кислота.

Дослід 2. Виявлення пуринових основ у складі нуклеопротейінів.

Пуринові азотисті основи у складі нуклеїнових кислот виявляють за допомогою реакції утворення комплексу із солями срібла, який випадає в осад.

До 1 мл гідролізату додають концентрований розчин аміаку до виникнення лужного середовища (за лакмусом) і 0,5 мл 1%-го розчину AgNO_3 . Через 3–5 хв випадає пухкий осад срібних солей пуринових основ. Спостереження записують у зошит, роблять висновок.

Дослід 3. Виявлення наявності поліпептидів у гідролізаті дріжджів.

Поліпептиди виявляють за допомогою біуретової реакції. У пробірку наливають 1 мл гідролізату, додають 1 мл 10 %-го розчину NaOH і 0,5 мл 5 %-го розчину купрум сульфату. Спостерігають появу фіолетового забарвлення, що свідчить про наявність пептидних зв'язків.

Дослід 4. Виявлення моносахаридів.

Проба Троммера на рибозу і дезоксирибозу, які містяться у гідролізаті дріжджів. У пробірку наливають 1 мл гідролізату, додають 0,5 мл 10 % -го розчину натрій гідроксиду і 5 крапель 5 %-го розчину купрум сульфату. Суміш перемішують і підігрівають до кипіння. Спостерігають появу жовтого забарвлення, яке супроводжує утворення купрум (I) гідроксиду. Він при тривалому нагріванні перетворюється на оксид міді цеглисто-червоного кольору.

Дослід 5. Виявлення фосфорної кислоти в складі нуклеопротейнів.

Молібденова проба на фосфорну кислоту. У пробірку наливають 1 мл гідролізату, додають 1 мл молібденового реактиву (7,5 г молібдату амонію розчиняють у 100 мл води і додають 100 мл 32%-го розчину азотної кислоти густиною 1,2г/мл) і кип'ятять декілька хвилин. Рідина забарвлюється в лимонно-жовтий колір, при її охолодженні випадає кристалічний осад жовтого кольору, який зумовлений фосфорномолібденовокислим амонієм.

Дослід 6. Виділення молекул ДНК.

Розім'яти у ступці 5 г банана або полуниці до стану пюре. Змішати у стакані 50 мл теплої води з 2 г натрій хлориду та 1 мл миючого засобу (не спінюючи), утворивши буфер. Додай розчин до бананового пюре, обережно перемішати і залишити на 10 хвилин — це руйнує клітинні мембрани.

Профільтрувати суміш. Потім обережно додати по стінці охолоджений спирт, на межі шарів з'явиться біла ниткоподібна маса. Спостерігається утворення ниток ДНК, які можна намотати на скляну паличку. Розглянути отримані згустки під мікроскопом.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Дедектив-генетик.

Уявіть, що ви працюєте у генетичній лабораторії і отримали зразок ДНК з місця події. Ваше завдання: розшифрувати фрагмент ланцюга та знайти, до кого з підозрюваних він належить.

Фрагмент однієї з ниток ДНК (5'→3'):

ATGCGTACGCTA

- 1) Побудуйте комплементарний ланцюг (3'→5').
- 2) Транскрибуйте його в мРНК.
- 3) Використовуючи генетичний код, перекладіть мРНК у послідовність амінокислот.

Завдання 2. ДНК-аналіз бактерій.

Ситуація: На заводі з виробництва йогуртів помічено зміну смаку продукту. Підозрюють, що змінився штам бактерій. Вам потрібно провести ДНК-аналіз проби для визначення присутності *Lactobacillus bulgaricus* або *Streptococcus thermophilus*.

Поясніть, який метод ДНК-аналізу найкраще використати (наприклад, ПЛР, секвенування).

Які ділянки ДНК (гени/маркери) використовуються для ідентифікації бактерій?

Як можна за допомогою ДНК підтвердити відповідність штаму до стандарту?

Як наявність сторонніх мікроорганізмів може вплинути на смак і безпечність продукту?

ЗАНЯТТЯ № 6

Тема: вітаміни.

Мета: вивчити класифікацію та роль вітамінів, опанувати методи виявлення водо- та жиророзчинних вітамінів.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Історія відкриття вітамінів.
2. Класифікація вітамінів.
3. Фізіологічна роль вітамінів.
4. Вітаміни групи В (В₁, В₂, В₆, В₁₂). Джерела надходження, зв'язок з ферментами, добова потреба.
5. Вітамін РР, будова, зв'язок з ферментами, участь в обміні речовин, джерела надходження, добова потреба.
6. Пантотенова кислота (В₁₅), будова, зв'язок з коферментом А.
7. Вітамін С, будова, властивості, стійкість при переробці і зберіганні рослинної сировини, джерела надходження, добова потреба.
8. Основні відмінності у функціях жиророзчинних і водорозчинних вітамінів.
9. Вітамін А (ретинол, каротиноїди).
10. Вітамін D (D₂, D₃ — кальцифероли).
11. Вітамін Е (токофероли, токотрієноли).
12. Вітамін К (філлохінон, менахінон).
13. Вітамін F (незамінні жирні кислоти: ліолева та α -ліноленова кислоти).
14. Харчові джерела водо- та жиророзчинних вітамінів.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

В даний час відомо більш 30 вітамінів, розшифрована їхня хімічна структура, що дало можливості синтезувати більшість з них.

Для вітамінів характерний ряд особливостей:

1. На відміну від інших незамінних речовин (амінокислоти, поліненасичені жирні кислоти та ін.) вітаміни не є пластичним матеріалом або джерелом енергії.

2. Вітаміни активні в мінімальних кількостях. Добова потреба в них обчислюється в тисячних і навіть мільйонних частках грама.

3. Вітаміни в організмі людини не синтезуються, за винятком деяких з них. Так, вітаміни В₆, В₁₂, К, фолієва кислота утворюються в організмі мікрофлорою товстої кишки, вітамін D – синтезується під дією ультрафіолетових променів у шкірі людини, однак, у недостатній кількості.

4. Вітаміни, як правило, не відкладаються «про запас». Отже, ці речовини повинні надходити в організм при кожному прийомі їжі.

5. Найбільш ефективні вітаміни не синтетичні, а ті, що містяться в харчових продуктах. Це обумовлено тим, що до складу їжі входять кілька різних вітамінів, що підсилюють фізіологічний ефект один одного, а також стимулятори, або стабілізатори їхньої дії.

Вітаміни забезпечують нормальне протікання біохімічних і фізіологічних процесів в організмі. Вони беруть участь у каталізі обмінних процесів, тому що містяться в активних групах ферментів. Так, наприклад, вітамін PP є коферментом дегідрогеназ, що здійснюють перший етап окислювання білків, жирів, вуглеводів; вітамін B1 входить до складу активної групи ферменту, який каталізує розщеплення одного з центральних проміжних продуктів обміну речовин – пірвіноградної кислоти; вітамін B12 відіграє визначну роль у процесах синтезу білків. От чому недолік вітамінів у їжі або порушення їхньої асиміляції негативно позначаються на багатьох фундаментальних процесах обміну речовин.

Вітаміни мають захисну дію, нейтралізуючи вплив різних негативних факторів. У здорових людей вони підвищують стійкість до холоду, інфекційних хвороб, фізичних перевантажень. У хворих вітаміни сприяють нормалізації обміну, поліпшують ефект лікувальних засобів, нейтралізують побічну дію лікарських препаратів, зменшують наслідки опромінення.

При відсутності в продуктах харчування одного або декількох вітамінів розвивається вітамінна недостатність. Вона буває двох ступенів: авітаміноз і гіповітаміноз.

Авітаміноз – це стан глибокого дефіциту якого-небудь вітаміну в організмі з розгорнутою клінічною картиною недостатності (цинга, бери-бери, пелагра і т.д.).

Гіповітаміноз – стан організму при недостатньому вмісті одного або декількох вітамінів у їжі. Гіповітамінози частіше зустрічаються наприкінці зими, навесні, коли надходження вітамінів з їжею досить обмежено, оскільки вони руйнуються в процесі зберігання продуктів харчування.

При надлишковому надходженні вітамінів вони, як правило, виводяться з організму через нирки із сечею. У деяких випадках їхній вміст підвищується і розвивається гіпервітаміноз, що приводить до порушення обмінних процесів. Особливо небезпечно в цьому відношенні передозування вітамінів А і D, що призначають дітям для профілактики рахіту і порушень росту.

Широке поширення одержала систематизація вітамінів на основі їхньої розчинності у воді або жирах. Одну групу склали водорозчинні вітаміни, іншу – жиророзчинні. Однак для деяких жиророзчинних вітамінів був синтезований водорозчинний аналог. Наприклад, вікасол є водорозчинним аналогом вітаміну К, розчинного в жирах.

Низка продуктів містить провітаміни, тобто сполуки, з яких в організмі утворюються вітаміни. До них відносять каротини, що розщеплюються в ряді тканин з утворенням ретинолу (вітамін А), деякі стероли (ергостерини, 7-дегідрохолестерол і ін.), що перетворюються у вітамін D під впливом ультрафіолетових променів.

Жиророзчинні вітаміни нерозчинні у воді, але розчиняються в органічних розчинниках. Особливістю цих вітамінів є їх здатність всмоктуватися в кишечнику лише за наявності жирів, а також іноді накопичуватися в організмі, викликаючи гіпервітамінози. До жиророзчинних належать вітаміни А, D, E, K.

Вітамін А (ретинол) міститься в продуктах тваринного походження – риб'ячому жирі, вершковому маслі, яєчному жовтку, печінці риб та ін. У рослинних продуктах ретинол не зустрічається. Однак багато з них (морква, шпинат, салат, петрушка, зелена цибуля, шавель, червоний перець, чорна смородина, чорниця, агрус, персики, абрикоси) містять каротин, що є провітаміном А, з якого в організмі утворюється ретинол. Вітамін А регулює процеси зроговіння, утворення і виділення секрету сальних залоз, необхідного для нормального росту волосся. Ретинол бере участь у синтезі родопсину, необхідного для підтримки імунітету і протипухлинного захисту організму. Препарати вітаміну А призначають для профілактики деяких захворювань очей, лікування уражень шкіри (обмороження, опіки). Застосовують вітамін А також у комплексній терапії рахіту й гострих респіраторних захворювань. Нестача вітаміну А в організмі викликає захворювання, відоме як "куряча сліпота". При надлишковому надходженні виникає гіпервітаміноз, проявами якого є нудота, випадання волосся, часті переломи кісток. Добова потреба – 1-2 мг.

Вітаміни групи В належать до водорозчинних вітамінів. Вітамін В1 (Тіамін) складається з піримідинового та тіазолового кілець, з'єднаних метиленовим містком. Він відіграє ключову роль у вуглеводному обміні та забезпечує нормальне функціонування нервової системи. Добова потреба для дорослих: 1,2 мг для чоловіків і 1,1 мг для жінок. При дефіциті можливий розвиток хвороби бері-бері, що проявляється слабкістю, втому і нервовими розладами. Джерела: цільнозернові продукти, свинина, бобові, горіхи.

Вітамін В2 (Рибофлавін) необхідний для енергетичного обміну, підтримки здоров'я шкіри, очей і нервової системи. Добова потреба: 1,3 мг для чоловіків і 1,1 мг для жінок. Дефіцит спричиняє тріщини на губах, запалення язика, світлобоязнь. Джерела: молочні продукти, яйця, зелені овочі, м'ясо.

Вітамін В3 (Ніацин) представлений двома формами: ніотинова кислота та нікотинамід. Він бере участь у метаболізмі жирів, білків і вуглеводів, а також підтримує здоров'я шкіри та нервової системи. Добова потреба: 16 мг NE для чоловіків і 14 мг NE для жінок. Дефіцит призводить до пелагри — дерматиту, діареї та деменції. Джерела: м'ясо, риба, горіхи, бобові.

Вітамін В5 (Пантотенова кислота) складається з пантотенової кислоти та β-аланіну. Є незамінним для синтезу коenzиму А, бере участь у метаболізмі жирів, білків і вуглеводів. Добова потреба для дорослих — 5 мг. Дефіцит трапляється рідко, але може спричинити втому, депресію та розлади сну. Джерела: яловичина, курятина, цільнозернові продукти, деякі овочі.

Вітамін В6 (Піридоксин) існує у трьох формах: піридоксин, піридоксаль і піридоксамін. Він бере участь у метаболізмі амінокислот, виробленні нейромедіаторів та синтезі гемоглобіну. Добова потреба — 1,3–1,7 мг для дорослих. Дефіцит може викликати анемію, депресію, сплутаність свідомості. Джерела: риба, яловичина, картопля, банани.

Вітамін В7 (Біотин) Біотин має складну структуру з уретановим і тіофеновим кільцями. Важливий для метаболізму жирних кислот, амінокислот та глюкози. Добова потреба — 30 мкг. Дефіцит трапляється рідко, але може

спричинити висипання, випадіння волосся, депресію. Джерела: яйця, риба, м'ясо, насіння, горіхи.

Вітамін В9 (Фолат, фолієва кислота) необхідний для синтезу ДНК, росту клітин і правильного розвитку плоду. Добова потреба — 400 мкг для дорослих. Дефіцит може спричинити анемію та вади розвитку нервової трубки у плода. Джерела: листові зелені, бобові, цитрусові, збагачені злаки.

Вітамін В12 (Кобаламін) – це найбільший і найскладніший за будовою вітамін, що містить кобальт у центрі коринової структури. Вітамін В12 потрібен для синтезу ДНК, нормального кровотворення та функціонування нервової системи. Його добова потреба — близько 2,4 мкг для дорослих. Дефіцит В12 може призвести до мегалобластної анемії, слабкості, порушення координації, а у важких випадках — до незворотних уражень нервової системи. Основні джерела — продукти тваринного походження: печінка, м'ясо, яйця, молочні продукти, риба. Рослинна їжа В12 практично не містить, тому веганам рекомендовано приймати добавки або збагачені продукти.

Вітамін С (Аскорбінова кислота) має будову, подібну до глюкози, та є потужним антиоксидантом. Вона бере участь у синтезі колагену, зміцненні імунної системи, засвоєнні заліза та нейтралізації вільних радикалів. Добова потреба – 75–90 мг для дорослих, але може зростати при стресі, інфекціях або у курців. Дефіцит вітаміну С призводить до цинги, що проявляється кровоточивістю ясен, слабкістю, ламкістю судин. Джерела: шипшина, чорна смородина, болгарський перець, цитрусові, ківі, капуста, зелень.

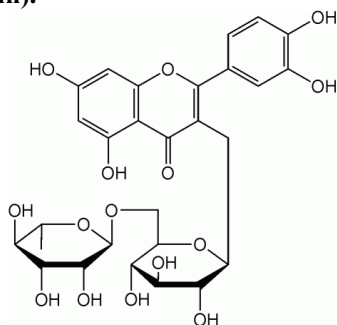
Вітаміни D (ергокальциферол (вітамін D2), холекальциферол (вітамін D3), D4, D5 та ін.) містяться переважно в організмі тварин і людини. Основною властивістю цих сполук є здатність попереджати й лікувати рахіт, у зв'язку із чим їх іноді називають антирахітичними вітамінами. Вітамін D2 у невеликій кількості міститься в харчових продуктах: яєчному жовтку, вершковому маслі, молоці, ікрі, рослинах. Вітамін D3 утворюється в шкірі людини під впливом сонячних променів. Функціональною особливістю вітамінів D є їх участь у метаболізмі Кальцію. Вони сприяють його всмоктуванню в травному тракті, активують відкладення в кістках і перешкоджають резорбції з кісткової тканини. Вітаміни D регулюють також вміст Фосфору в організмі. Застосовують вітамін D для профілактики та лікування рахіту й захворювань кісток, викликаних порушеннями обміну Кальцію (остеомаляція й деякі форми остеопорозу). Добові дози становлять в середньому 20-25 мкг для дорослих.

Вітаміни Е (токофероли) містяться в зелених частинах рослин, особливо в молодих паростках злаків, багаті токоферолами рослинні олії (соняшникова, кукурудзяна, арахісова, соєва, обліпихова). Деяка кількість їх міститься також у м'ясі, жирі, яйцях, молоці. Відсутність вітамінів Е у їжі негативно позначається на здатності організму до розмноження. Тому вітаміни Е називають вітамінами розмноження, або антистерильними вітамінами. Вітаміни Е призначають при м'язових дистрофіях, порушеннях менструального циклу, загрози переривання вагітності тощо. У людей авітаміноз Е практично не зустрічається, оскільки токофероли дуже поширені в природі. Добова потреба становить близько 30 мг.

Вітаміни К (філохінони) називають ще вітамінами коагуляції, оскільки вони стимулюють синтез проотромбіну і підвищують зсідання крові. Крім того, вони прискорюють загоєння ран і регенерацію тканин після опіків, а також беруть участь в окисно-відновних процесах. У людини авітаміноз К зустрічається дуже рідко, оскільки цей вітамін у достатній кількості синтезується кишковою мікрофлорою. Крім того, потреба організму людини в цьому вітаміні забезпечується вживанням продуктів рослинного (капуста, томати, салат) і тваринного (печінка, м'ясо) походження. Потреба людини у вітаміні К точно не встановлена.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Якісні реакції на вітамін Р (рутин, вітамін проникності, цитрин).

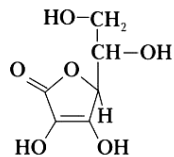


а) До 2 мл насиченого водного розчину рутину додають кілька крапель розчину FeCl_3 . Ферум (III) хлорид утворює з рутиним комплексні сполуки, забарвлені в смарагдово-зелений колір.

б) До 0,5 г рутину доливають 5 мл розчину хлоридної кислоти, кип'ятять протягом 1 хв, потім фільтрують. Під час кислотного гідролізу рутину відщеплюється молекула рутинози. Потім рутиноза розкладається на глюкозу та рамнозу, які мають відновні властивості, тому можуть бути визначеними реакціями Толленса або Троммера. До 5 мл фільтрату додають 3 мл розчину гідроксиду натрію та 1 мл розчину купрум сульфату і знову нагрівають до кипіння. Спостерігають утворення осаду геміоксиду міді червоного кольору.

Дослід 2. Виявлення наявності вітаміну Р у розчині чаю.

В першу пробірку насипають 1 г зеленого чаю, в другу – 1 г чорного чаю. В обидві додають по 10 мл етилового спирту, енергійно перемішують. Через 15 хвилин суміш фільтрують. Від фільтратів відбирають у дві пробірки по 10 краплин розчину, в кожену додають по 1 мл розчину FeCl_3 . Спостерігають появу зеленого забарвлення у пробірці з зеленим чаєм.



Дослід 3. Якісні реакції на вітамін С.

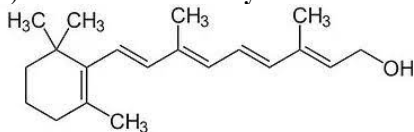
а) У три пробірки додають по одній краплі розчинів гексаціано(III) ферату калію і хлориду феруму. В одну з пробірок до утвореної зелено-бурої рідини додають 5–10 крапель розчину аскорбінової кислоти, у другу – 5–10 крапель витяжки з шипшини, у третю (контрольну) – 5–10 крапель дистильованої води. Аскорбінова кислота відновлює гексаціано(III)ферат калію до гексаціано(II) ферату калію, який, реагуючи з хлоридом феруму, утворює берлінську лазур – сполуку синього кольору.

Рідина в першій і другій пробірках забарвлюється в зелено-синій колір і випадає синій осад берлінської блакиті. За обережного нашаровування дистильованої води осад на дні пробірки стає виразнішим. У контрольній пробірці зелено-бура рідина забарвлення не змінює.

б) У три пробірки додають по 10 крапель дистильованої води і по 1–2 краплі розчину йоду в йодиді калію. У першу пробірку додають 10 крапель аскорбінової кислоти, у другу – 10 крапель витяжки з шипшини, у третю (контрольну) – 10 крапель дистильованої води. Аскорбінова кислота здатна відновлювати молекулярний йод, який переходить при цьому у безбарвну йодидну кислоту.

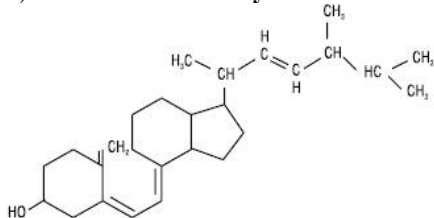
Дослід 2. Виявлення вітамінів у риб'ячому жирі.

а) Виявлення вітаміну А.



У пробірку до двох-трьох крапель розчину риб'ячого жиру в хлороформі доливають п'ять-десять крапель льодяної оцтової кислоти, насиченої сульфатом заліза (II) і одну-дві краплі концентрованої сірчаної кислоти. З'являється блакитне забарвлення, яке поступово перетворюється на червоно-рожеве. Каротини у цій реакції мають зелене забарвлення.

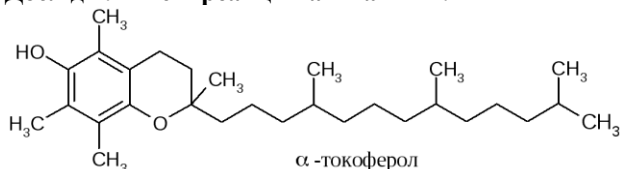
б) Виявлення вітаміну D.



У суху пробірку вносять одну-дві краплі риб'ячого жиру і додають одну краплю анілінового реактиву (анілін і концентрована HCl, 15:1). Після

перемішування утворюється емульсія жовтого кольору, під час нагрівання забарвлення змінюється на червоне. Через 1—2 хв емульсія розділяється на два шари. Нижній шар забарвлений в інтенсивний червоний колір.

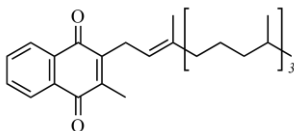
Дослід 4. Якісні реакції на вітамін Е.



а) У суху пробірку вносять п'ять крапель спиртового розчину вітаміну Е, додають 1 мл концентрованої HNO_3 , інтенсивно перемішують. Взаємодія α-токоферолу з концентрованою азотною кислотою зумовлює забарвлення реакційної суміші в червоний колір. Це спричинено тим, що продукт окиснення α-токоферолу має хіноїдну структуру.

б) У суху пробірку вносять 0,5 мл спиртового розчину вітаміну Е, потім 0,5 мл розчину FeCl_3 й інтенсивно перемішують. Під час взаємодії з хлорним залізом (III) α-токоферол окиснюється до α-токоферилхінону – сполуки червоного кольору.

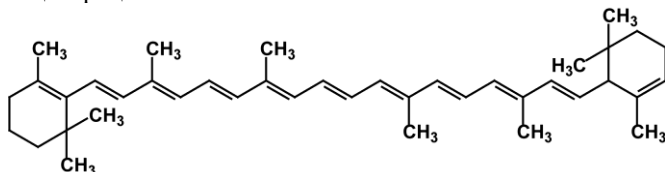
Дослід 5. Якісна реакція на вітамін К.



У пробірку з 1 мл 0,05%-го спиртового розчину вікасолу додають дві краплини аніліну. Після перемішування вміст пробірки забарвлюється у червоний колір.

Дослід 6. Виділення каротину з моркви.

Каротин екстрагується із продуктів органічними розчинниками. При цьому він надає їм характерний жовтооранжевий колір. Отриманий екстракт колориметрують, порівнюють зі стандартним розчином каротину та визначають його концентрацію.



а) Приготування шкали стандартних розчинів. 0,36 г калій біхромату розчиняють у 100 мл води. 1 мл такого розчину має забарвлення, еквівалентне 0,0208 мг каротину. У 10 пробірках готують по 10 мл розчину розбавленням стандартного розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ за таблицею.

б) Наважку моркви (гарбуза, картоплі) (1 г) старанно розтирають у ступці з прожареним піском. До проби додають 1–2 мл етанолу і продовжують

розтирати до утворення однорідної маси. Додають 5 мл бензину, продовжуючи розтирати. Вміст обережно зливають у приготовлену для фільтрування лійку.

Таблиця 6.1

Стандарти для визначення вмісту каротину

№ пробірки	Об'єм, мл		Вміст каротину, мг %
	стандартний розчин	вода	
1	0,4	9,6	2,15
2	0,8	9,2	4,29
3	1,2	8,8	6,44
4	1,6	8,4	8,58
5	2,0	8,0	10,73
6	2,4	7,6	12,88
7	2,8	7,2	15,02
8	3,2	6,8	17,17
9	3,6	6,4	19,32
10	4,0	6,0	21,47

До осаду, що залишився в ступці, додають 5 мл бензину і продовжують розтирати. Екстракт знову зливають у лійку для фільтрування. Цю процедуру повторюють ще кілька разів аж до повного знебарвлення доданого для екстрагування бензину (загалом 30 мл). Колбу закривають та перемішують її вміст. Після розшарування каротин переходить у верхній бензиновий шар. Нижній шар спирту з водою відсмоктують капіляром у колбу.

Відливають у пробірку 10 мл екстракту і порівнюють з пробірками шкали на фоні білого паперу. Визначають вміст каротину за таблицею.

ЗАНЯТТЯ № 7

Тема: Властивості ферментів.

Мета: дослідити вплив температури, активаторів та інгібіторів на активність амілази.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Номенклатура й класифікація ферментів?
2. Роль ферментів в організмі людини.
3. Будова ферментів й їхніх активних центрів.
4. Якими властивостями володіють ферменти?
5. Як впливають на активність ферментів фізичні й хімічні фактори?
6. Чим обумовлена специфічність дії ферментів? Види специфічності.
7. Охарактеризуйте різні класи ферментів.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Всі біологічні каталізатори є речовинами білкової природи і носять назву ферментів або ензимів. Ферменти прискорюють досягнення рівноваги, збільшуючи швидкість як прямого, так і зворотного перетворення. Прискорення реакції відбувається за рахунок зниження енергії активації того енергетичного бар'єру, який відокремлює один стан системи (початкову хімічну сполуку) від іншого (продукт реакції).

Властивості ферментів.

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

2. Специфічність дії ферментів. У клітинах організму протікає 2-3 тис. реакцій, кожна з яких каталізується певним ферментом. Специфічність дії ферменту – це здатність прискорювати протікання однієї певної реакції, не впливаючи на швидкість інших, навіть дуже схожих. Специфічність ферментів обумовлена їх унікальною амінокислотою послідовністю, від якої залежить конформація активного центру, що взаємодіє з компонентами реакції. Речовина, хімічне перетворення якої каталізується ферментом носить назву субстрат.

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

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

Активність ферментів залежить також від рН-середовища. Для більшості з них існує певне оптимальне значення рН, при якому їх активність

максимальна. Оскільки в клітині містяться сотні ферментів і для кожного з них існують свої межі оптимального рН-середовища, тому зміна рН це один з важливих чинників регуляції ферментативної активності.

Механізм дії ферментів. Реакція каталізу складається з трьох послідовних етапів.



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

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

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

Ферментативні регулятори – це речовини, що змінюють швидкість ферментативного каталізу і регулюють за рахунок цього метаболізм. Серед них розрізняють інгібітори – уповільнювачі швидкості реакції і активатори – прискорювачі ферментативної реакції. Крім інгібіторів відомі ще активатори ферментативного каталізу, вони захищають молекулу ферменту від інактиваційних дій.

Класифікація ферментів:

1. Оксидоредуктази. Каталізують окислювально-відновні реакції. Діляться на 17 підкласів. Всі ферменти містять небілкову частину у вигляді гема або похідних вітамінів В2, В5.

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

3. Гідролази – каталізують реакції гідролізу, тобто розщеплювання речовин з приєднанням по місцю розриву зв'язку води. До цього класу відносяться переважно травні ферменти.

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

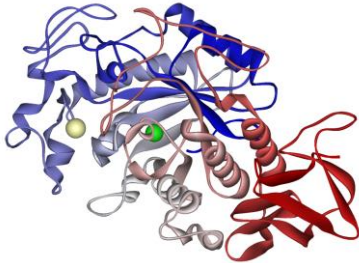
5. Ізомерази – каталізують реакції ізомеризації.

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

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Вивчення впливу температури на активність амілази.

Фермент амілаза каталізує гідроліз крохмалю до декстринів і мальтози. Такий процес відбувається, наприклад, у ротовій порожнині при вживанні з їжею продуктів, що містять крохмаль: картоплі, хліба, макаронних виробів. Джерелом амілази є слина. Цей фермент знаходиться і в інших відділах травного тракту, а також у печінці та інших тканинах. Різні типи амілаз використовуються в харчовій промисловості, наприклад, у пивоварній, де їх джерелом є рослини (ячмінь). Дію амілази розпізнають по зникненню синього забарвлення, яке утворюється при додаванні йоду.



У 3 пробірки наливають по 1 мл джерела амілази (розбавленої слини або розчину панкреатину). Першу пробірку кип'ятять протягом не менш, ніж 3 хв., дають охолонути. Потім до всіх 3 пробірок приливають по 1 мл крохмалю. Другу пробірку кладуть у стакан із льодом для охолодження. Третю ставлять у термостат, нагрітий до 37 °С. Через 5 хв. переносять на предметне скельце піпеткою по крапліні суміші із кожної з трьох пробірок та приливають по 1 краплі розчину йоду.

Якщо крохмаль не перетравився амілазою, то утворюється синє забарвлення. При наявності продуктів гідролізу колір з йодом стає фіолетовим, червоним або жовтим в залежності від глибини розщеплення та розміру утворених молекул декстринів. Амілодекстрини забарвлюються йодом у фіолетовий колір, еритродекстрини – у червоний, ахродекстрини – утворюють жовте забарвлення, як і мальтоза. По кольору визначають глибину розщеплення крохмалю. Якщо зміни не відбуваються, повторюють пробу через кожні 5 хв.

Дослід 2. Вивчення впливу активаторів та інгібіторів на активність ферментів.

В організмі дія ферментів регулюється різноманітними механізмами: інтенсивністю синтезу каталітичних білків генетичним апаратом, їхнім руйнуванням продуктами реакції каталізу, гормонами і іншими факторами. Важлива роль належить активаторам та інгібіторам ферментів, які впливають на різні їхні ділянки або беруть участь в утворенні тимчасових комплексів із

субстратами. Активатори та інгібітори дії ферментів використовуються для регуляції відповідних технологічних процесів, наприклад, для заміса тіста, а також, в медичній практиці для припинення життєдіяльності мікроорганізмів або заміщення недостатньої активності ензимів у тканинах, наприклад, у підшлунковому соку.

Готують три пробірки. У першу приливають 2,5 мл води, у другу – 2 мл води та 0,5 мл розчину NaCl, у третю – 2 мл води та 0,5 мл розчину CuSO₄. В усі три пробірки вносять по 2,5 мл розчину амілази, перемішують і додають по 1 мл розчину крохмалю, потім знов перемішують і ставлять у термостат при температурі 37⁰ С. Через 5...10 хвилин додають по 5 крапель розчину йоду. Рідина у першій пробірці забарвлюється у фіолетовий або червоний колір, у другій – в червоний або жовтий, у третій – у синій.

Дослід 3. Визначення специфічності дії ферментів.

Ферментам притаманна специфічність дії, оскільки вони здатні каталізувати тільки певні хімічні реакції. Амілаза слини прискорює гідроліз тільки полісахаридів, не впливаючи на дисахариди. Мальтаза слини прискорює гідроліз дисахариду мальтози, що утворюється при гідролізі крохмалю, але зовсім не впливає на інший дисахарид – сахарозу. Сахароза не має вільної альдегідної групи, тому не дає реакції з реактивом Фелінга.

У дві пробірки приливають по 1 мл розчину амілази. У першу пробірку додають 1 мл 1 %-го розчину крохмалю, у другу – 1 мл 1 %-го розчину сахарози. Обидві пробірки ставлять на 10 хв. у термостат або водяну баню при температурі 38 °С, після чого проводять реакцію Фелінга, тобто в обидві пробірки додають 0,5 мл реактиву Фелінга I і 0,5 мл Фелінга II і нагрівають до кипіння.

Позитивна реакція Фелінга відбувається в пробірці, де зустрічаються субстрат та відповідний фермент (наприклад, крохмаль та амілаза слини), результатом дії якого є гідроліз. При цій реакції утворюються мальтоза, а потім глюкоза, яка має вільну альдегідну групу, що забезпечує появу червоного осаду оксиду міді (I).

Дослід 4. Вивчення дії сахарози

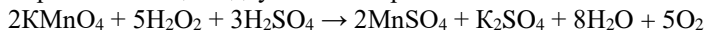
Сахараза каталізує гідроліз сахарози до глюкози та фруктози. Моносахариди, які утворюються, визначають реакцією Фелінга. Сахароза не містить вільної альдегідної групи й тому не має відновних властивостей.

Препарат сахарози готують наступним чином: 5 г пивних дріжджів розтирають у фарфоровій ступці з 2–3 мл дистильованої води та невеликою кількістю скляного піску, додають 8—10 мл води та фільтрують через вату.

У дві пробірки наливають по 1 мл препарату ферменту. Вміст однієї з них (контроль) кип'ятять протягом 3 хв для руйнування сахарози, після чого в обидві пробірки додають (охоложені) по 3 мл розчину сахарози, добре перемішують і ставлять у термостат за температури 38⁰С. Через 15 хв у пробірки вносять по 2 мл суміші реактивів Фелінга, перемішують і нагрівають до кипіння. У контрольній пробірці осаду немає, а в пробірці з активним ферментом (дослід) утворюється червоний осад геміоксиду міді.

Дослід 5. Визначення активності каталази.

Каталаза розщеплює перексид водню на воду та молекулярний кисень. Метод визначення активності каталази ґрунтується на визначенні кількості перексиду водню, що залишилася після дії на нього каталази, титруванням розчину KMnO_4 у кислому середовищі. Активність каталази визначають титриметрично. Реакція відбувається за рівнянням:



Препарат каталази готується наступним чином: 20 г картоплі нарізають на шматочки, розтирають у фарфоровій ступці з невеликою кількістю кварцового піску, настоюють у 100 мл води протягом 30 хв і центрифугують. В дві колби наливають по 5 мл препарату (центрифугату картоплі) каталази, в одну з них (контрольна проба) додають 3 мл 10 %-розчину H_2SO_4 . Потім в обидві колби вносять по 10 мл 1%-розчину перексиду водню на фосфатному буфері рН 7,0 (35,0 мл 0,2 моль/л Na_2HPO_4 і 13,6 мл 0,2 моль/л NaH_2PO_4) та ставлять у термостат за температури 37 °С. Через 30 хв у другу колбу (досліджувана проба) додають 3 мл H_2SO_4 і титрують вміст обох колб (спочатку контрольної) 0,1 н. розчином KMnO_4 до появи стійкого рожевого забарвлення від надлишку KMnO_4 .

Про активність каталази судять за кількістю міліграмів перексиду водню, що розщепився протягом 30 хв ферментом, що міститься в 1 г досліджуваного матеріалу.

Розрахунок: Беремо до уваги, що 1 мл 0,1 н. розчину KMnO_4 відповідає 1,7 мг H_2O_2 . Активність каталази визначають за кількістю H_2O_2 , що розклався, і розраховують за формулою:

$$A_k = (A - B) \cdot 1,7 / n, \text{ де:}$$

A_k – активність каталази;

A – кількість 0,1 н. розчину KMnO_4 , яка витрачається на титрування контрольної проби, мл;

B – кількість 0,1 н. розчину KMnO_4 яка витрачається на титрування дослідної проби, мл;

n – наважка досліджуваного матеріалу в пробі, що титрується, г.

ЗАНЯТТЯ № 8

Тема: Властивості гормонів.

Мета: дослідити якісні реакції гормонів інсуліну та адреналіну.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Гормони: визначення та загальна характеристика.
2. Класифікація гормонів за хімічною природою.
3. Основні властивості гормонів.
4. Органи, що продукують гормони (ендокринні залози).
5. Роль гормонів у регуляції процесів організму.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Гормони – це специфічні регулятори біохімічних процесів в організмі, які виробляються залозами внутрішньої секреції. Характер впливу гормонів на обмін речовин відрізняється від механізму дії ферментів та вітамінів. На відміну від вітамінів, вони не входять до складу ферментів. І на відміну від ферментів не приймають безпосередньої участі у біохімічних реакціях. Ряд гормонів впливають на проникність клітинних мембран (інсулін), деяким з них властиві функції активаторів чи інгібіторів ферментних систем (адреналін), інші - регулюють швидкість біосинтезу білкових молекул (стероїдні гормони).

За хімічної будовою гормони можна поділити на три групи:

1. Похідні амінокислот (гормони щитоподібної залози та мозкового шару наднирників).
2. Поліпептиди та білки (гормони гіпофізу, підшлункової залози).
3. Стероїдні сполуки (гормони коркового шару наднирників і статевих залоз).

Властивості гормонів:

1. Мають високу біологічну активність, т. я. діють в дуже низьких концентраціях.
2. Мають високу специфічність дії: регулюють обмін речовин тільки у тканинах – мішенях, які мають рецептори для даного гормону.
3. Для гормонів характерна дистанційність дії: вони синтезуються в одному місці, а регулюють процеси в іншому, більш віддаленому місці, куди потрапляють з током крові.

Тиреоїдні гормони – похідні амінокислот фенілаланіну та тирозину – трийодтиронін (Т3) і тетрайодтиронін або тироксин (Т4) – синтезуються щитоподібною залозою. До їх складу входять відповідно три або чотири атоми йоду. Ці гормони впливають на енергетичний обмін (є роз'єднувачами дихання та фосфорилування), активують біосинтез білків, морфогенез (стимулюють формування й розвиток органів).

Гормони мозкового шару наднирників – адреналін (епінефрин) та норадреналін (норепінефрин) – також є похідними фенілаланіну та тирозину. Звичайно адреналін синтезується у відповідь на стан фізичного або нервового стресу. Його секреція не залежить від концентрації глюкози в крові. Адреналін прискорює частоту та силу серцевих скорочень, підвищує артеріальний тиск,

впливає на тонус м'язів шлунково-кишкового тракту, ока тощо. Норадреналін діє як нейромедіатор.

Адреналін та норадреналін є катехоламінами (фізіологічно активними речовинами), але гормональну активність має лише адреналін, норадреналін є нейромедіатором. Клітинами – мішенями для адреналіну є клітини скелетних м'язів, печінки, серця, серцево – судинної системи та жирової тканини. Функціонує адреналін протягом 1 хвилини. Адреналін впливає на вуглеводний обмін (перш за все у скелетній мускулатурі, а потім у печінці), а також на обмін ліпідів. Адреналін пригнічує синтез інсуліну, та стимулює синтез глюкагону.

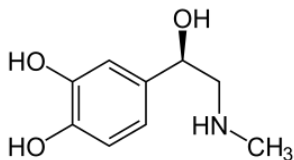
У підшлунковій залозі у β – клітинах синтезується гормон інсулін, який є одним з важливіших регуляторів вуглеводного обміну: він підсилює транспорт глюкози із крові до скелетних та серцевого м'язів, у жирову тканину за рахунок підвищення проникності клітинних мембран цих тканин та стимулює синтез глікогену в печінці та м'язах. Головним стимулом для синтезу інсуліну є підвищення концентрації глюкози в крові. Інсулін – речовина білкової природи. Молекула інсуліну утворена двома поліпептидними ланцюгами: ланцюг А, який складається з 21 амінокислотного залишку, ланцюг В, до складу якого входить 30 амінокислотних залишків. Поліпептидні ланцюги з'єднані між собою дисульфід ними містками.

До стероїдних гормонів належать кортикостероїди (гормони кори наднирників – мінералокортикоїди та глюкокортикоїди), статеві гормони (естрогени, андрогени) та кальцитріол (похідне вітаміну D3, сполука гормонального типу дії, бере участь у регуляції обміну кальцію). Стероїдні гормони розрізняються замісниками біля 10-го, 13-го, 17-го атомів карбону. Кортикостероїди містять метильні радикали біля 10-го та 13-го атомів, етильний радикал – біля 17-го атома (усього 21 атом карбону, їх називають C21-стероїди). Андрогени не мають етильного радикала біля 17-го атома (C19-стероїди). Естрогени мають лише один метильний радикал – біля 13-го атому (C18-стероїди). Стероїдні гормони мають у своєму складі гідроксильні та кетогрупи біля різних атомів карбону. Наприклад, андростерон, естрон (фолікулін) мають кетогрупу в 17-му положенні та гідроксильну – у 3-му. Стероїдні гормони виводяться з організму у вигляді 17-кетостероїдів з сечею, 1 – 25 мг на добу, кількість залежить від віку та статі, максимальна екскреція спостерігається у 25-річному віці. У разі стресів кількість 17-кетостероїдів у крові та сечі збільшується.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Якісні реакції адреналіну.

Адреналін, також епінефрін — гормон та медіатор мозкової речовини надниркових залоз, що входить до групи фізіологічно активних речовин — катехоламінів.



а) Адреналін досить легко вступає в окисно-відновні реакції. Гормон та продукти його окислення можна виявити кольоровими реакціями. Із розчином хлориду заліза (III) адреналін та норадреналін утворюють комплексну сполуку смарагдово-зеленого кольору. Із додаванням краплі розчину аміаку забарвлення стає вишнево-червоним, а потім жовтогарячо-червоним.

У пробірку вносять 10 крапель 0,1 %-го розчину адреналіну та 1 краплю 1 %-го розчину хлориду заліза (III). Потім додають 1 краплю аміаку. Спостерігають появу та зміну забарвлення.

б) Метод ґрунтується на здатності адреналіну утворювати з діазобензенсульфокислотою сполуку червоного кольору.

Для одержання діазобензенсульфокислоти в пробірку відміряють по 3 краплі 1 %-го розчину сульфанілової кислоти та 5 %-го розчину нітриту натрію, перемішують струшуванням. Потім у пробірку додають 5 крапель 0,1 %-го розчину адреналіну та 3 краплі 10 %-го розчину карбонату натрію. Уміст перемішують струшуванням і спостерігають за розвитком забарвлення.

в) Адреналін у кислому середовищі з йодатом калію утворює сполуку червоно-фіолетового кольору.

У пробірку вносять 1 краплю 0,1 %-го розчину адреналіну, 5 мл води. Відбирають в іншу пробірку 0,5 мл розведеного розчину адреналіну, додають 1 мл розчину KIO_3 , 10 крапель розчину оцтової або ортофосфорної кислоти і підігрівають суміш до температури 60 – 65 °С. Спостерігають появу забарвлення.

Дослід 2. Реакції інсуліну.

Інсулін (від лат. *insula* – острів) — гормон пептидної природи, що утворюється у бета-клітинах острівців Лангерганса підшлункової залози. Інсулін, як гормон білкової природи, дає ряд реакцій специфічних для білків: біуретову, Фоля, Мілона тощо.

а) Біуретова реакція на пептидні зв'язки. До 10 крапель інсуліну додають 5 крапель 10 %-ного розчину гідроксиду натрію і 1 краплю 1 %-ного розчину купрум сульфату. Рідина забарвлюється фіолетовий колір.

б) Реакція Фоля. До 10 крапель інсуліну додають 1-2 мл 10 %-ного розчину гідроксиду натрію і кип'ятять 1 хв. Після охолодження додають краплями розчин пльомбум (II) ацетату (нітрату). Поява чорного осаду вказує на наявність сірковмісних амінокислот.

Дослід 3. Якісна реакція на 11-дегідро-17-оксикортикостерон (кортизон).

Кортизон може відновлювати Cu^{+2} до Cu^{+1} , тому його можна виявити реакцією з реактивом Фелінга.

До 1 мл 1 %-го спиртового розчину кортизону (кортизон-ацетату) додають 1 мл реактиву Фелінга і нагрівають на водяній бані (80–90 °С). Спостерігають утворення осаду оксиду купруму (I) цегляного кольору.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Описати дію трьох гормонів (обрати на власний розсуд) за планом:

1. Орган, що продукує гормон.
2. На що впливає гормон (фізіологічна дія).
3. Як виводиться з організму.
4. Патології, пов'язані із недостатчею або надлишком гормону.

Завдання 2. Гормони та іспит.

Студент перед іспитом відчуває прискорене серцебиття, розширення зіниць, пітливість. Які гормони викликають таку реакцію? Який орган їх продукує?

Завдання 3. Опишіть, як стрес впливає на гормональний фон людини.

У своїй відповіді зосередьтеся на ролі гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової осі (ГГН-осі), а також назвіть основні гормони, які виділяються у відповідь на стрес. Поясніть, як короткотривалий стрес може бути адаптивним, а хронічний — шкідливим. Наведіть приклади змін у фізіології та поведінці людини під впливом стресових гормонів, таких як кортизол, адреналін і норадреналін. Зробіть висновок про вплив тривалого емоційного напруження на загальний стан здоров'я.

ЗАНЯТТЯ № 9

Тема: вода та мінеральні речовини.

Мета: розглянути функції води та мінеральних речовин і організму людини.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Аномальні фізичні властивості води.
2. Функції води в організмі людини.
3. Водно-сольовий баланс.
4. Значення макро- і мікроелементів.
5. Осмос. Тургор клітин.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Вода є основною неорганічною речовиною клітини, її вміст коливається від 40 % (механічна тканина рослин, жирова тканина тварин) до 99 % (клітини медузи). Унікальні фізико-хімічні властивості води забезпечують її здатність виконувати різні функції. В ембріона людини у віці 1,5 місяця вода становить 97,5%, у восьмимісячного - 83, у немовляти – 74, а у дорослої людини – 66%.

Вода є життєво необхідною речовиною як стабілізатор температури тіла, переносник поживних речовин та продуктів травлення, реагент та реакційне середовище в більшості хімічних перетворень, стабілізатор конформації біополімерів і, нарешті, як речовина, що полегшує динамічну поведінку макромолекул. Вода важлива складова харчових продуктів. Вона міститься в різних рослинних та тваринних продуктах як клітинний та позаклітинний компонент, як дисперсійне середовище та розчинник, зумовлюючи їх консистенцію та структуру і впливаючи на зовнішній вигляд, смак та стійкість продукту при зберіганні. Завдяки фізичній взаємодії з білками, полісахаридами, ліпідами та солями, вода вносить значний вклад в текстуру їжі.

Функції води.

Метаболічна. Завдяки тому що в цілому нейтральна молекула води являє собою диполь (на атомах Гідрогену зосереджений позитивний заряд, на атомі Оксигену — негативний), вона є полярним розчинником, середовищем для біохімічних реакцій (гідроліз, гідратація) і кінцевим продуктом багатьох біохімічних реакцій, а також донором електронів під час фотосинтезу. Речовини, розчинні у воді, називаються гідрофільними, нерозчинні у воді — гідрофобними (ліпіди).

Транспортна. Вода забезпечує перенесення біологічних молекул усередині клітин, з клітин, до клітин, крізь клітини, є головним компонентом транспортної системи вищих рослин і кровоносної системи тварин. Це можливо завдяки тому, що вода — універсальний розчинник і має високий коефіцієнт поверхневого натягу.

Механічна. Оскільки вода практично нестислива, вона забезпечує пружний стан клітин і тканин рослин (тургор), є амортизатором під час механічних впливів на організм, послаблює тертя між дотичними поверхнями.

Терморегуляторна. Вода забезпечує рівномірний розподіл тепла, що виділяється під час екзотермічних процесів усередині організму, а під час

випаровування з поверхні тіла тварин (потовиділення) або рослин (транспірація) охолоджує організм. Це досягається за рахунок того, що вода має високу питому теплопровідність і велику питому теплоту пароутворення. Завдяки цьому температура всього тіла теплокровних тварин практично однакова, а її перепади зводяться до мінімуму.

Мінеральні солі - неорганічні речовини, які підтримують в середині клітини стан рН, забезпечують її нормальне функціонування, утворюють опорні органи, хітиновий панцир, кістки. В цитоплазмі інших клітин більша частина солей знаходиться в дисоційованому стані в вигляді катіонів і аніонів.

Від концентрації солей залежить постачання води в клітину, оскільки клітинна мембрана проникна для молекул води і непроникна для багатьох великих молекул та іонів. Якщо в навколишньому середовищі міститься менша кількість іонів, ніж в цитоплазмі клітини, то відбуваються поступання води в клітину до вирівнювання концентрації солей (осмос).

Таблиця 9.1

Найбільш поширені йони живих організмів

Катіони	Аніони
H^+ — Гідроген	OH^- — гідроксиду
K^+ — Калій	Cl^- — хлоридної кислоти
Na^+ — Натрій	HSO_4^-, SO_4^{2-} — сульфатної кислоти
Ca^{2+} — Кальцій	$H_2PO_4^-, HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}$ — ортофосфатної кислоти
Mg^{2+} — Магній	HCO_3^-, CO_3^{2-} — карбонатної кислоти

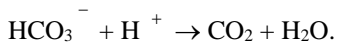
Розчинні солі Калію, Натрію, Кальцію забезпечують найважливішу властивість живих клітин – подразливість. Розчин солі NaCl в концентрації 0,85% отримав назву фізіологічного.

Хлоридна кислота створює кисле середовище в шлунку хребетних тварин і людини, забезпечують цим активність ферментів шлункового соку. Залишки сульфатної кислоти, приєднуючись до нерозчинних у воді сполук, забезпечують їхню розчинність, що сприяє виведенню даних сполук з клітин і організму

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Визначення тимчасової (карбонатної) жорсткості у воді.

Суть визначення полягає у взаємодії гідрогенкарбонатів із хлоридною кислотою:



За законом еквівалентів, число мілекеквівалентів кислоти, що пішло на взаємодію, дорівнює числу мілекеквівалентів гідрогенкарбонатів у взятому для визначення об'ємі води. Перерахувавши цю кількість на об'єм 1 літр, одержуємо значення тимчасової жорсткості.

В конічну колбу ємністю 200–250 мл наливають 100 мл досліджуваної

води. Додавають 2–3 краплі індикатора метилоранжу, титрують 0,1 н. розчином соляної кислоти до появи слабо-рожевого забарвлення. Процес титрування ведуть, вводючи з бюретки краплями розчин HCl у колбу з водою, безперервно перемішуючи вміст колби струшуванням. Забарвлення розчину спостерігати зручно, якщо колбу помістити на лист білого паперу. Фіксують об'єм робочого розчину кислоти, що пішов на титрування.

Титрування повторити 2-3 рази і із близьких результатів взяти середнє.

Тимчасову жорсткість води розраховуємо за формулою:

$$Ж_{(H_2O)} = \frac{V_{(HCl)} \cdot C_{n(HCl)}}{V_{(H_2O)}} \cdot 1000 \frac{\text{мекв}}{\text{л}},$$

де $V(HCl)$ – об'єм розчину хлоридної кислоти, що пішов на титрування, мл;

$C_n(HCl)$ - нормальність розчину HCl, моль-екв/л;

$V(H_2O)$ – об'єм води, взятий для аналізу (мл).

Зробити висновок про якість води та її придатність до використання.

Дослід 2. Аналіз складу мінеральної води.

Визначити вміст мінеральних речовин у мінеральній воді різних виробників, проаналізувавши дані упакування. Результати записати у таблицю, визначити воду із максимальним вмістом кальцію. Встановити відмінності у складі мінеральної та столової води.

Таблиця 9.2

Мінеральний склад води

Марка води	Вміст, мг/л						
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Водний баланс.

Опишіть, як організм підтримує водний баланс у нормі та які механізми вмикаються при його порушенні. Зверніть увагу на роль таких гормонів, як вазопресин (антидіуретичний гормон) та альдостерон, у регуляції об'єму рідини та концентрації натрію в крові. Визначте, які органи найбільше залучені до цього процесу (зокрема, гіпоталамус, гіпофіз, нирки). Поясніть, чому навіть незначне зневоднення може впливати на роботу серця, мозку та загальний гомеостаз. Наведіть приклад життєвої ситуації (фізичне навантаження, спека, отруєння), де порушення водного балансу є критичним, та запропонуйте способи профілактики.

Завдання 2. Осмос.

Поясніть, що таке гіпотонічне, гіпертонічне та ізотонічне середовище, і як ці стани впливають на клітини. Зробіть висновок про значення осмотичного тиску для гомеостазу організму та безпеку порушення осмотичної рівноваги (наприклад, при зневодненні або надмірному споживанні води).

ЗАНЯТТЯ № 10

Тема: проект «Молоко».

Мета: експериментально дослідити показники біохімічних та фізико-хімічних властивостей пастеризованого та свіжого молока, встановити його біохімічну та харчову цінність.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Молоко як продукт харчування.
2. Біохімічні складові молока.
3. Вплив термічної обробки на властивості молока.
4. Фальсифікація молока.
5. Які ферменти використовують у харчовій промисловості для переробки молока?
6. Які фактори впливають на якість молока як сировини для харчового виробництва?

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Молоко – це унікальний біохімічний об'єкт, багатий на поживні речовини, що забезпечують ріст і розвиток організму. Його склад включає білки (казеїн, альбуміни, глобуліни), жири, вуглеводи (переважно лактозу), вітаміни та мінерали, зокрема кальцій. Білки молока легко засвоюються й мають високу біологічну цінність, що робить його важливою сировиною в харчовій промисловості. Жири молока містять жирні кислоти, включаючи незамінні, а також жиророзчинні вітаміни А, D, Е. Лактоза відіграє роль у підтримці мікрофлори кишечника і є джерелом енергії. Завдяки ферментативним та мікробіологічним процесам молоко може перетворюватися на широкий спектр продуктів – від йогурту до твердих сирів. Біохімічні властивості молока роблять його цінним об'єктом досліджень у харчових технологіях та дієтології.

Під час теплової обробки молока (пастеризація, стерилізація) змінюються всі основні компоненти молока – білки, молочний цукор, жир, солі, ферменти і вітаміни. Змінюються також фізико-хімічні, органолептичні і технологічні властивості молока. Тривалий вплив високих температур може викликати незворотні зміни структури і властивостей білків і інших складових частин молока. В результаті зменшується харчова і біологічна цінність молока, погіршується його смак, запах і технологічні властивості.

Білки. При нагріванні молока вище 60 °С в першу чергу змінюється структура і властивості сироваточних білків. Спочатку в результаті теплової денатурації глобули білків втрачають компактність і розвертаються. Поліпептидні ланцюги збираються в ниткоподібні і пластівцеподібні агрегати, які частково випадають на гріючі поверхні і частково залишаються в розчині.

До складу молока входять різні білки: казеїни, лактоглобуліни, альбуміни. За кількістю переважає казеїн. У нейтральному середовищі вони не коагулюють при кип'ятінні, хоча і денатурують. Осадження казеїнів відбувається під впливом молочної кислоти, що утворюється під дією мікроорганізмів у процесі скисання молока. При коагуляції білків молока хлористим кальцієм в осад переходять усі

їх фракції. Такий метод використовують, коли готують прісний сир з молока для дітей на молочних кухнях, а також білок молочний харчовий з пахти (відходи, що залишаються при виготовленні масла). Ці продукти в 4-5 разів багатші на кальцій та фосфор, ніж кисломолочний сир.

Молочний цукор і жир.

Значні зміни молочного цукру та жиру проходять лише при високих температурах стерилізації і в процесах тривалої теплової обробки молока. Так, при пастеризації молока молочний цукор взаємодіє з білками і амінокислотами з утворенням продуктів темно-коричневого кольору – меланоїднів. При цьому змінюється колір, смак, запах молока. Частина молочного цукру при стерилізації розпадається на діоксид вуглецю, мурашину, оцтову, молочну кислоти. Молочний жир під дією високих температур підлягає незначному гідролізу. Більш суттєво змінюється склад оболонки жирових кульок: денатурує їх білковий компонент і частина речовин оболонки переходить в плазму молока. В результаті зменшується механічна міцність оболонки і проходить часткова дестабілізація жирової емульсії - проходить злиття деяких жирових кульок і витоплювання жиру.

Солі, вітаміни, ферменти.

В результаті пастеризації і стерилізації в молоці зменшується кількість йонів кальцію – фосфорнокислі солі кальцію, які знаходяться в вигляді істинного розчину, переходять в колоїдний фосфат кальцію. Таким чином, порушуючи сольовий баланс молока, і цим погіршують його здатність до сичужного звертання. Теплова обробка молока призводить до руйнування частини вітамінів і втрати активності майже всіх ферментів. В більшій мірі руйнуються водорозчинні вітаміни (тіамін, вітамін В12, аскорбінова кислота), кількість жиророзчинних вітамінів змінюється мало. Із ферментів найбільш чутливі до нагрівання амілаза, каталаза, фосфатаза, нативна ліпаза. Більш стійкі пероксидаза, бактеріальна ліпаза, ксантінооксидаза. Фосфатаза, та деякі інші ферменти молока після втрати своєї активності в результаті пастеризації можуть знову її відновлювати, тобто мають властивість реактивації.

Фізико-хімічні, органолептичні та технологічні властивості.

Теплова обробка незначно змінює фізико-хімічні властивості молока. Так, після пастеризації внаслідок агрегації казеїну незначно збільшується в'язкість, а в результаті стерилізації при утворенні із молочного цукру органічних кислот підвищується на 2-3 °С кислотність молока. Після теплової обробки також незначно знижується поверхневий натяг молока. Органолептичні і технологічні властивості молока змінюються в більшій мірі. При теплової денатурації сироваточні білки в результаті розвертання поліпептидних ланцюгів звільняються сульф-гідрильні групи (-SH-) і молоко набуває «смак киплячого молока». В наслідок утворення меланоїднів змінюється колір молока. Інтенсивність бурого забарвлення молока залежить від температури і тривалості нагрівання.

Після пастеризації збільшується тривалість сичужного звертання молока, а стерилізоване молоко практично ферментом не звертається. Це викликано в першу чергу змінами сольового балансу молока – зменшенням в ньому кількості

йонів кальцію. Тому при виробництві сиру кисломолочного і сиру кислотнo-сичужним способом необхідно додавати в молоко після пастеризації розчинні солі кальцію. Крім того, внаслідок утворення комплексів казеїну з денатурованим бета-лактоглобуліном погіршується звертаюча дія сичужного ферменту. Утворення таких комплексів також зменшує термостійкість молока. Режими теплової обробки молока впливають на властивості отримуваних з нього білкових згустків – міцність, здатність відділяти сироватку. Таким чином при виробництві кисломолочних продуктів (сметани, сиру) важливо правильно вибирати режими пастеризації сировини.

Для контролю ефективності пастеризації молока (вершків) головним чином застосовують методи, засновані на визначенні в молоці лужної фосфатази і пероксидази. При контролі ефективності пастеризації молока визначенням фосфатази можна використовувати фенолфталеїнфосфат натрію. Метод заснований на гідролізі фенолфталеїнфосфату натрію фосфатазою із звільненням фенолфталеїну, який в лужному середовищі дає рожеве забарвлення. Для контролю високотемпературної пастеризації молока використовують метод визначення ферменту пероксидази, який інактивується при температурі вище за 80 °С. Метод заснований на розкладанні пероксиду водню ферментом з виділенням кисню. Активний кисень, що звільняється, окисляє йодид калію до йоду, що забарвлює крохмальний розчин в синій колір (або парафенілендіамін до з'єднань синього кольору).

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Визначення густини молока.

Густину молока визначають за допомогою ареометра або спеціального молочного ареометра-лактоденсиметра, який має дві шкали: нижню – для визначення величини питомої ваги молока, верхню – для температури молока. Питома вага молока може бути виражена у г/см³ або в умовних одиницях – градусах Кевена. Кожний градус Кевена відповідає тисячній частці грама. Наприклад, за густини молока 1,027 г/см³ густина дорівнює 27 °Кевена.

У скляний циліндр налийте 40 мл ретельно перемішаного молока. Лактоденсиметр або ареометр занурте у молоко так, щоб він не торкався стінок, і відпустіть його. Через 5 хв проведіть відлік за шкалою приладу, відзначаючи показники за верхньою межею молока.

Одночасно визначте температуру молока. За температури молока понад 20 °С на кожний градус температури до показників ареометра додайте поправку, яка дорівнює 0,2 °Кевена; за температури, нижчої за 20 °С таку ж поправку відніміть.

Приклад: густина дорівнює 1,028 г/см³, температура молока +10 °С. Тоді густина у градусах Кевена, приведена до температури 20 °С, дорівнює:

$$28^{\circ} - 0,2^{\circ} \cdot 10 = 28^{\circ} - 2^{\circ} = 26^{\circ} \text{ Кевена.}$$

Дослід 2. Реакція з йодкалієвим крохмалем.

Готують крохмальний розчин йодистого калію: наважку крохмалю масою 3 г, зважену з похибкою $\pm 0,05$ г, розчиняють в 20 см³ води та приливають до 80 см³ киплячої води. Після охолодження до крохмального розчину додають

наважку йодиду калію масою 3 г, зважену з похибкою $\pm 0,01$ г, розчинену у 5-10 cm^3 дистильованої води.

а) Гідроген пероксид (30 %-вий) додають в молоко як консервуючу речовину. В пробірку до 1 cm^3 досліджуваного молока, не перемішуючи, додають дві краплі розчину сульфатної кислоти і 0,2 cm^3 йодкалієвого крохмалю. За зміною кольору вмісту пробірки, поміщеної в штатив, спостерігають, не допускаючи її струшування. Моментальне посиніння вмісту пробірки або поява окремих плям синього кольору протягом 10 хвилин свідчить, що масова частка гідроген пероксиду у молоці перевищує 0,01 %. Якщо через 10 хвилин сине забарвлення відсутнє – гідроген пероксид у молоці відсутній.

б) У 2 пробірки налити по 5 мл молока, одну з них нагріти до температури не нижче 85 °С і охолодити до кімнатної температури. В кожен пробірку додають 5 крапель йодкалієвого крохмалю, 5 крапель 0,5% розчину гідроген пероксиду і перемішують. Сире молоко швидко набуває темно-блакитного забарвлення. Молоко нагріте до температури вище 85 °С та при 75 °С з витримкою не менше 10 хв, забарвлення не змінює.

Дослід 3. Визначення в молоці фосфатази.

В пробірку відміряють 2 мл молока, додають 2 мл розчину фенолфталеїну фосфату натрію, закривають пробірку гумовим корком і перемішують, потім пробірку поміщають в термостат при температурі 40- 45 °С. Через 10 хв та через 1 годину визначають забарвлення молока. При руйнуванні фосфатази нагріванням (при 63 °С протягом 30 хв та при 72 °С протягом 20 с) забарвлення молока не змінюється. Якщо фосфатаза при нагріванні не зруйновано, то з'являється рожеве забарвлення різних відтінків.

Дослід 4. Виявлення лактози в молоці.

У стакан на 50 мл наливають 10 мл молока, додають 40 мл дистильованої води і 1 мл 1 % розчину КОН. Струшують вміст. Фільтрують. Відміряють в окрему пробірку 2-3 мл фільтрату і проводять реакцію Фелінга.

Дослід 5. Осадження казеїну.

а) В колбу відміряють піпеткою 5 мл молока і 20 мл води, підігривають до температури не вище 50 °С і додають, помішуючи, 3 мл 0,6% розчину оцтової кислоти. Казеїн випадає в вигляді дрібних пластивців. Осад зберігають для досіду 5. Рідину фільтрують. Якщо сироватка не прозора, то її пропускають через фільтр до повної прозорості фільтрату. Прозорий профільтований розчин кип'ятять. Якщо молоко було нагріте до температури нижче 80 °С, то сироватка мутніє від звертання альбуміну, який залишився в сироватці. Якщо молоко було нагріте до 80 °С і вище, то альбумін звертається і залишається разом з казеїном на фільтрі, а сироватка при кип'ятінні не мутніє.

б) У пробірку наливають близько 2 мл молока і доводять його до кипіння, потім додають 5...6 крапель 10 %-ного розчину кальцій хлориду, спостерігають появу осаду.

Дослід 6. Осадження білків молока ацетоном.

Ацетон зумовлює дегідратацію білків, осаджує їх із розчину. Наполовину розбавлений ацетон не викликає коагуляції білків молока. У разі накопичення в молоці кислот стійкість білків почне знижуватись і додавання 50 %-го розчину

ацетону викликає їх коагуляцію. Це відбувається при такій кількості кислот у молоці, яка ще не відчувається на смак. Проба з ацетоном використовується для визначення свіжості молока, що особливо важливо для підприємств дитячого харчування, а також для дієтичних їдалень.

У дві пробірки наливають по 2 мл різних зразків молока. Потім в обидві пробірки доливають по 2 мл ацетону, енергійно струшують, спостерігають появу згустків на стінках пробірки.

Дослід 7. Вивчення складу фосфопротейдів молока.

Осад казеїну у пробірці розчиняють в 1 %-му розчині NaOH. Для цього до осаду додають 1...2 мл 1 %-го NaOH. Кип'ятять 1...2 хвилини. Охолоджують. При кип'ятінні у лужному середовищі відбувається частковий гідроліз фосфопротейдів. Розчин фільтрують через паперовий фільтр.

а) Виявлення наявності поліпептидів за допомогою біуретової реакції. У пробірку наливають 1 мл гідролізату, додають 1 мл 10 %-го розчину NaOH і 0,5 мл 5 %-го розчину купрум сульфату. Спостерігають появу фіолетового забарвлення, що свідчить про наявність пептидних зв'язків.

б) Проба Троммера на рибозу і дезоксирибозу. Суміш з попереднього дослідження перемішують і підігрівають до кипіння. Спостерігають появу жовтого забарвлення, яке супроводжує утворення купрум (I) гідроксиду. Він при тривалому нагріванні перетворюється на купрум (I) оксид цеглисто-червоного кольору.

в) Молибденова проба на фосфатну кислоту. У пробірку наливають 1 мл гідролізату, додають 1 мл молибденового реактиву і кип'ятять декілька хвилин. Спостерігають появу жовтого осаду фосфомолибденовокислого амонію.

Досід 8. Визначення кислотності молока.

Визначення кислотності проводять титриметричним методом – титруванням молока розчином лугу за наявністю індикатора фенолфталеїну.

За допомогою піпетки у конічну колбу внесіть 10 см³ молока, додайте 20 см³ дистильованої води, 3–4 краплі 1 %-го спиртового розчину фенолфталеїну. При постійному перемішуванні титруйте 0,1 моль-екв/дм³ розчином NaOH до появи слабо-рожевого забарвлення.

Титрування повторюйте тричі й обчисліть середнє арифметичне значення об'єму розчину NaOH. Об'єм розчину лугу, витрачений на титрування, помножте на 10, щоб отримати значення кислотності молока у градусах Тернера.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

1. **Завдання 1.** На основі отриманих експериментальних результатів складіть таблицю порівняння біо- та фізико-хімічних параметрів молока різних торгових марок. Наведіть кількісні параметри та результати спостережень.

Таблиця 10.1

	Показник	Молоко фермерське	Молоко «(вказати марку)»
1.	Зовнішній вигляд		
2.	Густина у градусах Кевена		
3.	Кислотність у градусах Тернера		

4.	Присутність гідроген пероксиду		
5.	Дія ацетону		
6.	Виявлення лактози		
7.	Інші показники (вказати)		

2. **Завдання 2.** Зробити висновки про відмінності молока різного походження, порівняти молоко різних торгових марок. Вказати вміст білків, жирів, вуглеводів, вітамінів на основі аналізу інформації упаковки.

3. **Завдання 3.** На молочному підприємстві після тривалого зберігання пастеризованого молока виявлено, що продукція має кислий присмак, змінилася консистенція та рН знизився до 4,6.

Запитання до обговорення:

1. Які біохімічні процеси могли відбутися в молоці?
2. Які мікроорганізми могли спричинити такі зміни?
3. Чому рН 4,6 є критичним для білків молока?
4. Як це може вплинути на подальшу придатність продукту до споживання чи переробки?
5. Запропонуйте заходи з контролю якості та попередження подібних ситуацій.

ЗАНЯТТЯ № 11

Тема: визначення показників енергетичного обміну таблично-хронометражним методом.

Мета: вивчити особливості енергетичного обміну людини, визначити значення енерговитрат власного організму таблично-хронометражним методом.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Що таке основний обмін та специфічно–динамічна дія їжі?
2. Фактори, що впливають на основний обмін.
3. Добові витрати енергії людини.
4. Методи для визначення витрат енергії.
5. Як визначати добові витрати енергії за допомогою таблично-хронометражного методу?

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Енергія в організм людини надходить із їжею у вигляді вуглеводів, жирів і білків.. Як відомо, при окисненні 1 г вуглеводів, як і білків, виділяється 4 ккал (17 кДж), а жирів – 9 ккал (37 кДж) енергії. Знаючи хімічний склад харчових продуктів та їх калорійність, наведені в спеціальних таблицях, можна розрахувати калорійність будь-якого меню або дієти. Звичайно калорійність або енергетична цінність продуктів виражається в кілокалоріях на 100 г продукту. Добові енерговитрати організму людини включають основний обмін (мінімальна кількість енергії, необхідна для підтримки основних функцій організму й процесів біосинтезу в стані відносного спокою), специфічний – енерговитрати на травлення й всмоктування їжі (при змішаному харчуванні – у середньому 10-15% добової витрати енергії), а також енерговитрати на різні види діяльності.

Основний обмін залежить від віку, статі, маси тіла, зовнішніх умов, індивідуальних особливостей людини й становить у середньому у дорослого чоловіка з масою тіла 65 кг – 1600-1800 ккал, а у жінок з масою тіла 55 кг – 1300-1400 ккал. У дітей основний обмін на одиницю маси тіла в 1,5 рази вищий, ніж у дорослих, а в людей похилого віку – нижчий, ніж у дорослих.

Специфічний обмін – різна їжа потребує різні витрати енергії залежно від вмісту білків, вуглеводів і жирів. Найбільша витрата енергії відбувається при травленні білків (до 30-40 %). Для жирів вона становить 4-14 %, а для вуглеводів – 4-7 %. При збалансованому надходженні окремих компонентів їжі спостерігається збільшення основного обміну в середньому на 10-15 %.

При різних видах діяльності, особливо при м'язовій активності, істотно збільшуються енерговитрати людини. Так, якщо при читанні книги основний обмін збільшується всього на 16 %, та при фізичному навантаженні – у кілька разів. Приблизні добові енерговитрати організму можна визначити також за допомогою спеціальних таблиць.

Основний обмін – це енерговитрати організму на підтримання його вегетативних функцій. Енергетичні витрати організму за умов основного обміну пов'язані з підтриманням для життя клітин рівня окислювальних процесів і з діяльністю постійно працюючих органів та систем (дихальної мускулатури, серця, нирок та ін.). Деяка частина енергетичних витрат організму пов'язана з підтриманням м'язового тону. Тому основний обмін слід визначати в стані м'язового та емоційного спокою, натщесерце, в стані неспання, при температурі 18-20° С. Інтенсивність основного обміну в перерахунку на 1 кг маси тіла у дітей більша, ніж у дорослих, а в чоловіків приблизно на 10% вища, ніж у жінок.

Для визначення основного обміну розрахунковим способом використовують спеціально розроблені таблиці та формули (табл. 11.1, 11.2, 11.3).

Після прийому їжі інтенсивність обміну речовин і енергетичні витрати організму збільшуються порівняно з їх рівнем в умовах спокою. Вплив приймання їжі на посилення обміну речовин і енергетичні витрати називають специфічною динамічною дією їжі. При вживання білкової їжі обмін речовин зростає в середньому на 30%, при харчуванні жирами і вуглеводами обмін зростає на 4-14%. При змішаному харчуванні величина специфічно-динамічної дії їжі становить 10-15% основного обміну.

Таблиця 11.1

Основний обмін (ккал/добу) залежно від зросту, маси тіла й статі (число А)

Число А			Число А		
Маса тіла, кг	Чоловіки	Жінки	Маса тіла, кг	Чоловіки	Жінки
3	107	683	35	548	990
4	121	693	40	617	1038
5	135	702	45	685	1085
6	148	712	50	754	1133
7	162	721	55	823	1181
8	176	731	60	892	1229
9	190	741	65	960	1277
10	203	751	70	1029	1325
15	272	798	75	1098	1372
20	341	846	80	1167	1420
25	410	894	85	1235	1468
30	479	942	90	1304	1516

(число Б)

	Вік (років)											
	1	3	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60
Чоловіки												
40	-40											
50	60	10										
60	160	95	40									
70	260	195	130									
80	360	295	230	95								
100	560	495	430	180								
110	595	530	475	280								
120	-	695	630	600	380							
130	-	-	730	725	480							
140	-	-	830	835	580	516						
150	-	-	-	958	680	618	582	514	480	431	345	
160	-	-	-	1040	780	684	632	598	564	530	463	395
165	-	-	-	1095	815	714	657	623	589	555	488	420
170	-	-	-	1150	850	744	682	648	614	580	513	445
175	-	-	-	-	875	774	707	673	639	605	538	470
180	-	-	-	-	900	804	732	698	664	630	563	495
Жінки												
40	-344	-234	-194									
50	-305	-194	-153									
60	-264	-154	-113									
70	-224	-114	-74									
80	-184	-74	-34	-52								
100	-104	6	40	38	5							
110	-	46	80	88	45							
120	-	86	126	133	80							
130	-	-	166	177	125							
140	-	-	206	219	165	150						
150	-	-	-	259	204	180	161	138	113	90	44	-2
160	-	-	-	298	242	209	179	156	132	109	62	15
165	-	-	-	315	260	222	188	165	142	118	71	25
170	-	-	-	-	278	234	198	174	151	127	81	34
175	-	-	-	-	296	247	207	183	160	137	90	43
180	-	-	-	-	313	259	216	193	169	146	99	52

Формули для розрахунку основного обміну

Стать	Вік, роки	Основний обмін, ккал/добу
Чоловіки	10-18	$16,6 \times \text{MT} + 77 \times \text{Зр} + 572$
	18-30	$15,4 \times \text{MT} - 27 \times \text{Зр} + 717$
	30-60	$11,3 \times \text{MT} + 16 \times \text{Зр} + 901$
	понад 60	$8,8 \times \text{MT} + 1128 \times \text{Зр} - 1071$
Жінки	10-18	$7,4 \times \text{MT} + 482 \times \text{Зр} + 217$
	18-30	$13,3 \times \text{MT} + 334 \times \text{Зр} + 35$
	30-60	$8,7 \times \text{MT} - 25 \times \text{Зр} + 865$
	понад 60	$9,2 \times \text{MT} + 637 \times \text{Зр} - 302$

Примітка: МТ – маса тіла, кг; Зр – зріст, м

Таблиця 11.3

Визначення основного обміну за показниками маси тіла та віку ккал/добу

Маса тіла, кг	18-29 років	30-39 років	40-59 років	60-74 років
Чоловіки				
50	1450	1370	1280	1180
55	1520	1430	1350	1240
60	1590	1500	1410	1300
65	1670	1570	1480	1360
70	1750	1650	1550	1430
75	1830	1720	1620	1500
80	1920	1810	1700	1570
85	2010	1900	1780	1640
90	2110	1990	1870	1720
Жінки				
40	1080	1050	1020	960
45	1150	1120	1080	1030
50	1230	1190	1160	1110
55	1300	1260	1220	1160
60	1380	1340	1300	1230
65	1450	1410	1370	1290
70	1530	1490	1440	1360
75	1600	1550	1510	1430
80	1680	1630	1580	1500

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Встановити значення основного енергетичного обміну.

За таблицею 11.1 встановити значення основного енергетичного обміну власного організму, врахувавши свій вік, стать, зріст та вагу. Сума чисел А та Б становить величину основного обміну.

Розрахувати значення основного енергетичного обміну за таблицею 11.2. Порівняти отримані результати.

Завдання 2. Визначення добових витрат енергії з допомогою таблично- хронометражного методу.

Збільшення енергетичних витрат під час виконання розумової, а особливо фізичної роботи має назву робочої надбавки. За допомогою таблично-хронометражного методу визначають добові витрати енергії лише приблизно. Це пов'язано із неможливістю повністю врахувати всі види діяльності людини впродовж дня. Окрім того, дані, які наводяться в таблицях, мають відносне значення, так як витрати енергії людини, навіть при виконанні одного і того ж виду діяльності, можуть коливатися внаслідок різних причин: умов праці, стану організму, рівня тренуваності та ін. Разом з цим цей метод дозволяє провести визначення добових витрат енергії в межах, які достатні для практичної мети і можна використовувати цей метод при організації харчування.

Алгоритм виконання:

- підготувати робочу таблицю (зразок наведено у табл. 11.5);
- провести хронометраж дня та визначити час виконання різних видів діяльності;
- знайти для кожного виду діяльності відповідні дані енергетичних витрат, які вказуються як сумарна величина розходу енергії у ккал за 1 хв. на 1 кг маси тіла (таблиця 4). Якщо в таблиці той чи інший вид діяльності не вказаний, варто користуватися даними, які належать до близького за характером виду діяльності.;
- обрахувати витрати енергії при виконанні певної діяльності за вказаний час, для чого помножити величину енергетичних витрат при даному виді діяльності на час його виконання;
- визначити величину, яка характеризує добові витрати енергії на 1 кг маси тіла, додавши отримані дані витрат енергії при різних видах діяльності за добу;
- визначити добові витрати енергії людини, для цього величину добових витрат енергії на 1 кг маси тіла помножити на масу тіла і до отриманої величини витрат додати 15% з метою визначення неврахованих енерговитрат.

Таблиця 11.4

Енергетичні витрати людини при різних видах діяльності

Вид діяльності	Енергетичні витрати (ккал) людини за 1 хвилину на 1 кг маси тіла
Фізична зарядка	0,0648
Учбові заняття	0,0283

Читання вголос	0,0047
Піднімання важких предметів	0,0452
Особиста гігієна (умивання, душ)	0,0329
Приймання їжі сидячи, стоячи	0,0235
Одягання, роздягання, знімання взуття	0,0281
Самообслуговування	0,025
Сон	0,0155
Прання руками	0,0511
Прасування білизни	0,0323
Домашня робота	0,0530
Підмітання кімнати	0,0402
Витирання пороху	0,0411
Миття посуду	0,0343
Миття підлоги	0,0548
Шиття (ручне, машинне), в'язання	0,0265
Прослуховування лекцій	0,0255
Розумова праця	0,0241
Написання текстів, листів	0,0240
Друкування на машинці. комп'ютері	0,0333
Виголошення промови, виступ на занятті	0,0369
Робота в лабораторії сидячи	0,0250
Робота в лабораторії стоячи	0,0360
Підготовка до занять	0,0250
Читання (лікті на столі)	0,0214
Читання (сидячи без опори)	0,0238
Читання лекцій в аудиторії	0,0500
Прибирання ліжка	0,0329
Розмова сидячи	0,0252
Розмова стоячи	0,0267
Відпочинок стоячи	0,0264
Відпочинок сидячи	0,0229
Відпочинок лежачи (але не сон)	0,0183
Їзда у транспорті	0,0267
Їзда на мотоциклі	0,0383
Їзда на велосипеді	0,0466
Прогулянка повільна	0,0446

Прогулянка в звичному темпі	0,0476
Прогулянка зі швидкістю 3 км/год.	0,0510
Прогулянка під гору в звичайному темпі	0,0914

Приклад. Необхідно обчислити добові енерговитрати енергії спортсмена, що займається фехтуванням, вага якого 75 кг. Дані хронометражу та часу на різні види діяльності занесені у таблицю 11.5. За допомогою таблиці 11.4 визначають енерговитрати при різних видах діяльності. Потім сумують величини витрат енергії за добу. Отримана сума – 42,27 ккал вказує витрати енергії за добу на 1 кг маси тіла. Для визначення добових витрат енергії отриману величину перемножують на масу тіла спортсмена: $42,27 \times 75 = 3170$ ккал. Потім обчислюють 15% від отриманої величини (невраховані енерговитрати) та додають до показника добових витрат енергії: $3170 + 476 = 3646$ ккал. Саме ця величина і становить добові витрати енергії для даного спортсмена.

Таблиця 11.5

Вид діяльності	Години виконання	Тривалість виконання, хв	Витрати енергії (ккал) за 1 хв. на 1 кг маси тіла	Обчислення
Зарядка	7.00 – 7.15	15	0,0648	$0,0648 \times 15 = 0,972$
Особиста гігієна	7.15 – 7.30	15	0,0329	$0,0329 \times 15 = 0,329$
Застеляння ліжка	7.30 – 7.40	10	0,0329	$0,0329 \times 10 = 0,329$
Сніданок (прийом їжі сидячи)	7.40 – 8.00	20	0,0236	$0,0236 \times 20 = 0,472$
Доїзд до закладу навчання	8.00 – 8.30	30	0,0267	$0,0267 \times 30 = 0,801$
Робота в лабораторії сидячи	8.30 – 12.30	240	0,0250	$0,0252 \times 240 = 6,00$
Обід (прийом їжі сидячи)	12.30 - 13.00	30	0,0236	$0,0236 \times 30 = 0,708$
Відпочинок сидячи	13.00 - 13.30	30	0,0229	$0,0229 \times 30 = 0,687$
Робота в лабораторії	13.30 - 17.30	240	0,0250	$0,0250 \times 240 = 6,00$
Доїзд на тренування	17.30 - 18.00	30	0,0267	$0,0267 \times 30 = 0,801$

Тренування:		5	0,1357	$0,1357 \times 5 = 0,678$
Розминка (біг)		15	0,0845	$0,0845 \times 15 = 1,267$
Фізичні вправи		60	0,1333	$0,1333 \times 60 = 7,998$
Фехтування		10	0,0845	$0,0845 \times 10 = 0,845$
Особиста гігієна	19.30 - 19.40	10	0,0329	$0,0329 \times 10 = 0,329$
Доїзд додому	19.40 - 20.20	40	0,0267	$0,0267 \times 40 = 0,068$
Вечеря (прийом їжі сидячи)	20.20 - 20.40	20	0,0236	$0,0236 \times 20 = 0,472$
Розумова робота	20.40 - 22.20	100	0,0243	$0,0243 \times 100 = 2,43$
Прогулянка	22.20 - 22.50	30	0,0690	$0,0690 \times 30 = 2,070$
Особиста гігієна	22.50 - 23.00	10	0,0399	$0,0399 \times 10 = 0,399$
Сон	23.00 - 7.00	480	0,0155	$0,0155 \times 480 = 7,44$
Разом		24 год. (1440 хв)		42,27

ЗАНЯТТЯ № 12

Тема: біохімічні показники стану організму.

Мета: встановити нормальні значення біохімічних показників крові та сечі.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Визначення стану організму за результатами аналізу крові та сечі.
2. Основні біохімічні показники крові.
3. Основні біохімічні показники сечі.
4. Які компоненти сечі і крові змінюються після виконання фізичних навантажень?

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Біохімічний аналіз крові дуже залежить від попередньої підготовки (уникнення стресів, навантажень, помірне харчування без алкоголю, ну і, звісно, здавати аналіз натще).

1. **Глюкоза (цукор крові чи глікемія).** Нормальний рівень глюкози вважається від 4,11 до 5,89 ммоль/л. Гіпоглікемія - пониження рівня цукру крові нижче 4,11 моль/л, незважаючи, що переважна більшість пацієнтів турбується при підвищенні рівня глюкози, насправді, гіпоглікемія на багато небезпечніша для пацієнта. Гіперглікемія - підвищення цукру крові понад 5,89 не завжди пов'язана з цукровим діабетом, а може сигналізувати про дисфункцію наднирників, гіпофізу, гормональний дисбаланс, тощо.

2. **Білок (протеїн) та його фракції.** Нормальний вміст протеїнів у крові вважається в межах 67-87 г/л. При постановці діагнозу лікар також керується рівнем альбумінів та глобулінів в крові (їх ще називають фракціями білку), а точніше їхнім співвідношенням, норма 1,5-2,5.

3. **Білірубін.** Білірубін утворюється внаслідок руйнування гемоглобіну, який знаходиться в еритроцитах. Слід розрізняти загальний білірубін (прямий та непрямий). Норма загального білірубину - до 21 мкмоль/л. Прямий або вільний білірубін повинен не перевищувати відмітки 17,1 мкмоль/л. Непрямий білірубін або зв'язаний є більш токсичний, саме він є результатом реакції речовин печінки з вільним білірубіном. Підвищення прямого білірубину пов'язують з хворобами печінки, гепатитами чи іншими інфекційними хворобами. Непрямий білірубін характеризує стан жовчекам'яної хвороби, новоутворень у жовчному міхурі чи підшлунковій залозі.

4. **Трансамінази чи як їх ще називають - амінотрансферази** - це особливі ферменти, які регулюють важливі біологічні процеси у клітинах. Аналіз крові визначає рівень АСТ та АЛТ. Норма АСТ для чоловіків - 40 од/л для жінок - 32 од/л, АЛТ для чоловіків 41 од/л, для жінок 33 од/л. Порушення рівня АСТ та АЛТ має дуже широкий діапазон порушень здоров'я пацієнта, у тому числі: інфаркт, захворювання печінки, отруєння, інфекційні хвороби, пухлини, наслідки травм чи опіків.

5. **Сечовина.** Процес утворення сечовини відбувається в печінці - це результат важких перетворень і реакцій, в ході яких нейтралізується аміак, який утворюється в шлунку, при гнитті білка (аміак - це надтоксична речовина, яка

впливає на кожний орган та тканини, особливо головний мозок). Частина сечовини може реабсорбуватися в нирках і ця величина повинна бути в межах 2,76 - 8,07 ммоль/л. Коливання рівня сечовини пов'язують переважно з захворюваннями нирок, а також із змінами в харчуванні (вміст білків у їжі).

6. Креатинін. Утворення креатиніну пов'язане з білковим обміном, тобто є результатом процесів у м'язах та головному мозку, виводиться нирками. Через специфіку розвитку будови м'язевої тканини, для жінок і чоловіків норма є різною, 45-84 мкмоль/л та 59-104 мкмоль/л відповідно.

Зміни рівня креатиніну пов'язують з нирковою недостатністю, травмами, змінами у щитоподібній залозі. У спортсменів переважно відзначають, що рівень креатиніну підвищений.

7. Амілаза - це фермент підшлункової залози (частково слинних залоз). Бере активну участь в розчепленні крохмалю та інших високомолекулярних вуглеводнів. Норма коливається в межах 28-100 Од/л. Підвищення рівня амілази у крові свідчить про панкреатит чи закупорку протоків підшлункової залози каменем чи пухлиною. Пониження спостерігається при зловживанні алкоголем та, коли починається дисфункція підшлункової залози.

8. Холестерин - речовина, яка є продуктом обміну жирів і білків в печінці та кишківнику. Холестерин не зовсім є шкідливою речовиною, яка закупорює судини, як думає переважна більшість пацієнтів, він бере участь в біологічних процесах обміну в клітинах, також є складовою частиною статевих гормонів. Вміст холестерину має бути не вище 5,17 ммоль/л.

9. Йони (йони). Слід зазначити, що усі мікроелементи в крові знаходяться в формі іонів (йонів). Порушення обміну мікроелементів, що призводить до зміни їх вмісту, викликають наступні причини: отруєння (рвота, понос), інфекції шлунково-кишкового тракту, втрата організмом рідини з інших причин.

Таблиця 5

Мікроелементи крові

Мікроелемент/Іон (йон)	Норма (мкмоль/л)
Na (натрій)	135-156,5
K (калій)	3,5-5,0
Ca (кальцій)	2,23-2,57
Fe (залізо)	9,0-31,3
Mg (магній)	0,65-1,1
Cu (мідь)	11,0 – 24,3
Cl (хлор)	77 – 87
P (фосфор)	0,646-1,292

Біохімічний аналіз сечі дає можливість визначити не тільки стан всього організму, а й функціонування його окремих органів і систем. Його використовують для уточнення передбачуваного діагнозу, виявлення захворювань на ранній стадії. Для біохімічного дослідження зазвичай збирають добову сечу.

Напередодні збору сечі для аналізу необхідно виключити з раціону жирну, солодку, гостру їжу, алкоголь. Крім того, не рекомендується вживати продукти, які можуть викликати забарвлення сечі – морква, спаржу, буряк, ревінь, чорницю. Не варто міняти питний режим, тобто випивати більше або менше рідини, ніж зазвичай. Дане дослідження сечі дозволяє оцінити роботу нирок та інших внутрішніх органів, виявити відхилення в обміні речовин організму. Розглянемо норми біохімічного аналізу сечі за основними показниками.

1. **Амілаза** - фермент, який виробляється підшлунковою залозою, слинними залозами і бере участь у розщепленні білків. Велика частина даного ферменту виділяється нирками. Норма амілази в аналізі сечі становить 10-1240 од/л.

Підвищений вміст амілази в сечі буває при захворюваннях підшлункової залози, привушних слинних залоз. Після стихання гострого періоду хвороби амілаза в сечі залишається підвищеною протягом 7-14 діб.

2. **Загальний білок** - сума всіх білків в організмі. Білки складаються з амінокислот і беруть участь у всіх біохімічних реакціях організму, переносять різні речовини до органів. У нормі білок у сечі або не повинен зовсім визначатися, або може бути виявлений у кількості до 0,033 г/л.

Стан, при якому в сечі з'являється білок, називають протеїнурією. Білок в аналізі сечі може бути виявлений при хронічних інфекціях нирок та сечовивідної системи, цукровому діабеті, аутоімунних хворобах нирок, алергічних реакціях, мієломної хвороби.

3. **Глюкоза** - головний показник вуглеводного обміну в організмі. Згідно з розшифровкою біохімічного аналізу сечі, в нормі глюкоза не повинна визначатися в сечі або може визначатися в кількості не більше 0,03-0,05 г/л.

Підвищення концентрації глюкози в сечі буває при цукровому діабеті, хронічних захворюваннях нирок.

4. **Креатинін** - продукт розпаду речовини креатинфосфат, який бере участь у роботі м'язів. Норма креатиніну для чоловіків становить 0,64-1,58 г/л, для жінок - 0,48-1,43 г/л.

Вміст креатиніну в сечі нижче норми вказує на захворювання нирок, які призводять до порушення їх фільтраційної здатності - хронічний пієлонефрит, гломерулонефрит.

5. **Сечова кислота** - є продуктом розпаду пуринових основ. Велика частина (близько 70%) сечової кислоти виводиться нирками. Нормальне значення даного показника в біохімічному дослідженні сечі становить 0,4-1,0 г/добу. Основною причиною підвищення вмісту сечової кислоти в сечі буває розвиток подагри.

6. **Сечовина** - кінцевий продукт обміну білків. Норма сечовини в біохімічному аналізі сечі 333-586 ммоль/добу.

Підвищення концентрації сечовини часто буває симптомом підвищення розпаду білків при голодуванні, підвищеному споживанні білка, побічною дією лікування глюкокортикоїдами.

Знижений рівень сечовини спостерігається при нирковій недостатності гострого та хронічного перебігу, печінкової недостатності, вагітності, у маленьких дітей в період активного росту.

7. **Мікроальбумін** - білок (альбумін) плазми крові, який разом з іншими білками виділяється з сечею. У розшифровці біохімічного аналізу сечі вказується норма альбуміну - 3,0-4,24 ммоль/добу .

Підвищення вмісту в сечі мікроальбуміну є найбільш раннім симптомом порушення функції нирок у хворих нефропатією, яка пов'язана з гіпертонією або цукровим діабетом.

8. **Фосфор** - один з важливих складових кісткової тканини. Крім того, даний елемент незамінний для більшості клітин організму, в тому числі центральної нервової системи. Нормальний вміст фосфору в біохімії сечі - 0,4-1,4 г/сут.

Відхилення даного показника від норми може свідчити про патологічних процесах у нирках, кістковій тканині.

9. **Калій** - основний внутрішньоклітинний катіон. У біохімічному аналізі сечі норма калію - 38,3-81,7 ммоль/добу. При цьому кількість калію, що виділяється з сечею, залежить від раціону і віку людини. У дітей молодше шести років норма вмісту калію значно нижче, ніж у дорослих.

Причиною відхилення даного показника від норми може бути порушення надходження калію в організм, обмінних процесів або процесів виділення. До цих станів можуть привести інтоксикації, патології надниркових залоз, нирок.

10. **Магній** - елемент, який знаходиться в основному усередині клітин організму. Він є важливим хімічним елементом, так як активує близько 300 ферментів організму. Нормальний вміст магнію в сечі становить 3,0-4,24 ммоль/добу.

Відхилення значення даного показника від нормального буває при хронічній нирковій недостатності, серцево-судинних захворюваннях, неврологічних патологіях.

11. **Натрій** - один з головних позаклітинних катіонів . У біохімічному аналізі сечі нормальний вміст натрію становить 100-255 ммоль/добу. Відхилення від норми вмісту натрію в сечі може бути ознакою захворювань нирок, наднирників, діабету, черепно- мозкової травми.

12. **Кальцій** - елемент, який міститься в основному в кістковій тканині. Кальцій бере участь у м'язових скороченнях, згортання крові, секреції гормонів. Норма кальцію в аналізі сечі - 0,25-4,98 ммоль/добу.

Рівень кальцію в сечі підвищується при акромегалії, гіперпаратиреозі, остеопорозі, мієломній хворобі. Зниження рівня кальцію в сечі буває при гіпаратиреозі, нефрозі, рахіті, злоякісних хворобах кісток, гіпотиреозі.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Біохімічні фактори крові та сечі.

Скласти таблиці «Біохімічні показники крові» і «Біохімічні показники сечі» за зразком.

	показник	біологічна роль	норма	причини відхилення

ЗАНЯТТЯ № 13

Тема: матричний біосинтези: реплікація, транскрипція, трансляція.

Мета: навчитись розрізняти етапи реплікації, транскрипції та трансляції, розвивати навички аналізу нуклеотидних та амінокислотних послідовностей.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Що таке матричний біосинтез? Які процеси до нього належать?
2. Які основні ферменти беруть участь у процесі реплікації ДНК?
3. Чим відрізняється транскрипція від трансляції?
4. Які є типи РНК і яку роль кожен з них виконує?
5. Що таке генетичний код і які його основні властивості?
6. Які наслідки може мати мутація в послідовності ДНК для білка?

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Важливою особливістю хімічних процесів, що відбуваються в живих системах, є реакції матричного синтезу. У техніці й поліграфії термін матриця (від лат. матрікс — початок, джерело) означає зразок, модель, штамп, шаблон, форму, інструмент, що використовують для серійного виробництва однакових предметів, наприклад монет. Так само внаслідок реакцій матричного синтезу з одних біологічних молекул, які слугують матрицею, «відливається» безліч однакових молекул-копій.

Слід зазначити, що реакції синтезу в неживій природі — взагалі щось рідкісне й надзвичайне, а такий складний процес, як матричний синтез, що обов'язково повинен каталізуватись спеціальними ферментами, за межами клітини просто неможливий. Саме тому чимало вчених вважає, що важлива відмінність живого від неживого — це не просто наявність обміну речовин, а саме реакції матричного синтезу.

Завдяки реакціям матричного синтезу в клітині відбувається синтез усіх біополімерів, за винятком полісахаридів, ланцюги яких, як ви, напевно, пам'ятаєте, на відміну від інших, утворюються з однакових мономерів.

Синтез ДНК. Процес синтезу ДНК розпочинається перед поділом клітини й зумовлений необхідністю утворення нового полінуклеотидного ланцюга, який синтезується в повній відповідності до «матриці» старого ланцюга, тобто за принципом комплементарності: навпроти нуклеотиду А старого ланцюга розміщується нуклеотид Т нового (або навпаки), а навпроти Ц — відповідно Г (або також навпаки). Саме тому синтез ДНК називають реплікацією (від. лат. реплікаціо — відбиття (рис. 13.1).

Відбувається він у такій послідовності. Спочатку під дією спеціальних ферментів подвійна спіраль розкручується й утворюється реплікативна вилка. Майже відразу завдяки ферменту ДНК-полімеразі починається ферментативне складання нових полінуклеотидних ланцюгів. Причому на різних ланцюгах ДНК синтез відбувається неоднаково. На першому ланцюзі синтез полінуклеотидів триває безперервно — від початку розкрученої ділянки до кінця. На другому ланцюзі синтез відбувається з деяким запізненням і спрямований у протилежний

бік: спочатку збираються невеликі блоки, що згодом «зшиваються» в єдиний ланцюг.



Рис. 13.1. Схема реплікації ДНК.

Особливостями матричного синтезу є точність копіювання та висока швидкість перебігу реакцій. Надійність копіювання — це надзвичайно важлива властивість процесу реплікації.

Біосинтез білка. Цей процес доволі непростий та складається з трьох головних етапів. Перший етап — транскрипція (від лат. транскріпціо — переписую), або синтез РНК за матрицею ДНК (рис. 13.2).

Молекули ДНК не беруть безпосередньої участі в синтезі білка, цим процесом займаються «посередники» — молекули РНК. При цьому транспортні (тРНК) і рибосомальні (рРНК) виконують допоміжні, технічні функції, а ключову роль відведено інформаційній (іРНК). Усі без винятку молекули РНК синтезуються за матрицями, якими слугують певні ділянки ДНК. При цьому тРНК синтезуються на багатьох ділянках, розкиданих по різних хромосомах, а рРНК — у спеціальних утвореннях — ядерцях, що також розміщуються на різних хромосомах. Число ядерць в одній клітині завжди кратне двом і може змінюватись у межах від 2 до 10, що залежить не лише від виду організму, а й від його стану. У період інтенсивного росту число ядерць зростає.

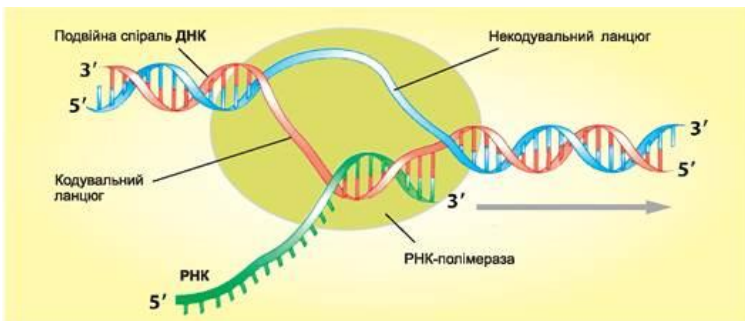


Рис. 13.2. Схема транскрипції (стрілочкою показано напрям матричного синтезу).

Початком синтезу білка є зчитування інформації з молекули ДНК, яке здійснюється лише з одного ланцюга, який вважають відомим, а інший слугує

лише стабілізатором структури ДНК. Причому в різних генів, розташованих на одній молекулі ДНК, зчитування відбувається з того чи іншого ланцюга. Цей процес починається лише з певних триплетів ДНК — ТАЦ і ЦАТ, які відповідно кодують амінокислоти ізолейцин та валін. Подібно до того, як по одній нитці ДНК відбувається синтез другої нитки ДНК, так і по розплетеній нитці ДНК здійснюється синтез молекули іРНК. Реакція прискорюється ферментом РНК-полімеразою, а тому протікає дуже швидко та з високою точністю.

Завдяки комплементарним зв'язкам нуклеотидів проти нуклеотиду ДНК стає відповідний нуклеотид РНК. Тому проти ГДНК стає ЦРНК; проти ЦДНК — ГРНК; проти ТДНК — АРНК і проти АДНК — УРНК. Далі ці нуклеотиди «зшиваються» РНК-полімеразою в один полінуклеотидний ланцюг іРНК. Він, з одного боку, повністю комплементарний ділянці ДНК, з якої він зчитувався, а з іншого — є майже точною копією другої ділянки ДНК. Процес синтезу іРНК зупиняється на певних кодонах ДНК (АЦТ, АТТ, АТЦ), які отримали назву стоп-кодонів і які не кодують амінокислот.

Другий етап — процесинг (від англ. process — хід, рух). Так називають «визрівання» матриці іРНК, яке безпосередньо передуює синтезу поліпептидних ланцюгів (рис. 13.3). Що таке визрівання іРНК і для чого воно потрібне? Слід зазначити, що гени еукаріотних організмів мають переривчасту будову й відрізки гена, які кодують амінокислотні послідовності — екзоти (від грец. екзо — зовні), — чергуються з ділянками ДНК, які не несуть генетичної інформації, — інтронами (від лат. inter — поміж). Тому на другому етапі синтезу білка відбувається «редагування» послідовності: спочатку на першій стадії з неї вирізаються інтрони, а екзони на другій стадії за допомогою спеціальної ферментної системи «зшиваються» в одну більш коротку нитку іРНК.

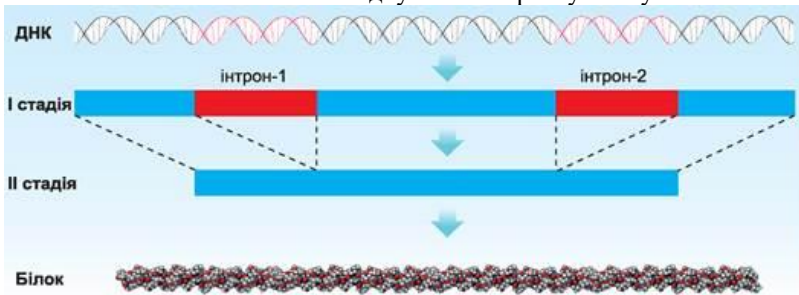


Рис. 13.3. Процесинг: I стадія — незріла іРНК; II стадія — зріла іРНК.

Третій етап — трансляція, або синтез білка за матрицею іРНК. Процес синтезу поліпептидного ланцюга являє собою переписування інформації з «мови» нуклеїнових кислот на «мову» білків і тому має назву трансляція (від лат. трансляцій — перенесення). Відбувається цей процес у такий спосіб. Ядерна іРНК за допомогою спеціальних білків крізь пори в ядерній оболонці виходить у цитоплазму клітини. Далі по каналах шорсткої ендоплазматичної сітки вона транспортується на те місце клітини, яке потребує білок, амінокислотний склад якого вона кодує.

На один кінець молекули іРНК нанизується рибосома і синтез поліпептидного ланцюга відбувається «крок за кроком»: рибосома пересувається наче «кроками» з триплету на триплет (рис. 13.4). На кожному «кроці» відбувається приєднання до ланцюга однієї амінокислоти. Швидкість синтезу ланцюга висока, зв'язування однієї амінокислоти триває близько 0,5 с та відбувається за участі спеціальних ферментів. Процес з'єднання амінокислот у єдиний ланцюг триває до стоп-кодона, а це означає, що синтез закінчено. Після цього рибосома сходить з ланцюга іРНК, від неї відділяється поліпептидний ланцюг, який спочатку закручується у спіраль, а потім набуває третинної структури. На одній молекулі іРНК одночасно може розміщуватись до 5 рибосом. Така структура отримала назву полісома (від грец. полі — багато, сома — тіло). Один і той же ланцюг іРНК може використовуватись багаторазово (рис. 13.5).

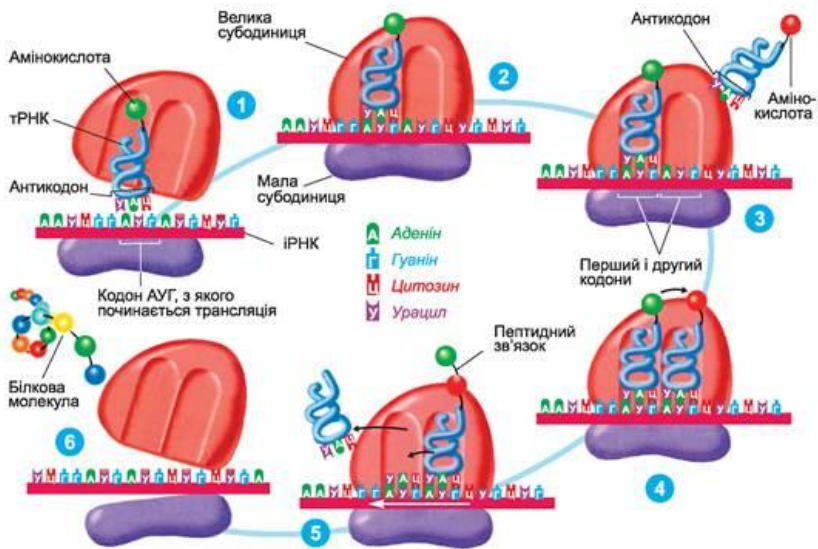


Рис. 13.4. Схема біосинтезу білка.

1. Молекула іРНК зв'язується з малою субодиноцею рибосоми. Ініціатор-тРНК зв'язується зі старт-кодоном на іРНК.

2. Велика субодиноця прикріплюється до малої субодиноці, створюючи функціональну рибосому.

3. Антикодон іншої тРНК з амінокислотою прикріплюється до додаткового кодону іРНК поруч з ініціатор-тРНК.

4. Між амінокислотами утворюється пептидний зв'язок, який переноситься ініціатор-тРНК і тРНК, що поруч з нею.

5. Після утворення пептидного зв'язку тРНК від'єднується від рибосоми, а рибосома просуває ланцюг іРНК на один кодон. Оскільки тРНК несе новосформовані фрагменти білкової молекули, інша тРНК з амінокислотою

зв'язується з новим кодоном. Під час подовження білкової молекули кроки 3-5 повторюються знову і знову.

6. Синтез білка закінчується, коли рибосома досягає стоп-кодону. Сформована молекула білка від'єднується від кінцевої тРНК тРНК вивільняє рибосому й вона розпадається на велику та малу субодиниці.

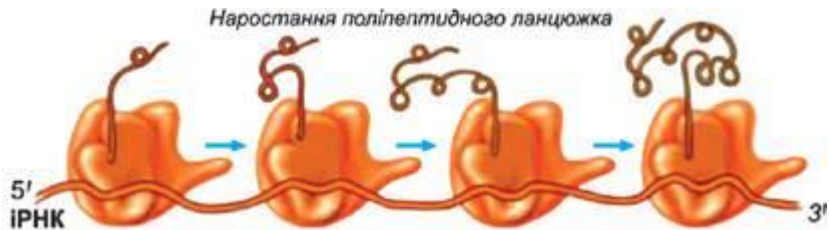


Рис. 13.5. Полісома

Якщо синтези ДНК та РНК відбуваються за матрицею ДНК і нуклеотиди самі знаходять собі місце в ланцюзі, то амінокислоти не комплементарні відповідним трьом нуклеотидам. Функцію добору та транспорту амінокислот здійснюють тРНК. На передній частині цієї молекули міститься триплет. Він комплементарний триплету іРНК і є розпізнавальним знаком цього типу тРНК. Однак послідовність триплету тРНК — обернена кодону іРНК, а тому його називають антикодоном. Отже, кожна амінокислота має одну або кілька тРНК, які зв'язуються зі специфічною для них амінокислотою, просувають її до рибосоми, а потім шляхом взаємодії антикодону з кодоном визначають порядок розташування амінокислоти у поліпептидному ланцюзі.

Дія генів – це визначення складу і структури білків, що синтезуються в клітині, а також чітко визначені впливи, що регулюють синтез РНК і білків. Причому реалізація генетичної інформації відбувається на двох рівнях: від ДНК до РНК і від РНК до білків. Невипадково принцип «один ген - один поліпептидний ланцюг» є одним з найважливіших принципів генетики й сучасної біології.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Визначення послідовності РНК.

За даним фрагментом ДНК визначити комплементарну послідовність мРНК. Фрагмент ланцюга ДНК:

3'-TAC GGA TTC CAG ACT-5'

Визначити комплементарний ланцюг ДНК. Побудувати відповідну послідовність мРНК, що синтезується на даній ділянці. Вказати напрям транскрипції.

Завдання 2. Побудова поліпептиду.

За фрагментом мРНК визначити амінокислотну послідовність білка за допомогою таблиці генетичного коду. Фрагмент мРНК:

5'-AUG GCU UAC CGA UAA-3'

Поділити послідовність на триплети (кодони). Знайти відповідні амінокислоти за таблицею генетичного коду. Записати амінокислотну послідовність поліпептиду. Вказати, де починається та закінчується трансляція.

Завдання 3. Помилки та мутації.

Визначити тип мутації (делеція, заміна, вставка) та її можливі наслідки для структури білка.

Маємо нормальну мРНК:

5'-AUG GGU ACU GAA UGA-3'

(пептид: Метіонін – Гліцин – Треонін – Глутамінова кислота – [СТОП])

Розглянь наведені змінені фрагменти мРНК. Для кожного визнач тип мутації (заміна, видалення, вставка). Поясни, як це вплине на білок.

Варіант 1: 5'-AUG GGU AAU GAA UGA-3'

Варіант 2: 5'-AUG GGU CAC UGA-3'

Варіант 3: 5'-AUG GGU ___ GAA UGA-3'

Таблиця 13.1

Таблиця кодонів РНК

		неполярні		полярні		основні		кислотні		(стоп-кодон)	
		2ий нуклеотид									
		U		C		A		G			
1ий нуклеотид	U	UU	(Фен/F) Феніл-аланін	UC	(Сер/S) Серин	UA	(Тир/Y) Тирозин	UG	(Цис/C) Цистеїн		
		U		U		U		U			
		UC	(Фен/F) Фенілаланін	CC	(Сер/S) Серин	CA	(Тир/Y) Тирозин	CG	(Цис/C) Цистеїн		
		C		C		C		C			
	C	UA	(Лей/L) Лейцин	CA	(Сер/S) Серин	UA	Стоп-кодон	UG	Стоп-кодон		
		A		A		A		A			
UG		(Лей/L) Лейцин	CG	(Сер/S) Серин	AG	Стоп-кодон	GG	(Трп/W) Трипт офан			
		CU	(Лей/L) Лейцин	CU	(Про/P) Пролін	CA	(Гіс/H) Гістидин	CG	(Арг/R) Аргінін		
		U		U		U		U			
		CU	(Лей/L) Лейцин	CC	(Про/P) Пролін	CA	(Гіс/H) Гістидин	CG	(Арг/R) Аргінін		
		C		C		C		C			
		CU	(Лей/L) Лейцин	CA	(Про/P) Пролін	CA	(Глн/Q) Глутамін	CG	(Арг/R) Аргінін		
		A		A		A		A			

A	CU G	(Лей/L) Лейцин	CC G	(Про/P) Пролін	CA G	(Глн/Q) Глутамін	CG G	(Арг/R) Аргінін	
	AU U	(Іле/I) Ізолейцин	AC U	(Тре/T) Треонін	AA U	(Асн/N) Аспарагін	AG U	(Сер/S) Серин	
	AU C	(Іле/I) Ізолейцин	AC C	(Тре/T) Треонін	AA C	(Асн/N) Аспарагін	AG C	(Сер/S) Серин	
	AU A	(Іле/I) Ізолейцин	AC A	(Тре/T) Треонін	AA A	(Ліз/К) Лізін	AG A	(Арг/R) Аргінін	
	AU G ^{Al}	(Мет/M) Метіонін	AC G	(Тре/T) Треонін	AA G	(Ліз/К) Лізін	AG G	(Арг/R) Аргінін	
	G	GU U	(Вал/V) Валін	GC U	(Ала/A) Аланін	GA U	(Асп/D) Аспарагінова кислота	GG U	(Глі/G) Гліцин
		GU C	(Вал/V) Валін	GC C	(Ала/A) Аланін	GA C	(Асп/D) Аспарагінова кислота	GG C	(Глі/G) Гліцин
		GU A	(Вал/V) Валін	GC A	(Ала/A) Аланін	GA A	(Глу/E) Глутамін кислота	GG A	(Глі/G) Гліцин
		GU G	(Вал/V) Валін	GC G	(Ала/A) Аланін	GA G	(Глу/E) Глутамін кислота	GG G	(Глі/G) Гліцин

ЗАНЯТТЯ № 14

Тема: Генна модифікація у харчових технологіях.

Мета: проаналізувати біохімічні зміни, що відбуваються в організмі внаслідок генних модифікацій; розглянути основні методи контролю ГМО.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Поняття генетичної модифікації.
2. Технології редагування геному (CRISPR).
3. Приклади ГМО у харчовій промисловості (кукурудза, соя, томати тощо).
4. Переваги генетично модифікованих продуктів.
5. Ризики та побоювання, пов'язані з ГМО.
6. Законодавче регулювання ГМО в Україні

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Генетично модифіковані організми отримують методом трансформації за допомогою одного з таких способів: агробактеріальний перенос, балістична трансформація, електропорація або вірусна трансформація. Переважна кількість комерціалізованих трансгенних рослин отримані за допомогою агробактеріального переносу або балістичною трансформацією. Зазвичай, для переносу використовують плазмиду, що містить ген, робота якого надає організму задані якості, промотор, що регулює включення цього гена, термінатор транскрипції, а також касету, що містить селективний ген стійкості до антибіотику канаміцину або гербіциду. Отримання трансгенних сортів нового покоління не передбачає використання селективного гена, побічні якості якого можуть розглядатися як небажані. Натомість генетична конструкція може нести декілька генів, що необхідні для комплексної роботи генетичної конструкції.

Генетична модифікація може надавати рослині і харчовому продукту, що виробляється з неї, цілий ряд певних ознак. Переважна кількість генно-модифікованих організмів, що культивуються, несуть стійкості до збудників хвороб (вірусів та грибів), комах-шкідників або до гербіцидів. Це значно полегшує культивування, а також зменшує витрати на обробку отрутохімікатами.

Як правило, перевірка на наявність ГМО проводиться за допомогою базового методу полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР). ПЛР передбачає три основних дії:

Штучний синтез невеликих ділянок ДНК, праймерів, які комплементарні до вбудованого в організм гену, здатні його хімічно розпізнати і специфічно з ним зв'язатись.

Коли праймери знаходять цільову послідовність, запускається швидка ланцюгова реакція синтезу вбудованої ділянки ДНК. Таким чином, вбудована цільова молекула ДНК копіюється мільони разів (ампліфікується).

Ампліфікований продукт можна детектувати (візуалізувати) за допомогою різних приладів. Якщо продукт детектується, то це свідчить, що в пробі наявна ДНК генно-модифікованого організму.

Кількісне визначення на наявність ГМО: точну кількість ГМО в продукті визначити неможливо. Довгий час визначення на наявність ГМО було переважно якісна: можна було визначити, чи продукт містить ГМО чи ні. Відносно недавно розроблено методи кількісного визначення — ПЛР в режимі реального часу, коли детектований продукт маркується флуоресцентним барвником і інтенсивність випромінювання порівнюється з відкаліброваними стандартами. Втім, навіть найкращі прилади все ще демонструють серйозну похибку.

Кількісне визначення на наявність можливе тільки тоді, коли з продукту можна виділити достатньо ДНК. Якщо виникають труднощі з виділенням ДНК, яка доволі нестабільна, руйнується і втрачається в процесі обробки продукту (очищення і рафінування олії або лецитину, термічна і хімічна обробка, тиск), то кількісне визначення неможливе. Методи виділення ДНК різняться від однієї лабораторії до іншої, тому показники кількісного визначення можуть також різнитись, навіть якщо аналізувався один і той самий продукт.

Незалежно від того, якісне чи кількісне визначення застосовується для аналізу харчових продуктів на вміст ГМО, недоліком методу є велика кількість фальш-позитивних та фальш-негативних результатів. Найточніші результати можна отримати при аналізі необробленої рослинної сировини.

Для якісного визначення вмісту ГМО іноді використовують також стандартизовані тестові чип-системи. Методи виділення ДНК різняться від однієї лабораторії до іншої, тому показники кількісної детекції можуть також різнитись, навіть якщо аналізувався один і той самий продукт, в основі яких лежить принцип комплементарної гібридизації ДНК з міткою, нанесеною на чип. Лімітуючим фактором цього методу є також ефективне виділення ДНК. Крім того, подібні тестові системи не охоплюють всього різноманіття ГМО і складні для розбудови.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Підготувати презентацію на одну із тем:

Отримання трансгенних мікроорганізмів, рослин і тварин.

Генно-інженерні підходи до створення інтенсивних технологій в харчовій галузі.

Генно-модифіковані продукти харчування.

Ризики неконтрольованого поширення генно-модифікованих організмів.

Можливі несприятливі ефекти генно-модифікованих організмів на здоров'я людини, методи їх оцінки та способи попередження.

Нормативна база України стосовно використання ГМО.

Завдання 2. ГМО на етикетках.

Проаналізувати способи маркування ГМО-продуктів в Україні та світі. У супермаркеті знайти продукти, що містять ГМО, або можуть їх містити (на основі інформації з інтернет-джерел).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15

Тема: Раціональне харчування.

Мета: розглянути принципи раціонального харчування. Дослідити якісний склад та калорійність раціону харчування військових.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Основні компоненти їжі.
2. Калорійність продуктів, одиниці визначення.
3. Біологічна цінність вуглеводів їжі.
4. Яке значення у харчуванні мають харчові волокна?
5. Біологічна цінність жирів їжі.
6. Рослинні та тваринні жири.
7. Біологічна цінність білків їжі.
8. Принципи раціонального харчування.
9. Вказати продукти, що містять незамінні есенціальні фактори харчування.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Основними хімічними компонентами їжі є наступні шість груп речовин: постачальники енергії (вуглеводи, жири, білки), незамінні амінокислоти, незамінні жирні кислоти, вітаміни, мінеральні речовини й вода. Кожна речовина виконує конкретну функцію в життєдіяльності організму й впливає на виконання фізичної роботи.

Основними джерелами енергії в тканинах організму є вуглеводи й жири. Жири виконують також структурну функцію. Білки можуть використовуватися як енергетичне джерело, однак основна їхня функція - структурна. Вітаміни входять до складу багатьох ферментів й є регуляторами різних метаболічних процесів. Мінеральні речовини також виконують регуляторну роль і входять у структуру різних тканин, особливо кісткової, і крові. Вода створює внутрішнє середовище організму й забезпечує протікання хімічних реакцій.

Організм людини здатний синтезувати й запасати багато живильних речовин, однак деякі з них в організмі не синтезуються. Вони називаються незамінними есенціальними факторами харчування й повинні надходити з їжею. При їхньому недонадходженні порушуються багато обмінних процесів, а також процеси адаптації при м'язовій діяльності, можуть розвинути захворювання.

Вуглеводи займають одне з найважливіших місць у харчуванні людини, оскільки є основним джерелом енергії при інтенсивній м'язовій діяльності. Від запасів вуглеводів у кістякових м'язах і печінці залежить тривалість аеробної фізичної роботи або прояв високого рівня витривалості, а також час настання стомлення. Вуглеводи їжі забезпечують певний рівень глюкози в крові, що є основним енергетичним субстратом мозку, а також нагромадження запасів глікогену в кістякових м'язах і печінці.

Вуглеводи перебувають в основному в продуктах рослинного походження (хлібі, крупах, макаронах, картоплі, цукрі, овочах і фруктах) у вигляді моно-, ди- і полісахаридів. Ди- і полісахариди їжі в системі травлення піддаються ферментативному гідролізу й перетворюються переважно в глюкозу.

Моносахариди їжі представлені в основному глюкозою й фруктозою, які втримуються в багатьох фруктах, меді й називаються цукрами. В організм вони надходять у вільному виді або утворюються в процесі травлення з ди- і полісахаридів їжі. Кількість моносахаридів у харчуванні людей, особливо в літньому віці, повинне бути обмежене й не перевищувати 25-35 % загальної кількості споживаних вуглеводів.

Дисахариди рослинної їжі представлені сахарозою – основним компонентом харчового цукру й багатьох насолод (цукерок, тортів, варення). При розщепленні полісахаридів у системі травлення утвориться дисахарид мальтоза, що розщеплюється на дві молекули глюкози. Сахароза розпадається на глюкозу й фруктозу. Одночасне споживання великої кількості сахарози, як і моносахаридів, може викликати гіперглікемію і її наслідки, тому виправдано тільки при необхідності швидкого відновлення запасів енергії.

У молоці й молочних продуктах перебуває дисахарид лактоза - "молочний цукор". Це основний вуглевод їжі дітей першого року життя. У дорослому організмі може порушуватися засвоєння лактози. У зв'язку із цим розроблені окремі рекомендації про виключення молочних продуктів з раціону харчування. Однак лікарі спростовують таку думку, тим більше що кисломолочні продукти не містять лактози.

Полісахариди їжі представлені в основному крохмалем, що перебуває в рослинних продуктах (картоплі, крупах, хлібі, рисі й ін.), а також глікогеном - «тваринним крохмалем». У системі травлення людини крохмаль повільно розщеплюється до молекул глюкози, які поступово всмоктуються в кров, що не викликає гіперглікемії в крові. Тому в раціоні харчування повинні переважати полісахариди (до 65 %). Глікоген вноситься із продуктами харчування в малих кількостях.

Окремі групи вуглеводів розрізняються доступністю для гідролитичних ферментів у шлунково-кишковому тракті й швидкістю надходження глюкози в кров, що позначається як глікемічний індекс. Розрізняють продукти з високим, середнім і низьким глікемічним індексом, використання яких приводить до різного збільшення рівня глюкози в крові.

Харчові волокна – це полісахариди рослин, які в організмі людини в процесі травлення не розщеплюються. До них належать целюлоза (клітковина), геміцелюлоза, а також пектин і лігнін. Вони проходять шлунково-кишковий тракт без змін і тому є баластовими речовинами.

Харчові волокна не є живильними речовинами, однак грають важливу регуляторну роль у процесах травлення різних речовин. Вони підсилюють просування харчової маси, утворення кишкового соку, жовчовиділення, стимулюють виведення з організму холестерину, сповільнюють процес усмоктування глюкози при великому споживанні цукру, а також зв'язують

отруйні речовини й виводять їх з кишечника. Постійне надходження волокон в організм людини знижує ймовірність захворювання атеросклерозом, раком, а також поліпшує функцію шлунково-кишкового тракту. Проте надлишкова їхня кількість зменшує усмоктування мінеральних речовин (Fe, Ca, Mg, Cu), а також жиророзчинних вітамінів. Харчові волокна містяться у житньому хлібі, овочах (капусті, буряку, моркві), фруктах (яблуках, чорносливі). Норма споживання їх - 10-15 г доб⁻¹.

Жири їжі, як і вуглеводи, є важливими енергетичними субстратами. Крім того, вони поставляють ненасичені жирні кислоти, які не синтезуються в організмі, але виконують важливі біологічні функції. На протипагу вуглеводам, запаси жирів в організмі людини практично невичерпні.

Біологічна цінність жирів їжі залежить від вмісту в них незамінних ненасичених, особливо поліненасичених, жирних кислот. До складу жирів їжі входять тригліцериди (нейтральні жири), які становлять близько 98 % загальної кількості жирів, а також фосфоліпіди й холестерин (2 %).

Тригліцериди, або нейтральні жири їжі надходять в організм людини із продуктами харчування тваринного й рослинного походження й можуть істотно розрізнятися складом жирних кислот. Так, жири тваринного походження (тверді жири), крім курячого і рибачого, містять в основному насичені жирні кислоти. З ненасичених жирних кислот у їхній склад може входити функціонально важлива арахідонова кислота. У цих жирах накопичуються також вітаміни А і D. Рослинні жири їжі містять велику кількість ненасичених жирних кислот, в основному лінолеву й ліноленову кислоти, які необхідні для синтезу в організмі інших ненасичених жирних кислот, а також регуляторів дії гормонів - простагландинів. Ненасичені жирні кислоти поліпшують вихід у кров жирів, що синтезувалися в печінці, і запобігають їй від ожиріння, проявляючи ліпотропний ефект.

Фосфоліпіди їжі подібні по хімічному складу з фосфоліпідами організму людини. З ними в організм надходять поліненасичені жирні кислоти, фосфор, холін, інозит й інші речовини. Серед різних фосфоліпідів найбільше значення має лецитин, якому властивий ліпотропний ефект. Він також охороняє від розвитку атеросклерозу, стимулює процеси кровотворення, росту й розвитку організму. Лецитин знаходиться в продуктах тваринного походження: мозку, ікрі риб, печінки, яєчному жовтку, вершковому маслі. Добова потреба людини в лецитині становить 0,5 г.

Холестерин не є енергетичним субстратом, однак виконує багато функцій в організмі. Порушення його обміну приводить до розвитку захворювання серцево-судинної системи й ін. Однак прямий взаємозв'язок між надходженням холестерину з їжею й розвитком захворювань не підтверджений. Проте рекомендована раніше норма споживання холестерину в кількості 600 мг доб⁻¹ останнім часом знижена до 300 мг доб⁻¹.

Джерелами холестерину є продукти тваринного походження: печінка, м'ясо, курячий жовток, вершкове масло, сметана. У рослинних продуктах холестерин майже відсутній. Поліпшують обмін холестерину вітаміни А, Е, С, РР, а також тривалого фізичного навантаження.

Добова потреба дорослої людини в жирах становить у середньому 30-35 % загальної калорійності їжі. З них тваринні жири становлять 70 %, олія – 30 % (25-45 г залежно від інтенсивності роботи).

Білки – найважливіші компоненти харчування. Здатність білка виконувати функцію харчування характеризує його біологічну цінність. Ефективність споживання білкових речовин людиною визначається двома основними факторами: збалансованістю вмісту незамінних амінокислот у білку і його засвоюваністю.

Білки їжі в процесі травлення піддаються гідролізу й розпадаються на 20 різних амінокислот, які надходять у кров, доставляються в тканині, де використовуються для створення нових індивідуальних білків організму людини або в інших процесах. До складу білків входять 8 незамінних амінокислот, у яких організм дуже бідує, тому що не може їх синтезувати. Біологічна цінність білка їжі визначається двома параметрами: амінокислотним складом і засвоюваністю білка. Якщо в білку їжі є всі незамінні амінокислоти, тобто він повноцінний, і легко піддається ферментативному гідролізу в кишечнику, то біологічна цінність такого білка є максимальною. Високу біологічну цінність мають білки тваринного походження - яйця, м'ясо, риба, у яких біологічна цінність прийнята за 100 одиниць, тоді як білки продуктів рослинного походження – картоплі, кукурудзи, білого хліба й овочів - мають більше низьку біологічну цінність: 67, 36, 30 одиниць відповідно. У них віддобені кілька незамінних амінокислот, особливо таких як триптофан і лізин.

Для нормального синтезу білка в організмі людини всі незамінні амінокислоти повинні надходити одночасно, тому що вони не запасуються в організмі. Тому білкове харчування повинне бути повноцінним. Якщо немає можливості одержувати білки тваринного походження, необхідно комбінувати рослинні білки, у яких утримуються різні амінокислоти.

Ненадходження в організм окремих незамінних амінокислот викликає порушення синтезу структурних, ферментативних білків або гормонів, що приводить до зниження швидкості або навіть до припинення процесів росту, самовідновлення, відновлення й зменшенню маси тіла, а отже, і працездатності організму.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Визначення калорійності сухого пайка.

Розглянути складові раціону військових. Визначити калорійність окремих продуктів та загальну енергетичну цінність сніданку, обіду і вечері. Результати обчислень занести у таблицю.

№	Назва продукту	Маса, г	Калорійність продукту, ккал/г	Кількість енергії, ккал
Сніданок (обід, вечеря)				
1.				
Всього				

Дослід 2. Визначення якісного складу сухого пайка.

Встановити якісний склад (вміст білків, жирів та вуглеводів) у продуктах сухого пайка. Результати обчислень занести у таблицю.

№	Назва продукту	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г
Сніданок (обід, вечеря)				
1.				
Всього				

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Розрахунок раціону.

Олені 15 років. Вона активно займається плаванням тричі на тиждень та має щільний навчальний графік. За результатами медичного обстеження, їй рекомендовано споживати приблизно 2500 ккал на день. Вона склала свій раціон на день, який містить:

Сніданок: вівсянка з бананом (300 ккал), чай з цукром (100 ккал)

Обід: борщ з хлібом (450 ккал), картопляне пюре з котлетою (600 ккал), компот (150 ккал)

Полуденок: йогурт (120 ккал), печиво (180 ккал)

Вечеря: салат з куркою (400 ккал), рис (300 ккал)

Чи відповідає цей раціон потребам Олени в калоріях?

Які продукти варто замінити або додати, щоб раціон став більш збалансованим за вмістом білків, жирів та вуглеводів?

Завдання 2. Раціон у шкільній їдальні.

Учні 8 класу звернули увагу, що в шкільній їдальні часто подають страви з великою кількістю білого хліба, солодких напоїв і смаженої їжі. Вони хочуть покращити харчування в школі, запропонувавши більш здорове меню.

Які основні принципи раціонального харчування слід врахувати при складанні нового шкільного меню?

Складіть приклад одного дня шкільного обіду, який буде смачним, корисним і відповідатиме нормам раціонального харчування для дітей 12–13 років.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Біологічна і біоорганічна хімія : підручник: у 2-х кн. Кн.1 : Біоорганічна хімія / Б. С. Зіменковський, В. А. Музиченко, І. В. Ніженковська, Г. О. Сирова ; за ред.: Б. С. Зіменковського, І. В. Ніженковської. Київ : Медицина, 2022. 272 с.
2. Біологічна і біоорганічна хімія : у 2 кн.: підручник. Кн. 2. Біологічна хімія / Ю.І. Губський, І.В. Ніженковська, М.М. Корда та ін.; за ред. Ю.І. Губського, І.В. Ніженковської. К.: ВСВ "Медицина", 2021. 544 с.
Біологічна хімія : навч. посіб. / Л. І. Гребеник та ін. ; за заг. ред. Л. І. Гребеник. Суми : Сумський державний університет, 2023. 380 с.
3. Біохімія. Практикум /Л. І. Остапченко, І. В. Компанець, О. В. Скопенко та ін. К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2018. 296 с.
4. Біологічна хімія / О.Я. Склярів. Тернопіль: Укрмедкнига, 2020. 706 с.
5. Jakubowski, H., and Flatt, E. Fundamentals of Biochemistry. 2023. URL: [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Biochemistry/Fundamentals_of_Biochemistry_\(Jakubowski_and_Flatt\)](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Biochemistry/Fundamentals_of_Biochemistry_(Jakubowski_and_Flatt))

Допоміжна

1. Альохіна Т. М. Лабораторний практикум з біохімії: Білки та Ферменти. Кривий Ріг : Криворізький державний педагогічний університет, 2022. 77 с.
2. Миронович, Л. М. Біоорганічна хімія (тестові завдання) [Текст] : навч. посіб. / Л. М. Миронович, О. П. Манжос. Суми : СумДУ, 2015. 191 с.
3. Мороз І.А., Гулай О.І., Шемет В.Я. Харчова хімія : Навчальний посібник. Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2022. 236 с.
4. Мороз І. А., Шемет В. Я., Дударев І. М., Гулай О. І. (2024). Порівняння властивостей молока на рослинній основі з коров'ячим. Наукові праці НУХТ, 30(5), 152—163. DOI: 10.24263/2225-2924-2024-30-5-13
5. Основи біоорганічної хімії (навчальний посібник) / Г. О. Сирова, В. М. Петюніна, В. О. Макаров, Л. В. Лук'янова. Харків: ХНМУ. 2018. 238 с.
6. Стрілецька С.С., Шемет В.Я., Гулай О.І. Дослідження хімічного складу яблук у рамках лабораторного практикуму спеціальності «Харчові технології» // Якість та безпечність товарів: [матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Луцьк - 9 квітня 2021 року] / за наук. ред. д.т.н., проф. Л.І. Байдакової. Луцький національний технічний університет. Луцьк: відділ іміджу та промоцій, Луцький НТУ, 2021. С. 72-74.
7. Фізіологія обміну речовин і енергії. Терморегуляція : навчальний посібник / С. М. Півень. Суми : Сумський державний університет, 2020. 85 с
8. Шемет, В., Гулай, О. Харчові добавки натурального походження: короткий огляд. Товарознавчий вісник. 2023. 1(16). С. 6-18. <https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2023-17-1>
9. Шемет В. Я., Гулай О. І., Мороз І. А. Фізикохімічні аспекти молекулярної гастрономії. Наукові праці НУХТ 2021. Том 27, № 3. С. 163-171. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-3-19>

10. Hulai, O.I. Shemet V.Ya., Klimovych O.S. Chromatographic Determination of the Chemical Composition of Apple Chips Extract. *Methods Objects Chem. Anal.*, 2023, 18(1), p. 33-41. <https://doi.org/10.17721/moca.2023.33-41>
11. Moroz I., Shemet V., Hulai O. Vitamin C: Structure, Biochemical Significance, Methods of Determination. *Proc. Shevchenko Sci. Soc. Chem. Sci.* 2024. Vol. LXXV. P. 78-89. <https://doi.org/10.37827/ntsh.chem.2024.75.078>
12. USMLE Step 1: Biochemistry and Medical Genetics: Lecture Notes / Editors S. Turco, R. Lane, R.M. Harden. New York : Kaplan, 2019. 409 p.

Біохімія : методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітніх програм «Харчові технології» та «Експертиза харчових продуктів та продовольчої сировини» галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G13 Харчові технології денної та заочної форм навчання / уклад. О.І. Гулай. Луцьк: ЛНТУ, 2025. 88 с.

Комп'ютерний набір та верстка: О.І. Гулай

Підп. до друку «__»_____2025 р. Формат 60x84/16. Папір офс.
Гарн. Таймс. Ум. друк. арк. 5,5.
Тираж 50 прим.

Відділ іміджу та промоцій
Луцького національного технічного університету
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75

