

**Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет
імені Олеся Гончара**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ ІЗ ДИСЦИПЛІНИ**

«ХАРЧОВА ХІМІЯ»

Частина 1

2024

УДК

Рекомендовано до друку науково-методичною радою
хімічного факультету Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара

(Протокол № _____ від _____)

Рецензенти: к.х.н., доц. Жук Лариса Петрівна
к.т.н., доц. Новік Ганна Вікторівна

- Т Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт із
дисципліни «Харчова хімія» Частина 1: методичні рекомендації для
практичної підготовки студентів першого бакалаврського рівня
освіти хімічного факультету / Укл.: О.О. Чернушенко, О.В. Саєвич. –
[Електронне видання], 2024 р. – 60 с.

Уміщено вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни
«Харчова хімія» та «Хімія харчових продуктів». Зокрема, наведено необхідні
теоретичні відомості, описано хід виконання лабораторних робіт, подано
запитання до лабораторних робіт та індивідуальні завдання.

Для студентів технологічних та природничих спеціальностей ДНУ.
Друге видання оновлене та доповнене.

ВСТУП

Харчова хімія – це наука що вивчає склад і будову хімічних сполук, які входять до складу харчових систем; загальні закономірності хімічних процесів у харчових продуктах у результаті впливу різних чинників; методи виділення, ідентифікації та дослідження властивостей харчових речовин. У межах підготовки студентів спеціальності 181 «Харчові технології» і 102 «Хімія» дисципліни «Харчова хімія» та «Хімія харчових продуктів» систематизує одержані студентами знання і навички з фундаментальних хімічних дисциплін.

Метою викладання дисциплін «Харчова хімія» та «Хімія харчових продуктів» є сформувані у студентів сучасні уявлення про хімічний склад харчової сировини та готових продуктів, а також загальні закономірності хімічних процесів, що відбуваються під час переробки і зберігання харчових продуктів.

Вивчення дисципліни передбачає засвоєння лекційного матеріалу, виконання лабораторних робіт, самостійне опрацювання інформаційних джерел, виконання індивідуальних завдань.

Данна методична розробка укладена з метою допомогти студентам денної форми навчання у виконанні лабораторних робіт до курсу «Харчова хімія» та «Хімія харчових продуктів». Оцінки за виконання лабораторних робіт (40 балів) виставляється студенту в протягом семестру і додається до загальної суми балів. Оцінювання лабораторних робіт відбувається за критеріями:

<i>Оцінювання лабораторних робіт</i>	
враховується:	
<ul style="list-style-type: none"> - осмислення та глибина розуміння досліджуваної проблеми; - вміння аналізувати та оцінювати факти, події, інтерпретувати схеми, графіки, діаграми тощо; - уміння застосовувати правила, методи, принципи, закони в конкретних ситуаціях; - дотримання принципів академічної доброчесності; - здатність узагальнювати отримані знання; - здатність до критичного мислення 	
0 балів «незадовільно»	Здобувач неспроможний надати жодного варіанта лабораторного заняття. Студент не володіє навчальним матеріалом.
0,5 бали «незадовільно»	Здобувач демонструє часткове розуміння термінів, що використовується в означеній темі. Робота виконана із переважною більшістю помилок, здобувач має поверхневе уявлення щодо мети та практичного призначення роботи, неспроможний надати відповіді на запитання; відсутні розрахунки та висновки лабораторної роботи.
0,5-1,5 балів «задовільно»	Здобувач дає неповні відповіді на запитання стосовно структурних елементів заняття; наявна оформлена лабораторна робота, з окремими суттєвими неточностями та помилками; відсутня ґрунтовна аргументація висновків за результатами роботи. Під час захисту роботи здобувач дає відповіді не на усі запитання, іноді відповіді фрагментарні

1,5-2,5 бали «добре»	Здобувач в цілому володіє методикою лабораторної роботи, дає відповіді на запитання стосовно її структурних елементів; наявна оформлена лабораторна робота з прописаними структурними етапами, розрахунками та висновком до неї, допускаючи при цьому окремі неточності та помилки; у висновках аргументація власної думки не завжди доведена.
2,5-3 бали «відмінно»	Здобувач надає повні та ґрунтовні відповіді на всі запитання стосовно структурних елементів та теоретичної складової роботи; наявна оформлена лабораторна робота з прописаними структурними етапами, розрахунками і вдало аргументованими висновками.

Загальні вказівки до виконання лабораторних робіт

1. Перед початком виконання робіт у лабораторії студент вивчає правила охорони праці, техніки безпеки і протипожежної профілактики і в процесі роботи беззастережно їх виконує.

2. Студент мусить не тільки знати послідовність проведення роботи, але й розуміти її практичний зміст. Перед виконанням роботи він має ознайомитися з рекомендованою літературою, наведеною в кінці цього видання.

3. Завдання для виконання дає викладач на занятті.

4. Усі необхідні розрахунки і результати дослідів студент оформлює у робочий зошит.

5. Виконуючи досліди, студент зобов'язаний тримати робоче місце в порядку й чистоті, а після закінчення роботи – прибрати його і вимити використаний посуд.

Тема 1. Фізико-хімічні властивості білків

Фізико-хімічні властивості білків визначені їх великою молекулярною вагою (вони є природні біополімери), амфотерністю – амфотерні поліелектроліти та лабільністю вторинної та третинної структури їх молекул.

Лабораторна робота 1

Виділення білків з харчової сировини

Мета виконання роботи: навчитися виділяти білки з різних харчових продуктів

1. Виділення овальбуміну

Матеріали й реактиви: білок одного курячого яйця, дистильована вода, хімічні склянки об'ємом 100 і 500 см³, мірна колба на 100 см³, лійка, скляна паличка, фільтри (біла стрічка).

Хід роботи

Обережно відокремити білок від жовтка, додати 500 см³ дистильованої води й ретельно розмішати. Відстояти протягом 10–15 хв. Осад яєчного глобуліну двічі відфільтрувати. Отриманий фільтрат, який містить приблизно 10 % розчин овальбуміну використовувати для подальших дослідів.

2. Отримання сухого овальбуміну

Матеріали й реактиви: білок одного– двох курячих яєць, дистильована вода, хімічні склянки об'ємом 100 см³, пробірки, мірна колба на 100 см³, воронка, скляна паличка, воронка Бюхнера, амонію сульфат (концентрований розчин), амонію сульфат х.ч., фільтри (біла стрічка).

Хід роботи

У пробірку налити 20 крапель нерозведеного яєчного білку, додати такий самий об'єм концентрованого розчину амоній сульфату, добре перемішати (випадає осад яєчного глобуліну). Через 5 хв осад відфільтрувати. У фільтраті має залишитися альбумін. Для його висолювання до повного насичення додати сухий амонію сульфат (доки сіль не припиняє розчинюватися). У результаті із розчину виділиться альбумін у вигляді осаду. Відфільтровують та висушують на фільтрувальному папері. У разі додавання води альбумін знову розчиниться.

3. Виділення казеїну з молока

Матеріали й реактиви: молоко цільне знежирене, 10 % розчин оцтової кислоти, 1 % розчин натрію гідроксиду, 5 % розчин купруму (II) сульфату, індикаторний папір, пробірки, мірна пробірка, лійка, фільтри (біла стрічка), рН-метр універсальний.

Хід роботи

У пробірку відібрати 2 см³ молока, додати 2 см³ дистильованої води, добре перемішати. До отриманого розчину по краплях додати 10 % розчин оцтової кислоти до рН=4,6 (контролювати за допомогою рН-метра, не допускати надлишку кислоти). Осад казеїну відфільтрувати й промити декілька разів дистильованою водою (на фільтрі), висушити.

Лабораторна робота 2

Якісні реакції на білки й амінокислоти

Для визначення білків застосовують два типи реакцій: кольорові та реакції осадження. Кольорові реакції виявляють структурні елементи білків – амінокислоти, або хімічні угруповання, які вони утворюють.

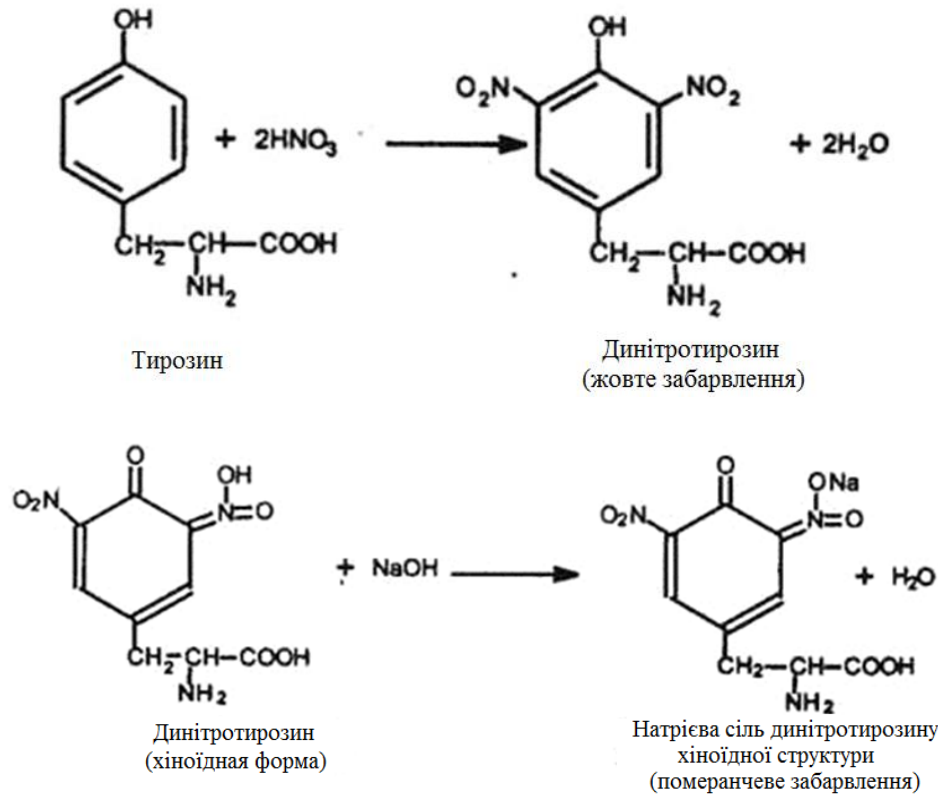
Мета виконання роботи: дослідити якісні реакції визначення білків й амінокислот

1. Біуретова реакція (реакція Піотровського)– реакція на пептидні зв'язки у білкових молекулах.

Утворення пептидного зв'язку:

2. Ксантопротеїнова реакція (реакція Мульдера)

Ксантопротеїнова реакція – якісна реакція на амінокислоти тирозин і триптофан, які в разі нагрівання з концентрованою нітратною кислотою дають нітропохідні жовтого забарвлення, які у випадку додавання луку змінюють забарвлення на помаранчеве:



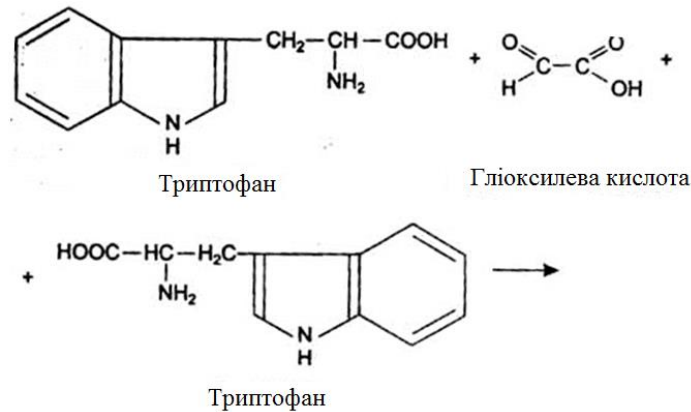
Матеріали й реактиви: розчин яєчного альбуміну, нітратна кислота концентрована, 10 % розчин натрію гідроксиду, штатив із пробірками, піпетки.

Хід роботи

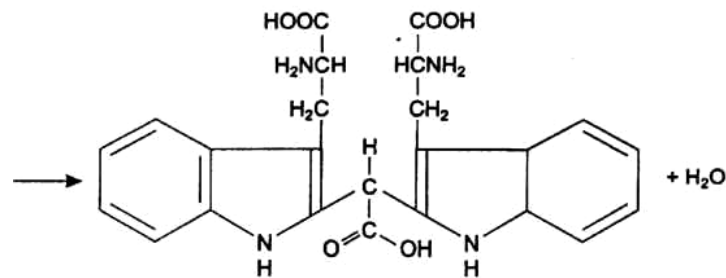
У пробірку додати 5 крапель розчину білка і 3 краплі концентрованої нітратної кислоти. У результаті утвориться осад білка, який у процесі нагрівання набуває жовтого забарвлення та поступово розчиняється – відбувається гідроліз білка. Вміст пробірки охолодити і додати по краплях 10 % розчин натрію гідроксиду, до появи помаранчевого забарвлення, обумовленого утворенням натрієвої солі динітротирозину.

3. Реакція Адамкевича

Реакція Адамкевича – це реакція для виявлення триптофанової амінокислоти і її залишків. У кислому середовищі триптофан із гліоксильною кислотою (як джерело гліоксильної кислоти – крижана оцтова кислота) утворює забарвлені продукти конденсації:



Дві молекули триптофану реагують із гліоксилевою кислотою, утворюють сполуку червоно-фіолетового кольору:



Матеріали й реактиви: білок курячий (розчин), концентрована оцтова кислота (крижана), 1 М розчин сульфатної кислоти, штатив із пробірками, піпетки.

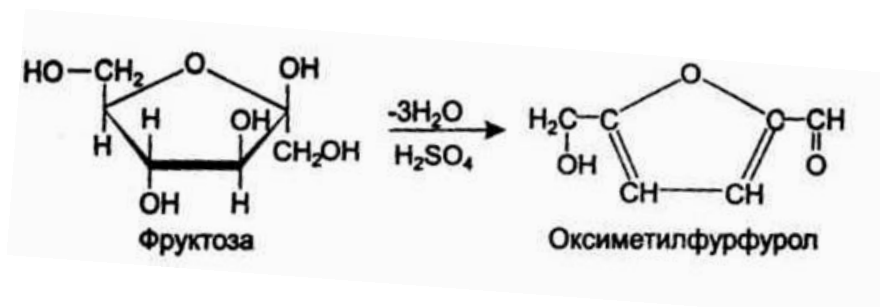
Хід роботи

У пробірку до 1 краплі розчину білка додати 10 крапель крижаної оцтової кислоти й повільно нагріти до розчинення білка. Вміст пробірки охолодити обережно по стінці додати розчин сульфатної кислоти. Протягом 3–5 хв у пробірці на межі розподілу має утворитися червоно-фіолетове кільце. У випадку нагрівання на водяній бані забарвлення проявляється швидше.

4. Реакція Шульце-Распайля

Реакція Шульце-Распайля обумовлена наявністю в білку залишку триптофану. Триптофан, взаємодіючи з оксиметилфурфуролом, дає продукти конденсації вишнево-червоного кольору. Оксиметилфурфурол у цій реакції утворюється з гексоз (із фруктози), утворених у результаті гідролізу сахарози, обумовленого впливом сульфатної кислоти.

Утворення оксиметилфурфуролу з фруктози в присутності концентрованої сульфатної кислоти відбувається за такою реакцією:



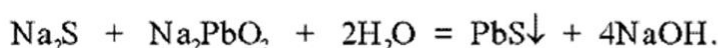
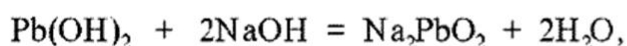
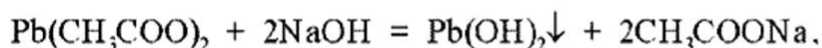
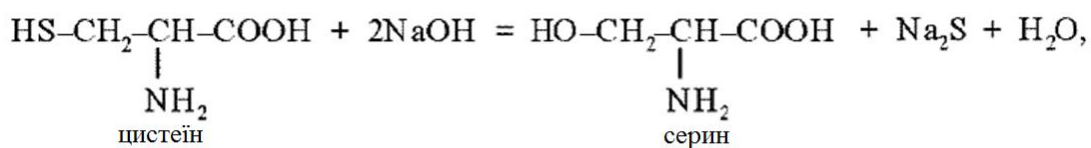
Матеріали й реактиви: білок курячий (розчин), 10 % розчин сахарози, 2 М розчин сульфатної кислоти, штатив із пробірками, піпетки.

Хід роботи

У пробірку до 1 краплі розчину білка додати 1–2 краплі 10 % розчину сахарози й обережно по стінці із піпетки прилити 1 мл сульфатної кислоти. Легким струшуванням пробірки змішати обидві рідини. У результаті виділення тепла під час розчинення H_2SO_4 у воді відбудеться саморозігрівання рідини і з'явиться вишнево-червоне забарвлення. Необхідно простежити, щоб рідина не нагрілася вище 70°C , у випадку перегрівання в результаті впливу сульфатної кислоти відбудеться обуглювання органічної речовини і розчин побуріє.

5. Реакція Фоля

Реакція Фоля обумовлена присутністю в білку амінокислот цистину і цистеїну, що містять Сульфур, які, зазнаючи впливу лугу у процесі нагрівання, руйнуються з утворенням сірководню. Останній у лужному середовищі дає натрій сульфід, який, реагуючи з Na_2PbO_2 , утворює чорний осад плюмбум сульфїду. Для виявлення натрій сульфїду використовують плюмбум ацетат, який, взаємодіючи з натрій гідроксидом, перетворюється на натрій плюмбіт. У результаті взаємодії іонів S^{2-} і Pb^{2+} утворюється PbS чорного або бурого кольору:



Матеріали й реактиви: білок курячий (розчин), 5 % розчин плюмбум ацетату, 10% розчин натріюгідроксиду, штатив із пробірками, піпетки.

Хід роботи

У пробірку налити 10 крапель 5% розчину плюмбум ацетату і по краплях додати 10% розчин натрію гідроксиду до розчинення осаду плюмбум гідроксиду, утвореного в результаті їх взаємодії. Додати кілька крапель білка і прокип'ятити суміш. Через деякий час рідина буріє і випадає чорний осад PbS.

Оформлення результатів роботи

Результати роботи оформити у вигляді таблиці (табл. 1). У висновках вказати, на чому ґрунтуються кольорові реакції на білки. Написати формули визначуваних амінокислот.

Таблиця 1

Якісні реакції на білки й амінокислоти

№	Назва	Реактиви й умови	Забарвлення	Визначувані амінокислоти

Лабораторна робота 3

Визначення межі висалювання білків

Мета виконання роботи: дослідити вплив концентрованих розчинів солей на висолювання білка.

Матеріали й реактиви: 10 % розчин овальбуміну, дистильована вода, концентрований розчин (2 М) амонію сульфат, амонію сульфат х.ч., штатив із пробірками, піпетка на 10 см³.

Хід роботи

У дев'ять пробірок налити по 1 см³ розчину овальбуміну. Додати згідно необхідні речовини (табл. 2). У дев'яту пробірку додати тверду сіль амонію сульфату до повного насичення (поки сіль не буде розчинятися). Порівняти прозорість пробірок. Пробірка із найбільшим помутнінням за найменшої концентрації амонію сульфату (порівняно з іншими) визначатиме межу висолювання білка.

Таблиця 2

Співвідношення компонентів для визначення межі висалювання овальбуміна

Кількісний вміст компонентів	Номер пробірки								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розчин білка, мл	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
H ₂ O, мл	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	0,0	9,0
Насичений розчин (NH ₄) ₂ SO ₄ , мл	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	Тверда сіль
% від повного насичення	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Лабораторна робота 4 Осадження білків

Мета виконання роботи: визначити вплив різних чинників на процес осадження білка.

1. Реакції осадження білків у разі нагрівання

Матеріали й реактиви: 10 % розчин овальбуміну, 1% розчин оцтової кислоти, 10 % розчин оцтової кислоти, насичений розчин натрію хлориду, 10 % розчин натрію гідроксиду, індикаторний папір, штатив із пробірками, піпетки на 1, 5 і 10 см³.

Хід роботи

У 5 пробірок налити по 10 крапель розчину білка.

У першій пробірці нейтральний розчин білка нагріти. Опалесценція має посилитися ще до закипання рідини. Під час кип'ятіння може випасти осад. Розчини білків киплять нерівномірно, поштовхами. Оскільки білок біля стінок згортається і відбувається перегрівання, тонагрівання потрібно проводити обережно, весь час струшуючи пробірку. Посилення опалесценції можна пояснити укрупненням зважених частинок білка.

До нейтрального розчину білка в другій пробірці додати 1–2 краплі 1% розчину оцтової кислоти (до слабкокислої реакції за індикаторним папером), осад при цьому не утвориться. У процесі нагрівання спочатку з'являється опалесценція, а в разі подальшого кип'ятіння випадає білий пластівчастий осад білка, оскільки в слабкокислому середовищі білки перебувають в ізоелектричному стані і, денатуруючи під час нагрівання, легко втрачають свою розчинність у результаті агрегації.

Нейтральний розчин білка в третій пробірці підкислити 10% розчином (1–3 краплі) оцтової кислоти до сильнокислої реакції середовища і нагріти до кипіння. Осад не утвориться, оскільки в разі надлишку водневих іонів, білки, що мали в початковому розчині негативний заряд, перезарядяться і набудуть позитивного заряду, що надає їм стійкість.

Розчин білка в четвертій пробірці підкислити 10% розчином оцтової кислоти до сильнокислої реакції середовища, додати 2–3 краплі насиченого розчину натрій хлориду і закип'ятити. З'явиться білий пластівчастий осад білка в результаті екранування позитивного заряду перезарядження частинок білка протилежно зарядженими іонами Cl⁻ шляхом їх адсорбції. Крім того, вагоме значення в цій реакції має водозв'язувальний вплив натрій хлориду.

До розчину білка в п'ятій пробірці додати 2–4 краплі 10% розчину гідроксиду натрію (до лужної реакції) і прокип'ятити. Осад не утвориться, тому що в лужному середовищі пригнічується основна дисоціація білка і посилюється кислотна, в результаті негативний заряд на колоїдних частинках білка зростає ще більше.

Результати заносять у табл. 3.

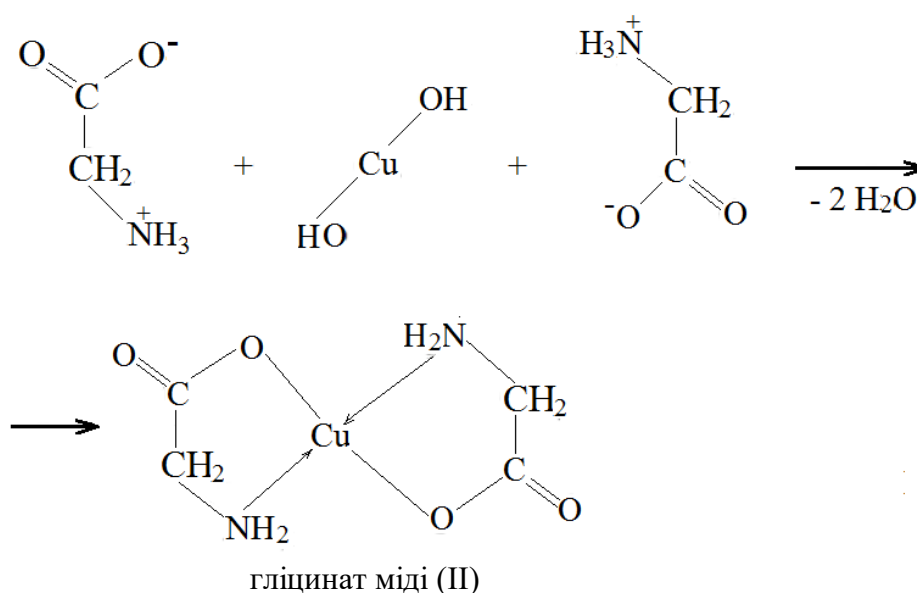
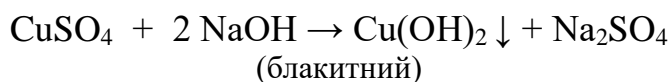
Вплив реакції середовища на осадження білка у разі кип'ятіння

Нейтральне середовище	Слабокисле середовище	Сильнокисле середовище	Сильнокисле середовище за наявності електроліту	Лужне середовище

2. Осадження білків солями важких металів

Білки, взаємодіючи з солями важких металів (мідь, залізо, свинець, цинк, срібло, ртуть та ін.) денатуруються й утворюють нерозчинні у воді комплексні сполуки, які випадають в осад. Поява нерозчинних у воді комплексів обумовлена адсорбцією важкого металу на поверхні білкової молекули.

У результаті поєднання свіжоприготовано гокупруму (II)гідроксиду із α -амінокислотами в м'яких умовах отримують внутрішньокмплесні (хелатні) солі міді (II) синього кольору, які добре кристалізуються:



Матеріали й реактиви: 10 % розчин овальбуміну, 5% розчин купруму сульфату, 5 % розчин пльомбум ацетату, 3 % розчин аргентум нітрату, штатив із пробірками, скляні палички, піпетки на 1, 5 і 10 см³.

Хід роботи

У 3 пробірки налити по 10 крапель розчину білка. У першу додати 1–2 краплі 5% розчину купруму сульфату, у другу 1–2 краплі 5% розчину пльомбум ацетату і в третю 1–2 краплі 3% розчину аргентум нітрату. Має впасти осад білка у всіх трьох пробірках.

У кожному з трьох пробірок додати надлишок відповідного розчину солі, розчини перемішати скляною паличкою. У першій і другій пробірках осад розчиниться (пептизація), у третій – ні.

3. Реакції осадження білків органічними речовинами

У разі додавання до розчину білка органічних розчинників, наприклад спирту, випадає осад білка. Залежно від природи останнього для його осадження потрібні різні концентрації спирту. Осадження відбувається тільки у нейтральних або слабкокислих розчинах (у слабкокислому середовищі заряд на колоїдних частинках білка найменший) і більш повно в присутності електролітів, наприклад натрій хлориду, що пов'язано з послабленням внутрішньомолекулярних іонних зв'язків за рахунок надлишку аніонів й катіонів.

Матеріали й реактиви: 10 % розчин овалбуміну, 10% розчин сульфосаліцілової кислоти, 10 % розчин трихлороцтової кислоти, 96 % етиловий спирт, 5 % розчин ацетону, штатив із пробірками, піпетки на 1, 5 і 10 см³.

Хід роботи

У 5 пробірок налити по 2 см³ розчину білка. У першу і другу пробірки додати 1 – 2 см³ 10% розчину сульфосаліцілової кислоти, 10 % розчин трихлороцтової кислоти відповідно, у третю – 3 см³ розчину етилового спирту, у четверту – 3 см³ розчину ацетону. У першій і другій пробірках має випасти осад білка, у третій і четвертій – помутніти розчини.

4. Осадження білків мінеральними кислотами

У результаті взаємодії з концентрованими мінеральними кислотами, крім ортофосфорної, білки денатурують і осаджуються з розчину. Випадання білка в осад обумовлено дегідратацією білкових молекул та інших причин, наприклад утворенням нерозчинних комплексних солей із білка і кислот.

У надлишку сульфатної та хлоридної кислот відбувається розчинення утворених осадів білка. Надлишок нітратної кислоти не розчиняє осад, тому для виявлення білка в досліджуваному матеріалі використовують нітратну кислоту.

Матеріали й реактиви: 10 % розчин овалбуміну, концентрована нітратна кислота, 1 М розчин сульфатної кислоти, 1 М розчин хлоридної кислоти, штатив із пробірками, піпетки на 1, 5 та 10 см³.

Хід роботи

У пробірку налити приблизно 1 см³ (15 – 20 крапель) концентрованої нітратної кислоти і нахиливши її (під кутом 45°), обережно долити по стінці такий самий об'єм розчину білка. У місці контакту двох рідин має з'явитися білий аморфний осад білка у вигляді кільця (проба Геллера). Обережно струсити пробірку і додати надлишок нітратної кислоти. Осад не зникне.

Повторити дослід, узявши замість нітратної кислоти розчини сульфатної та хлоридної кислот. Осади білка, утворені в надлишку сульфатної або хлоридної кислоти, розчиняться.

5. Осадження білків під час нагрівання та вплив рН на осадження білка

Майже всі білки під час нагрівання коагулюють (зсідаються). Теплова денатурація різних білків відбувається за різних температур. Одні білки коагулюють за 40–55 °С, інші можуть витримувати довгочасне кип'ятіння або зовсім не зсідаються (протаміни, гістони тощо). Із підвищенням температури теплова коагуляція прискорюється. Найповніше та найшвидше осадження білка під час нагрівання відбувається в ізоелектричній точці. Ізоелектрична точка для більшості білків знаходиться в слабкокислому середовищі (рН приблизно 5). Виняток становлять гістони та протаміни з ізоелектричною точкою в лужному середовищі (рН приблизно 8). У сильноокислих (за винятком нітратної, трихлороцтової та сульфосаліцилової кислот) розчинах денатурований під час нагрівання білок не випадає в осад, тому що частинки білка перезаряджуються. Це підвищує їхню стійкість у розчині внаслідок дії електростатичних сил відштовхування. Однак у сильноокислих розчинах білки під час нагрівання можуть коагулювати, якщо додати достатню кількість нейтральної солі, адсорбція іонів якої приведе до нейтралізації заряду білка.

1. У 5 пронумерованих пробірок налейте по 1 мл 1 %-го розчину яєчного білка.

2. У пробірку № 2 додайте 2 краплі 1 %-го розчину CH_3COOH , в пробірку № 3 – 2 краплі концентрованої CH_3COOH , № 4 – 1 мл концентрованої CH_3COOH і 5 – 6 крапель насиченого розчину NaCl , № 5 – 1 мл 10 %-го розчину NaOH .

3. Усі пробірки нагрійте до кипіння. 6.4. Запишіть у таблицю результати осадження білків під час кип'ятіння в різних середовищах. Вкажіть у кожному випадку причини появи або відсутності осаду білка.

Результати спостережень дослідів з осадження білків під час нагрівання оформіть у вигляді таблиці:

№ пробірки	Середовище	Результати спостережень	Чим зумовлена реакція
	Нейтральне середовище		
	Слабкокисле середовище (1 % CH_3COOH)		
	Кисле середовище (конц. CH_3COOH)		
	Кисле середовище + електроліт (конц. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}$)		
	Лужне середовище (10 % NaOH)		

Лабораторна робота 5

Визначення ізoeлектричної точки желатину

Білки розглядають як амфотерні сполуки, яким притаманні одночасно кислотні та основні властивості. Кислотні властивості білків реалізуються, в основному, за рахунок карбоксильних груп аспартату та глутамату. Кислу реакцію проявляють також фенільні, гідроксильні та сульфогідрильні групи амінокислот. Основні властивості білка проявляються за наявності гуанідинової та імінної груп. Маючи одночасно кислотні та основні властивості, білки утворюють біполярні іони. У лужному середовищі білок відіграє роль аніона. При втраті протона з групи NH_3^+ , наприклад, при дії NaOH , утворюється натрієва сіль білка (протеїнат натрію). У кислих розчинах, навпаки, білок відіграє роль катіона, наприклад, з хлоридною кислотою утворюється хлористоводнева сіль (протеїну хлорид). Отже, фактором, який визначає поведінку білка як аніона чи катіона, є концентрація водневих іонів, підвищення якої (кисле середовище) зменшує кислотну дисоціацію білка і переводить його в катіон, а зниження, – навпаки, пригнічує основну дисоціацію і переводить білкові частинки в аніони. Однак при певному значенні рН (неоднаковому для різних білків) кислотна дисоціація білкової частини стає рівною основній – кількість позитивних зарядів амфотерного іона білка дорівнює кількості негативних зарядів, тому заряд в цілому може стати майже рівним нулю. За даних умов білок перебуває в ізoeлектричному стані. рН розчину, при якому білок перебуває в ізoeлектричному стані, називається ізoeлектричною точкою білка. У цій точці білок майже цілком має у вигляді амфотерних іонів, які несуть рівні кількості позитивних і негативних зарядів, натомість при інших концентраціях водневих іонів у білка переважно позитивний або негативний заряди.

У ізoeлектричній точці розчини білків нестійкі. Молекули білка з однаковою кількістю позитивних і негативних зарядів легко випадають в осад. Значення рН відповідне ізoeлектричній точці (ІЕТ) індивідуальне для кожного білка. Випадання білка в осад можна прискорити додаванням водозв'язувальних речовин, наприклад етилового спирту.

Мета виконання роботи: навчитися визначати значення ізoeлектричної точки желатину.

Матеріали й реактиви: 0,5 % розчин желатину, 0,1 М розчин оцтової кислоти, 0,1 М розчин натрій ацетату, 96 % розчин етилового спирту, штатив із пробірками, піпетки на 1, 5 та 10 cm^3 .

Хід роботи

У п'ять пробірок налити розчини оцтової кислоти й натрій ацетату (табл. 4), після чого в кожному з них додати по 1 cm^3 розчину желатину й добре перемішати. У кожному пробірці додати по 4 cm^3 етилового спирту і знову добре перемішати. Через 5–10 хв переглянути усі пробірки й оцінити ступінь мутності суміші в них. Рівень рН наймутнішої суміші відповідатиме ІЕТ желатину. Результати дослідів занести до табл. 4.

**Результати спостережень для встановлення ізоелектричної точки
желатину**

Номер пробірки	Склад буферної суміші		рН суміші	Об'єм желатину, мл	Об'єм С ₂ Н ₅ ОН, мл	t, бали
	СН ₃ СООН, мл	СН ₃ СООНа, мл				
1	1,8	7,6	3,8	1	4	
2	1,4	8,8	4,4	1	4	
3	1,0	9,4	4,7	1	4	
4	0,6	10,2	5,1	1	4	
5	0,2	11,4	5,7	1	4	

Лабораторна робота 6.

Вплив електролітів різної природи на ступінь набухання желатину

На процес набухання полімерів у воді впливає присутність електролітів і значення рН середовища. В основному впливають аніони, а катіони – несуттєво. Причому одні аніони підсилюють набухання, а інші послаблюють.

Мета виконання роботи: дослідити залежність ступеня набухання желатину від природи розчинника.

Матеріали й реактиви: желатин харчовий, 0,1 М натрій хлориду, 0,1 М розчин калій сульфату, 0,1 М розчин натрій ацетату, штатив з пробірками, скляні палички, піпетки на 1, 5 та 10 см³.

Хід роботи

Для дослідження кінетики набухання і залежності швидкості набухання від часу у три сухі мірні пробірки внести сухий желатин, налити розчини до мітки 1 см³ і долити до мітки 10 см³ дистильованої води. Вміст кожної пробірки перемішати скляною паличкою і закрити пробірки пробками. Через однакові інтервали часу (5 хв) визначати об'єм желатину в пробірці. Загальний час набухання желатину – 40 хв. Одержані дані занести в табл. 5.

Таблиця 5

Порівняння ступеня набухання досліджуваного зразку желатину

Час, хв	V _{поч.} , мл	V _{кін.} , мл	ΔV, мл	Ступінь набухання $\alpha = \frac{\Delta V}{V} 100 \%$
5				
10				
15				
20				
25				
30				
35				
40				

Побудувати графік – криву набухання в координатах $\alpha - f(t)$, провести дотичну для різних величин α . Тангенс кута, що утворює дотична з віссю абсцис $tg\varphi = da/dt$, визначає швидкість набухання білка.

Для з'ясування впливу природи електроліту на ступінь набухання желатину провести аналогічні досліди з розчинами натрій хлориду, калій сульфату і натрію ацетату. Зробити висновок стосовно зміни ступеня набухання желатину в електролітах різної природи.

Лабораторна робота 7

Дослідження піноутворювальної здатності желатину

Поведінка поверхнево-активних речовин на межі розподілу фаз «вода-газ» має велике практичне значення для отримання харчових продуктів із пінною структурою. Стійкість системи «вода-газ» залежить від декількох факторів: концентрації речовини, наявності стабілізатора піни та його кількості (наприклад, цукру), впливу інших чинників, що поліпшують стан піни.

Мета виконання роботи: дослідити піноутворювальна здатність білку та характеристики його піни.

Матеріали й реактиви: 10 % розчин яєчного білка, 40 % розчин яєчного білка, цукор, збивальний пристрій, склянка на 200 см³, мірний циліндр на 250 см³, накривне скло, скляна паличка, папір фільтрувальний, секундомір.

Хід роботи

У дві склянки об'ємом 200 см³ кожна мірним циліндром додають дві проби по 50 см³ 10 % розчину білка, до однієї додати 5 г цукру. У третю склянку на 200 см³ додають 50 см³ 40 % розчину білка.

За допомогою лінійки зафіксувати об'єм кожного розчину, підготовленого для збивання. Збивальним пристроєм по черзі збити вміст склянок протягом однакового часу (5–8 хв за секундоміром) і на однакових обертах. Дослідити стан піни, оцінити її мікроструктуру, стабільність, щільність.

Піноутворювальну здатність збитих систем визначити за методом Лур'є. Розрахунок здійснити за формулою

$$ПЗ = \frac{V_n}{V_p} 100 \%,$$

де ПЗ – піноутворювальна здатність, %;

V_n – об'єм піни, мл;

V_p – об'єм розчину до збивання, мл.

Стійкість піни обчислити за формулою

$$СП = \frac{B_{II}^{15}}{B_n} 100 \%,$$

де СП – стійкість піни, %;

B_{II}^{15} – висота піни через 15 хв після збивання, см;

B_n – початкова висота піни, см.

Щільність піни визначити за допомогою мікроскопа.

Лабораторна робота 8

Кількісне визначення білків

Мета виконання роботи: навчися визначати концентрацію білка у розчинах.

1. Спектрофотометричний метод кількісного визначення білка

Спектрофотометричний метод кількісного визначення білка засновано на здатності ароматичних амінокислот – триптофану, тирозину і меншою мірою фенілаланіну – поглинати ультрафіолетове світло за 280 нм. Оскільки білки відрізняються за вмістом ароматичних амінокислот, то їх поглинання в ультрафіолетовій області спектра може дуже відрізнитися. Вимірюючи оптичну густину при одній довжині хвилі, визначають кількість білка в розчині.

Матеріали й реактиви: 1 % і 10 % розчин яєчного білка, 1 % розчин яєчного білка, скляна поличка, спектрофотометр СФ-46, кварцові кювети $l=1$ см.

Хід роботи

Виміряти оптичну густину досліджуваного розчину білка на СФ-46 при довжині хвилі 260 і 280 нм в кюветі товщиною 1 см. Вміст білка у розчині обчислити за формулою Калькара

$$\text{Вміст білка} = 1,45 \cdot A_{280} - 0,74 \cdot A_{260},$$

де A_{280} і A_{260} – оптична густина досліджуваного розчину альбуміну при довжині хвилі 280 і 260 нм відповідно.

2. Кількісне визначення білків (біуретовий метод)

Біуретовий метод засновано на здатності білків у поєднанні з розчином купрум сульфату набувати фіолетового забарвлення в лужному середовищі. Для такої реакції необхідна наявність двох ОН-груп і трьох атомів Нітрогену, розміщених у поліпептидному ланцюгу. Група, яка утворює пептидний зв'язок (- ОС - NH -) у лужному середовищі присутня в таутомерній формі. У надлишку луку відбувається дисоціація водню енольної ОН-групи, при цьому виникає негативний заряд, за допомогою якого Оксиген координується до йону Купруму і утворює сіль. Крім того, Купрум утворює додаткові зв'язки з атомами Нітрогену пептидних зв'язків. Утворений комплекс має високу стабільність.

Матеріали й реактиви: стандартний розчин білка (10 мг в 1 см³), розчин білка невідомої концентрації (X), біуретовий реактив (0,15 г CuSO₄·5H₂O і 0,6 г NaK₂C₄H₄O₆·4H₂O (виннокислий натрій-калій, або сегнетова сіль) розчиняють у 50 см³ H₂O, енергійно перемішуючи, додають 30 см³ 10%-го розчину NaOH і 0,1 г KI, доводять до мітки водою до 100 см³), спектрофотометр СФ-46 (або КФК), кварцові кювети $l=1$ см.

Хід роботи

До 1 см³ розчину (X), що містить від 2 до 10 мг білку, додати 4 см³ біуретового реактиву. Ретельно перемішати й витримати за кімнатної температури протягом 30 хв, після чого фотометрувати проби при 540 нм. Вміст білка в досліджуваних розчинах обчислити за калібрувальним графіком.

Для побудови калібрувального графіка зі стандартного розчину альбуміну приготувати розчини білка, що містять 2, 4, 6, 8 і 10 мг альбуміну в 1 см³. У кожену

пробірку із 1 см³ розчину білка відповідного розведення додати 4 см³ біуретового реактиву, перемішати й залишити за кімнатної температури на 30 хв. Виміряти оптичну густину розчину на СФ-46 за 540 нм. На основі одержаних даних побудувати калібрувальний графік залежності оптичної густини розчинів від концентрації білка.

3. Молоко й основні властивості казеїну [3]

Молоко є першою їжею для малят і містить усі речовини, необхідні для зростання і розвитку, зокрема мікроелементи та ряд вітамінів. У середньому коров'яче молоко містить: білок – 34 % (казеїн становить 80 % усього молочного білка), жир – 4 %, лактозу – 4 – 5 %, а також багато вітаміну В₂. Основними мінеральними речовинами молока є кальцій, магній, калій, натрій, фосфор, хлор і сірка, а також солі фосфати, цитрати та хлориди. За рівнем рН молоко є нейтральним із дуже незначним зміщенням в кислий бік рН = 6,7 – 6,8.

Мета виконання роботи: закріпити теоретичні знання про молоко як продукт харчування, практично познайомитися зі способами осадження казеїну, які використовують під час виробництва сирів.

Матеріали й реактиви: молоко (промислового та приватного виробництва), 10 % розчин оцтової кислоти; ферментний препарат «ренін» або таблетка шлункових засобів типу «мезим», «панкреатин»; дистильована вода, 10 % розчин хлориду кальцію, NaCO₃, індикаторний папір, водяна баня, колби, пробірки, піпетки, центрифуга, центрифужні пробірки.

Хід роботи

1. У дві пробірки налейте по 5 мл молока, придбаного в магазині та приватного виробника. Додайте в кожен пробірку по 0,25 мл розчину 10 % хлориду кальцію та обережно нагрійте на водяній бані. Зверніть увагу на колір сироватки (обумовлений рибофлавіном).

Зробіть висновок щодо механізму утворення згустку казеїну та вмісту рибофлавіну в молоці.

2. У дві пробірки додайте по 5 мл молока, придбаного в магазині та приватного виробника. Додайте в кожен пробірку по 0,5 мл розчину 10 % оцтової кислоти, перемішайте та нагрійте.

Зробіть висновок щодо механізму утворення згустку казеїну.

ТИПОВІ НАВЧАЛЬНІ ЗАДАЧІ ПРИКЛАДИ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Біологічну цінність білка найчастіше визначають хімічними методами. Найширше застосовують метод Х. Мітчела і Р. Блока, за яким амінокислотний склад харчових продуктів порівнюють із амінокислотним складом ідеального білка шляхом визначення амінокислотного скору (АКС).

Скор виражають у відсотках або як безрозмірну величину, що являє собою відношення вмісту незамінної амінокислоти (НАК) у досліджуваному білку до її кількості в еталонному білку. Його обчислюють у відсотках за такою формулою:

$$\text{АКС} = \frac{\text{мг АК в 1 г білка}}{\text{мг АК в 1 г еталона}} 100 \%$$

В одному грамі ідеального білка міститься 8 НАК у кількості, (мг):

- ізолейцин (Ile) – 40;
- лейцин (Leu) – 70;
- лізин (Lys) – 55;
- метіонін (Met) + цистин (Cys) – 35;
- фенілаланін (Phe) + тирозин (Tyr) – 60;
- триптофан (Trp) – 10;
- треонін (Thr) – 40;
- валін (Val) – 50.

В ідеальному білку АКС кожної НАК обирають за 100 %.

Лімітувальною незамінною амінокислотою вважають ту, АКС якої має значення, менше 100 %. Значення скоря цієї амінокислоти визначає біологічну цінність і ступінь засвоєння білків.

Для того щоб визначити біологічну цінність будь-якого продукту, відповідно до методу амінокислотного скоря необхідно:

- 1) розрахувати загальну кількість білка в запропонованій страві;
- 2) обчислити вміст незамінних амінокислот (мг) у 1г білка продукту;
- 3) послідовно порівняти вміст кожної незамінної амінокислоти білка продукту із даними шкали ФАО/ВООЗ, розрахувати амінокислотні скоря;
- 4) визначити лімітувальну амінокислоту, скор якої менший 100 %.

Інший спосіб з'ясування біологічної цінності білків – обчислення індексу незамінних амінокислот (ІНАК). Даний метод – модифікація методу хімічного скоря, що дозволяє враховувати кількість усіх незамінних кислот.

Індекс визначають за формулою

$$\text{ІНАК} = \sqrt[8]{\frac{\text{Val}}{\text{Val}_e} \frac{\text{Ile}}{\text{Ile}_e} \frac{\text{Leu}}{\text{Leu}_e} \frac{\text{Lys}}{\text{Lys}_e} \frac{(\text{Met+Cys})}{(\text{Met+Cys})_e} \frac{\text{Thr}}{\text{Thr}_e} \frac{\text{Trp}}{\text{Trp}_e} \frac{(\text{Phe+Tyr})}{(\text{Phe+Tyr})_e}}$$

Задача 1

Обчислити головну лімітувальну амінокислоту за умови, що в 1 г досліджуваного білка, (мг):

- лізину – 70;
- глютамінової кислоти – 50;
- триптофану – 10;
- фенілаланіну – 35;
- аланіну – 45;

- лейцину – 15;
- метіоніну — 57;
- ізолейцину – 30;
- тирозину – 12.

Розв'язання

За вмістом наведених вище НАК визначимо їх АКС:

$$\text{АКС} = \frac{\text{мг АК в 1 г білка}}{\text{мг АК в 1 г еталона}} \cdot 100 \%;$$

$$\text{АКС (Lys)} = 70 \text{ мг/г} : 55 \text{ мг/г} \cdot 100 \% = 127,27 \%;$$

$$\text{АКС (Trp)} = 10 \text{ мг/г} : 10 \text{ мг/г} \cdot 100 \% = 100 \%;$$

$$\text{АКС (Phe)} = 35 \text{ мг/г} : 35 \text{ мг/г} \cdot 100 \% = 100 \%;$$

$$\text{АКС (Leu)} = 15 \text{ мг/г} : 70 \text{ мг/г} \cdot 100 \% = 10,5 \%;$$

$$\text{АКС (Met)} = 57 \text{ мг/г} : 60 \text{ мг/г} \cdot 100 \% = 95 \%;$$

$$\text{АКС (Ile)} = 30 \text{ мг/г} : 40 \text{ мг/г} \cdot 100 \% = 75 \%.$$

Відповідь: головна лімітувальна НАК – лейцин, оскільки його АКС найменше (10,5 %). Друга лімітувальна НАК – ізолейцин (75 %). Отже, основною лімітувальною амінокислотою у складі досліджуваного білка є лейцин.

Задача 2

Оцінити біологічну цінність сніданку за вмістом у ньому незамінних амінокислот, розрахувати амінокислотний скор незамінних амінокислот, лімітувальну амінокислоту й індекс незамінних амінокислот, якщо до складу сніданку входять: макаронні вироби вищого сорту – 150 г, масло «Селянське» несолене – 35 г, філе куряче – 30 г, кефір жирний – 100 г. При розрахунках потрібно урахувати втрати при тепловій обробці.

Розв'язання

Довідкові дані стосовно вмісту білка й амінокислот у продуктах, що входять до складу сніданку, наведено нижче (табл. 6, 7).

Таблиця 6

Вміст білка у продуктах

Найменування продукту	Маса продукту нетто, г	Білок	
		%	г
Макаронні вироби вищого сорту	150	10,4	16,00
Масло «Селянське» несолене	35	0,8	0
Філе куряче	30	23,6	10,08
Кефір жирний	100	2,8	28

Таблиця 7

Вміст незамінних амінокислот у продуктах

Найменування продукту	Незамінні амінокислоти, мг/100 г продукту									
	Ile	Leu	Lys	Met	Cys	Phe	Tyr	Thr	Trp	Val
Макаронні вироби вищого сорту	435	815	253	155	202	506	253	314	101	476
Філе куряче	1133	1982	2643	448	425	1062	897	1109	378	1298
Масло «Селянське» несолоне	41	76	45	17	10	42	42	47	43	42
Кефір жирний	160	277	240	71	20	141	155	110	43	135

Як приклад наведемо розрахунок амінокислотного скору триптофану.

Вміст триптофану:

1) макарони:

100 г – 101 мг;

150 г – x мг.

Отже,

$$m_1(\text{Trp}) = 150 \cdot 101 : 100 = 151,5 \text{ мг};$$

2) масло «Селянське» несолоне:

100 г – 43 мг;

35 г – x мг.

Таким чином,

$$m_2(\text{Trp}) = 35 \cdot 43 : 100 = 15,05 \text{ мг};$$

3) філе куряче:

100 г – 378 мг;

30 г – x мг.

Отже,

$$m_3(\text{Trp}) = 30 \cdot 378 : 100 = 113,4 \text{ мг};$$

4) кефір:

$$m_4(\text{Trp}) = 100 \cdot 43 : 100 = 43 \text{ мг}.$$

Разом:

$$m(\text{Trp}) = m_1(\text{Trp}) + m_2(\text{Trp}) + m_3(\text{Trp}) + m_4(\text{Trp});$$

$$m(\text{Trp}) = 151,5 + 15,05 + 113,4 + 43 = 322,95 \text{ мг}.$$

Маса білка у сніданку:

1) макарони:

$$m_1(\text{білок}) = 150 \text{ г} \cdot 10,4 \% : 100 \% = 15,6 \text{ г},$$

із урахуванням втрат у результаті теплової обробки:

$$15,6 \text{ г} \cdot 95 \% : 100 \% = 14,82 \text{ г};$$

2) масло:

$$m_2(\text{білок}) = 35 \text{ г} \cdot 0,8 \% : 100 \% = 0,28 \text{ г};$$

3) філе куряче:

$$m_3(\text{білок}) = 30 \text{ г} \cdot 23,6 \% : 100 \% = 7,08 \text{ г},$$

із урахуванням втрат у результаті теплової обробки:

$$7,08 \text{ г} \cdot 92 \% : 100 \% = 6,51 \text{ г};$$

4) кефір:

$$m_4(\text{білок}) = 100 \text{ г} \cdot 2,8 \% : 100 \% = 2,8 \text{ г}.$$

Разом:

$$m(\text{білок}) = m_1(\text{білок}) + m_2(\text{білок}) + m_3(\text{білок}) + m_4(\text{білок}),$$

$$m(\text{білок}) = 14,82 + 0,28 + 6,51 + 2,8 = 24,41 \text{ г}.$$

Вміст триптофану у сніданку становить

$$C_{Trp} = 322,95 \text{ мг} / 24,41 \text{ г білка} = 13,23 \text{ мг} / 1 \text{ г білка}.$$

Співвідношення вмісту триптофану у сніданку стосовно ідеального білка:

$$K = C_{Trp} / C_{Trp} = 13,23 \text{ мг} / 10 \text{ мг} = 1,323;$$

$$\text{АКС} = C_{Trp} / C_{Trp} = 13,23 \text{ мг} / 10 \text{ мг} \cdot 100 \% = 132,3 \text{ \%}.$$

Аналогічно здійснюють розрахунки для інших амінокислот. У процесі обчислення припускають, що білок у результаті теплової обробки руйнується, а отже, втрати білка враховують, а втрати АК – ні. Одержані результати заносять у табл. 8.

Таблиця 8

Кількість амінокислот у продуктах, що входять у сніданок за рецептурою

НАК	Макароні вироби вищого сорту, 150 г	Філе кураче, 30 г	Масло, 35 г	Кефір жирний, 100 г	Разом	Вміст НАК на 1 г білка	АКС,%	Вміст НАК щодо ідеального білка
He	652,5	339,9	14,35	160	1166,8	47,8	119,5	1,20
Leu	1222,5	594,6	26,6	277	2120,7	86,88	124,11	1,24
Lys	379,5	792,9	15,75	240	1428,2	58,5	106,38	1,064
Met	232,5	134,4	5,95	71	897,85	36,78	105,08	1,05
Cys	303	127,5	3,5	20				
Phe	759	318,6	14,7	141	2051,6	84,05	140,08	1,40
Tyr	379,5	269,1	14,7	155				
Thr	471	332,7	16,45	110	930,2	38,11	95,28	0,95
Trp	151,5	113,4	15,05	43	322,95	13,23	132,3	1,32
Val	714	389,4	14,7	135	1253,1	51,34	102,68	1,027

Індекс ІНАК вираховують за формулою

$$\text{ІНАК} = \sqrt[8]{1,20 \cdot 1,24 \cdot 1,064 \cdot 1,05 \cdot 1,40 \cdot 0,95 \cdot 1,32 \cdot 1,027} = 1,147.$$

Відповідь: лімітувальною амінокислотою є треонін із амінокислотним скором 95,28 %. Індекс незамінних кислот вищий за 1, це свідчить про те, що білок, який надходить із сніданком в організм людини, повноцінний порівняно з ідеальним білком.

Завдання для самостійного виконання

1. Опишіть білки харчової сировини. Охарактеризуйте їх харчову та біологічну цінність. Поясніть, від чого залежить біологічна цінність білків.
2. Назвіть фізико-хімічні властивості білків (цвітер-іон, природа білкової молекули, розчинність білків, денатурація).
3. Напишіть функціональні властивості білків (розчинність і гідратація, емульгування і гелеутворення). Поясніть, на яких властивостях білків засновано технологічний процес приготування заливних страв.
4. Охарактеризуйте властивості білкових суспензій (обмежений ступінь набухання, водо- та жирозв'язувальні, адгезійні властивості). Перелічіть страви (кулінарні вироби), у яких використовують здатність білків до набухання. Опишіть хімізм процесу набухання білків.
5. Напишіть формули замінних, умовно замінних та незамінних амінокислот. Назвіть повноцінні й неповноцінні білки, напишіть структурні

формули. Назвіть продукти, у яких вони містяться. Охарактеризуйте значення незамінних амінокислот у харчуванні людини.

6. Опишіть структурне й функціональне значення гідрофобних, кислих, основних і сульфгідрильних груп у білках.

7. Охарактеризуйте піноутворювальні й гелеутворювальні властивості білків, їх значення в харчових технологіях.

8. Охарактеризуйте властивість білків, застосовану в технологічному процесі приготування заливних страв. Наведіть приклади страв.

9. Перелічіть білки, які виконують імунні функції в організмі людини. Наведіть приклади.

10. Опишіть амінокислоти як структурні одиниці білків. Наведіть класифікацію амінокислот. Дайте визначення скоря. Визначте хімічний скор лімітувальних амінокислот.

11. Дайте визначення білків. Покажіть фізіологічне та харчове значення білків для організму людини. Дайте визначення азотистого балансу.

12. Дайте визначення деструкції білків. Назвіть види деструкції та механізм теплової денатурації. Наведіть приклади деструкції білків у результаті технологічної обробки.

13. Дайте визначення денатурації білків. Напишіть види денатурації. Назвіть у результаті впливу яких факторів відбувається денатурація білків. Наведіть приклади.

14. Проаналізуйте біологічну цінність білків. Наведіть їх класифікацію. Охарактеризуйте прості й складні білки. Проаналізуйте білки як джерело амінокислот.

15. Поясніть, які кольорові реакції характерні для білків, у чому полягає їх суть. Охарактеризуйте кожну з них. Зазначте галузь їх застосування.

16. Опишіть фізико-хімічні властивості білків.

17. Охарактеризуйте особливості пептидного зв'язку.

18. Наведіть класифікацію білків.

19. Укажіть функції нижченаведених білків відповідно до класифікації.

<i>Білки:</i>	<i>Функція:</i>
Колаген.	Структурна.
Імуноглобулін.	Скорочувальна.
Інсулін.	Транспортна.
Гемоглобін.	Каталітична.
Актин.	Захисна.
Кератин.	Рецепторна.
Альбумін.	Регуляторна.

20. Дайте визначення процесу руйнування структур білка (крім первинної), супроводжуваного зміною фізико-хімічних властивостей і втратою функцій.

21. Проаналізуйте третинну структуру білків. Опишіть сили, що стабілізують конформацію молекул білка. Наведіть додаткову класифікацію амінокислот стосовно розміщення в білковій глобулі.

22. Охарактеризуйте методи визначення білків.

23. Наведіть алгоритм визначення білків за методом Лоурі.

24. Поясніть, яку структуру білка можна встановити методами, в яких застосовують частковий гідроліз, із використанням ферментів, наприклад пепсину чи трипсину, або хімічних реагентів, що специфічно впливають на пептидні зв'язки між певними амінокислотами. Дайте визначення цієї структури.

25. Опишіть вторинну структуру білків (α -спіраль як термодинамічно вигідна структура поліпептидного ланцюга; α -кератини — особливості амінокислотної послідовності й просторової структури; роль дисульфідних містків у формуванні міцної структури; β -складчастий шар і β -кератини; супервторинна структура).

26. Охарактеризуйте біологічну роль білків. Наведіть класифікацію білків за будовою і геометричною формою молекули. Опишіть прості та складні білки: флавопротеїди, хромопротеїди, нуклеопротеїди, гліко-, фосфо- і ліпопротеїди, глобулярні та фібрилярні білки.

27. Утворіть трипептид із аланіну і двох молекул гліцину. Напишіть схему реакції і назвіть одержаний трипептид.

28. Утворіть трипептид із гліцину, глутамінової кислоти та цистеїну. Напишіть схему реакції і назвіть одержаний трипептид.

29. Наведіть схеми реакцій одержання тетрапептиду аланіл-серил-гліцил-лізину.

30. Укажіть амінокислоти, яким належать дані радикали:

а) $-\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$;

б) $-(\text{CH}_2)_2 - \text{S} - \text{CH}_3$;

в) $-\text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{OH}$;

г) $-(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2 - \text{NH}_2$.

31. Укажіть тип зв'язку між компонентами фрагмента, якщо під час гідролізу білка крові було виділено фрагмент, що складається із залишків глутамінової кислоти й аланіну. Підтвердіть відповідь відповідною схемою.

32. Поясніть, яке забарвлення проби свідчить про необхідність повторного очищення, якщо для перевірки ступеня очищення фільтрату від білкових домішок проведено біуретову реакцію.

33–35. Укажіть амінокислоти (А), що потрапили до фракції (Б) (табл. 9), якщо під час дослідження амінокислотного складу гідролізату білка, використовуюваного для параентерального білкового харчування, застосовано хроматографічний метод, при цьому хроматографовані амінокислоти було поділено на кислі й основні залежно від середовища ізоелектричної точки.

Таблиця 9

Дані до завдань 33–35

№ завдання	Амінокислоти (А)	Фракція (Б)
33	Лейцин, гліцин, серин, лізин, аспарагінова кислота	Кислі амінокислоти
34	Аспартат, лізин, глутамінова кислота, аргінін, триптофан	Основні
35	Лізин, аспарагінова кислота, глутамінова кислота, аргінін, триптофан	Кислі

36. Поясніть, які зв'язки між субодинамиціями могли зруйнуватися в ході відновлення, якщо білок із шести субодинамиць обробили розчином відновника. Назвіть амінокислоту, що бере участь в утворенні цих зв'язків.

37. Розрахуйте вміст азоту (%) у наважці пшеничного борошна (7,02 г), якщо її оброблено за методом К'ельдаля, аміак утворений із азоту поглинений 100 см³ розчину H₂SO₄ (T(H₂SO₄/ KOH) = 0,0226 г/см³), після поглинання NH₃ 20 см³ отриманого розчину відтитровано 0,1020 моль/дм³ розчином KOH (9,8 см³). Визначте вміст білка в досліджуваному борошні, якщо поправковий коефіцієнт для визначення білка в пшеничному борошні за методом К'ельдаля 5,83.

38. Напишіть формулу пентапептиду: Асп-Про-Глу-Фен-Ліз. Визначте повторювані пептидні групи, що утворюють пептидний остов, і варіабельні групи представлені радикалами амінокислот. Позначте в пептиді N- і C-кінці. Підкресліть пептидні зв'язки. Наведіть приклад іншого пептиду, що містить ті самі амінокислоти.

39. Визначте головну лімітувальну амінокислоту за умови, що в 1 г досліджуваного білка знайдено, мг: лізину – 30, глютамінової кислоти – 60, триптофану – 20, фенілаланіну – 35, аланіну – 45, лейцину – 35, метіоніну – 57, ізолейцину – 30, тирозину – 12.

40. З'ясуйте біологічну цінність сніданку за вмістом у ньому незамінних амінокислот, якщо до його складу входять: макаронні вироби вищого сорту – 150 г, масло «Селянське» несолене – 35 г, філе куряче – 30 г, кефір жирний – 100 г. Визначте біологічну цінність сніданку за вмістом у ньому незамінних амінокислот. З'ясуйте біологічну цінність білка у стравах, розрахувавши амінокислотний скор незамінних амінокислот; лімітувальну амінокислоту й індекс незамінних амінокислот (під час обчислень урахуйте втрати в результаті теплової обробки).

41. Визначте головну лімітувальну амінокислоту за умови, що в 1 г досліджуваного білка знайдено, мг: лізину – 70, глютамінової кислоти – 50, триптофану – 10, фенілаланіну – 35, аланіну – 45, лейцину – 15, метіоніну – 57, ізолейцину – 30, тирозину – 12.

42. Напишіть схему утворення трипептиду з галогенангідридів таких амінокислот: цистеїн, аланін і фенілаланін. Назвіть кольорову реакцію, що свідчить про присутність у цьому пептиді ароматичного угруповання. Наведіть її схему.

43–52. Розрахуйте амінокислотний скор білків у страві й індекс незамінних амінокислот за даними амінокислотного складу. Зробіть висновок щодо біологічної цінності страви за білком (табл10).

Дані до завдань 43 – 52

№ завдання	Страва	Продукти	Витрата продуктів, нетто, г
43	Бутерброд із сиром	Сир «Російський» Масло вершкове Хліб пшеничний	15 5 30
44	Бутерброд із зернистою ікрою	Ікра осетрова Масло вершкове Хліб пшеничний	10 2 30
45	Бутерброд із рибними продуктами	Горбуша солоня Масло вершкове Хліб пшеничний	20 5 30
46	Какао з молоком	Молоко Вода Какао-порошок Цукор	500 550 20 100
47	Суп молочний із рисовою крупою	Молоко Вода Крупа рисова Масло вершкове Цукор	500 550 60 8 10
48	Суп молочний із манною крупою	Молоко Вода Крупа манна Масло вершкове Цукор	500 550 60 8 10
49	Суп молочний із пшоняною крупою	Молоко Вода Крупа пшоняна Масло вершкове Цукор	500 550 80 8 10
50	Картопляне пюре	Картопля Молоко Маргарин столовий Масло вершкове	215 30 5 10
51	Каша манна молочна	Крупа манна Цукор Сіль Масло вершкове Молоко Вода	60 10 4 8 500 550
52	Каша пшоняна розсипчаста	Крупа пшоняна Сіль Вода Масло вершкове	240 5 364 10

53. Заповніть таблицю: укажіть амінокислотні залишки, радикали яких можуть брати участь в утворенні вказаних типів зв'язку:

Гідрофобна взаємодія	Зв'язок		
	водневий	іоний	дисульфідний

54. Напишіть формулу гексапептиду: Сер – Глу – Про – Ліз – Гіс – Фен. Наведіть властивості радикалу для кожної з амінокислот пептиду:

- 1) гідрофільний із аніонною групою;
- 2) гідрофільний із катіонною групою;
- 3) гідрофільний незаряджений;
- 4) гідрофобний.

Укажіть амінокислоту пептиду, що має такі характеристики:

- 1) С-кінцева;
- 2) N-кінцева;
- 3) діаміномонокарбонова кислота.

Зазначте сумарний заряд даного пептиду. Дайте визначення ізоелектричної точки білка, укажіть середовище ІЕТ пептиду.

55. Виберіть пари амінокислот, радикали яких можуть утворювати зв'язки і вкажіть їх тип:

- а) Сер, Асп; б) Ала, Вал; в) Глу, Асп;
г) Гіс, Асп; д) Цис, Ала; е) Тир, Глу.

56 – 63. Напишіть структурну формулу пептиду і визначте його заряд у кислому та лужному середовищах (табл. 11). Визначте напрямок руху в електричному полі.

Таблиця 11

Дані до завдань 56 – 63

№ завдання	Формула пептиду
56	Ала-Ліз-Гіс
57	Вал-Ліз-Ала
58	Вал-Асп-Арг
59	Вал-Ліз-Іле
60	Ліз-Мет-Про
61	Ліз-Ілей-Про
62	Ала-Тир-Арг
63	Асп-Глі-Арг

64 – 71. Накресліть криву титрування амінокислоти X лугом (табл. 12). Напишіть усі іонні форми амінокислоти від повністю протоненої форми (сильнокисле середовище) до повністю депротоненої (сильнолужне

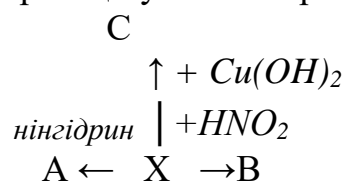
середовище). Продемонструйте зміну заряду амінокислоти й розрахуйте її ізоелектричну точку. Укажіть напрям руху амінокислоти в електричному полі в різних середовищах.

Таблиця 12

Дані до завдань 64 – 71

№ завдання	Амінокислота X
64	Ала
65	Вал
66	Асп
67	Іле
68	Мет
69	Ліз
70	Тир
71	Глі

72 –79. Напишіть рівняння реакції у схемі перетворення



Таблиця 13

Дані до завдань 72 – 79

№ завдання	Амінокислота X
72	Ала
73	Вал
74	Асп
75	Іле
76	Мет
77	Ліз
78	Тир
79	Глі

Тема 2. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ФЕРМЕНТІВ

Ферменти – це білки, що мають каталітичну активність. У клітинах і рідинах організму вони виконують функцію біологічних каталізаторів шляхом зниження енергії активації.

Лабораторна робота 9**Окиснювально-відновлювальні ферменти**

Мета виконання роботи: визначити вплив різних факторів на активність окиснювально-відновлювальних ферментів.

1. Виділення муцину реакції на його білковий складник

Матеріали й реактиви: 1 % розчин оцтової кислоти, 10 % розчин натрію гідроксиду, 1 % розчин купруму сульфату, 1 М сульфатної кислоти, штатив із пробірками, скляні палички, піпетки.

Хід роботи

Для виділення муцину в пробірку зібрати 5–10 см³ слини і додати такий же об'єм 1% розчину оцтової кислоти, помішуючи скляною паличкою. Муцин має випасти в осад у вигляді грудочки слизу. Рідину обережно злити, притримуючи муцин скляною паличкою.

Для виділення білка в одну пробірку перенести частину осаду муцину, додати помішуючи, розчин натрію гідроксиду до повного розчинення осаду. Ізотриманим розчином провести біуретову реакцію для доведення білкової природи муцину.

2. Відновлення метиленової сині дегідрогеназою дріжджів

У процесі бродіння глюкози, обумовленого дегідрогеназами дріжджів, відбувається відновлення їх коферменту НАД (нікотинамідаденіннуклеотид) до НАДН₂ (відновлений), який перетворює водень на оцтовий альдегід, також утворюваний у результаті бродіння. Якщо до такої системи (глюкоза + дріжджі) додати розчин метиленової сині (МС), то НАДН₂ переноситиме кисень на МС, обумовлюючи її знебарвлення:



Матеріали й реактиви: 5 % розчин глюкози, 0,001 % розчин метиленової сині, рослинна олія, сухі пекарські дріжджі, 20 % розчин трихлороцтової кислоти, бурштинова кислота, штатив із пробірками, термостат, водяна баня (40°C), годинник або секундомір.

Хід роботи

Сухі пекарські дріжджі (0,5 г) ретельно розтерти у ступці товчачиком із 10-кратним об'ємом дистильованої води для одержання однорідної суспензії. Якщо дріжджі свіжі, використати 5-кратний об'єм води.

У дві пробірки додати по 2 краплі розчину МС, 0,5 см³ розчину бурштинової кислоти та 1 см³ рослинної олії. Внести по 2 см³ гомогенату, струсити і помістити на водяну баню (40°C). У першій пробірці дію ферменту відразу ж зупинити, додавши 1 мл розчину трихлороцтової кислоти. Зафіксувавши час із моменту внесення ферменту до знебарвлення розчину в другій пробірці. Активність дегідрогенази виразити у хвилинах, необхідних для знебарвлення МС. Одержані результати записати і зробити висновок.

3. Визначення ролі поліфенолоксидази в зміні забарвлення картоплі та вплив на неї тіосульфату натрію.

У результаті впливу поліфенолоксидази з циклічних амінокислот, що входять до складу білків картоплі, утворюються темнозабарвлені сполуки, внаслідок чого вона темніє.

Матеріали й реактиви: сира картопля, 0,1 Н розчин натрій тіосульфату, порцелянові ступки.

Хід роботи

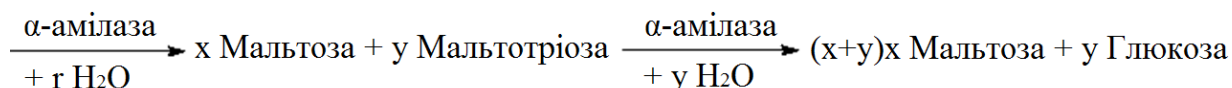
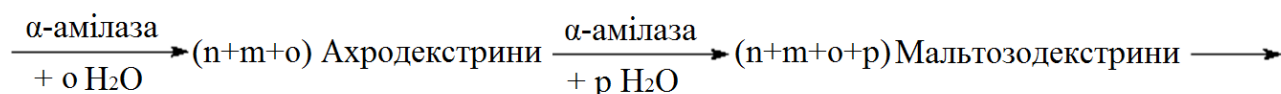
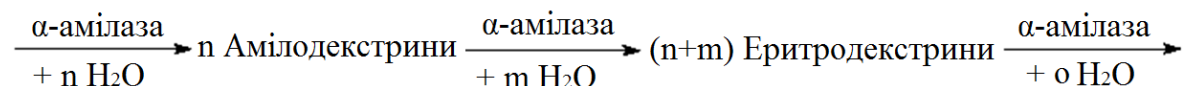
У дві ступки покласти по шматочку картоплі (1 – 2 г) і розтерти до однорідної маси. У першу ступку додати 2–3 см³ розчину натрій тіосульфату й перемішати. Сполуки залишити на відкритому повітрі на 15–20 хв, згодом зафіксувати зміну їх забарвлення в кожній ступці.

Лабораторна робота 10

Дослідження властивостей α -амілази

α -амілаза слини належить до класу гідролаз. Її специфічними субстратами є полісахариди крохмаль і глікоген.

Нерозщеплений крохмаль утворює з йодом комплекс синього кольору і не має відновлювальних властивостей, оскільки майже не містить вільних альдегідних груп. α -амілаза гідролізує α -1,4-глюкановий зв'язок у крохмалі. Під час гідролізу крохмалю утворюються послідовно проміжні продукти: амیلдекстрини (синє або фіолетове забарвлення з йодом), еритродекстрини (червоно-буре забарвлення з йодом), ахродекстрини (немає забарвлення з йодом), мальтодекстрини (немає забарвлення з йодом).



Мета виконання роботи: дослідити хімічні властивості α -амілази слини.

1. Гідроліз крохмалю α -амілазою слини

Матеріали й реактиви: розведена слина (прополоскати ротову порожнину дистильованою водою для очищення, набрати нову порцію води приблизно 15–20 см³ й знову прополоскати ротову порожнину протягом 1–2 хв, зібрати рідину, відфільтрувати пробу перед проведенням аналізу), 1 % розчин крохмалю, розчин йоду у калії йодистому, 10 % розчин натрію гідроксиду, 1 % розчин купрум

сульфату, водяна баня або термостат, штатив з пробірками, склянки, лійка, скляні палички, піпетки.

Хід роботи

До 5–10 крапель 1% розчину крохмалю додати 1–2 краплі розчину йоду в калій йодиді й переконатися в тому, що крохмаль з йодом дає синє забарвлення.

У 8–10 пробірок налити по 1–3 краплі розчину йоду в калій йодиді. У дві інші пробірки налити по 5 см³ розчину крохмалю. В одну з них додати 3 см³ дистильованої води (контрольний дослід), а в іншу– 3 см³ розведеної слини (основна пробірка). Вміст обох пробірок перемішати скляною паличкою і поставити пробірки у термостат за температури 37°C або потримати затиснутими в руці. Через 5–7 с із контрольної та основної пробірок відлити по кілька крапель рідини в пробірки з розчином йоду в калій йодиді і зафіксувати забарвлення. Відбір проби і реакцію з розчином йоду провести декілька раз через короткі інтервали (2 хв). Спочатку синє забарвлення з'являтиметься від проб, узятих із обох пробірок, потім у пробірці, із амілазою рідина почне давати з йодом червоно-буре забарвлення. Згодом проби із слиною фарбування з йодом більш не давати муть. Різне забарвлення із йодом вказує на те, що відбувається поступовий гідроліз крохмалю з утворенням декстринів. Коли остання проба рідини, узята з пробірки зі слиною, не знебарвить розчин йоду, гідроліз вважають завершеним і записують час його закінчення.

Контрольні проби постійно дають синє забарвлення, що свідчить про те, що в разі відсутності α -амілази слини гідроліз крохмалю не відбувається.

Результати досліду занести в табл. 9. У висновках звернути увагу на те, що гідроліз крохмалю у результаті впливу α -амілази відбувається поступово, через проміжні продукти, за температури тіла або близькою до неї, протягом нетривалого часу

Таблиця 9

Дослідження гідролізу крохмалю α -амілазою слини

Назва субстрату та продуктів реакції	Забарвлення з йодом	Час гідролізу, хв	Температурні умови гідролізу

2. Визначення активності α -амілази слини

Матеріали й реактиви: солод, 2 % розчин крохмалю, 1 М розчин оцтової кислоти, 1М розчин натрій ацетат, 0,05 М розчин натрію гідрофосфату, 0,05 М розчин калію дигідрофосфату, 0,1 М розчин йоду, мірні колби на 100 см³, водяна баня, термометр, піпетки на 5 і 10 см³, штатив із пробірками, скляні палички, піпетки.

Хід роботи

Для приготування витяжки до наважки солоду масою 4 г додати 100 см³ дистильованої води й витримати протягом 1 год за температурою 30°C. Отриману суспензію двічі відфільтрувати. Прозорий фільтрат використати як джерело ферментів.

У колбу на 100 см³ внести 20 см³ розчину крохмалю і рівні об'єми буферних розчинів (табл. 10) для отримання конкретного значення рН.

Таблиця 10

Кількість буферних розчинів

Розчини	Об'єми буферних розчинів, мл при рН				
	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
CH ₃ COOH 1М	6,9	2,7	0,4	-	-
CH ₃ COONa 1М	1,1	5,3	7,6	-	-
Na ₂ HPO ₄ 0,05 М	-	-	-	4,8	7,6
KH ₂ PO ₄ 0,05 М	-	-	-	3,2	0,4

Суміш крохмалю з буфером помістити на водяну баню і нагрівати за температури 30°, 40°, 50 °С протягом 5–8 хв. У колби (не достаючи з бані) додати по 2 см³ солодової витяжки й перемішати. Зафіксувати час внесення ферменту.

Через 10, 20, 30, 40 хв відібрати по 1 см³ гідролісної суміші, внести її у пробірку з 5 см³ йодного розчину. Якщо проба набуде винно-червоне забарвлення, то гідроліз закінчено.

Декстринізувальну активність (А, од/г) розрахувати за формулою

$$A = \frac{0,4 \cdot 60}{t \cdot \gamma \cdot q},$$

де 0,4 – наважка крохмалю в 20 см³ розчину;

60 – перерахунок хв у год;

γ –об'єм розчину ферменту для гідролізу, см³;

t – час декстринізації, хв;

q –вміст солоду в 1 см³ розчину або екстракту, г.

Приклад розрахунку. Як джерело ферменту α -амілази було використано солод. Для екстракції узято наважку масою 4 г і додано 100 см³ дистильованої води, що відповідає вмісту 0,04 г солоду в 1 см³ екстракту. Об'єм екстракту для гідролізу склав 2 см³, час закінчення гідролізу – 20 хв. Відповідно активність солоду становитиме

$$A = \frac{0,4 \cdot 60}{20 \cdot 2 \cdot 0,04} = 15 \text{ од/г}.$$

3. Термолабільність α -амілази слини

Ферменти термолабільні, тобто чутливі до високої температури. Більшість з них руйнується в разі нагріванні до 60° – 70°С протягом 1 год. У результаті впливу вищої температури (80° – 100°С) ферменти зазвичай повністю втрачають свою каталітичну активність через денатурацію. Інактивування ферментів під час кип'ятінні можна продемонструвати на прикладі α -амілази слини.

Матеріали й реактиви: слина розведена, 1 % розчин крохмалю, розчин йоду в калій йодиді (KI_3), 10 % розчин натрію гідроксиду, 1 % розчин купруму сульфату, водяна баня, термометр, піпетки на 5 і 10 cm^3 , штатив із пробірками, скляні палички.

Хід роботи

В пробірку відібрати 2 cm^3 розведеної слини і прокип'ятити протягом 2–3 хв (піна також має прогріватися), після чого проби охолодити.

У дві пробірки налити по 10 крапель 1% розчину крохмалю. В одну з них додати 10 крапель розведеної слини, в іншу – 10 крапель попередньо прокип'яченої і охолодженої розведеної слини. Вміст обох пробірок перемішати і залишити в термостаті за температури 37°C на 10 хв.

Після 10-хвилинного впливу ферменту на субстрат із кожної пробірки відібрати по 3 – 5 крапель рідини в заздалегідь підготовлені пробірки із 1 – 2 краплями розчину KI_3 . Проба з пробірки з прокип'яченої слиною дасть з йодом синє забарвлення.

Із рідиною, що залишилася в обох пробірках провести реакцію Троммера. Вона буде позитивною у пробі із непрокип'яченою слиною, і негативною із прокип'яченою слиною. Отримані дані занести до табл.11.

Таблиця 11

Дослідження термолабільності α -амілази слини

Фермент	Субстрат	Наявність крохмалю в гідролізаті	Реакція Троммера
α -амілаза			
Прокип'ячена амілаза			

4. Вплив рН на активність α -амілази слини

Для кожного ферменту є певне значення рН середовища, за якого він найактивніший. Для того щоб дослідити вплив активної реакції середовища на каталітичну дію ферменту, потрібно приготувати певні розчини із різними значеннями рН, додати до них субстрат, фермент і визначити після інкубації, середовище у якому каталіз відбувається з найбільшою швидкістю.

Матеріали й реактиви: слина розведена, фосфатний буфер і такими значеннями рН: 5,4; 6,2; 6,8; 7,2; 8,0; розчин йоду в калій йодиді (KI_3), 0,5 % розчин крохмалю, водяна баня, термометр, піпетки на 5 і 10 cm^3 , штатив із пробірками, скляні палички.

Хід роботи

У 5 пробірок відібрати по 10 крапель фосфатного буфера (рН: 5,4; 6,2; 6,8; 7,2; 8,0).

У всі пробірки додати по 10 крапель 0,5% розчину крохмалю і по 1 краплі розведеної водою слини. Вміст пробірок перемішати струшуванням, і помістити їх і термостат за температури 37°C.

Для виявлення швидкості гідролізу через інтервали 1 – 2 хв з усіх 5 пробірок відібрати по 1 краплі рідини в інші пробірки і провести реакції з

розчином KI_3 . Гідроліз у кожній пробірці проводити до стадії еритродекстрину, який дає червоно-буре забарвлення з йодом. Відзначити час (у хвиликах) появи еритродекстрину в кожній із п'яти пробірок.

Залежність активності амілази від рН середовища подати графічно, відкладаючи по осі абсцис значення рН середовища, за яких відбувався гідроліз крохмалю, а по осі ординат – час (хв), необхідний для гідролізу до стадії еритродекстрину. Зробити висновок, за якого значення рН вплив ферменту оптимальний.

5. Вплив активаторів й інгібіторів на активність α -амілази слини

Для оцінки впливу активаторів або інгібіторів каталітичний вплив ферментів досліджують у присутності зазначених речовин. Результати порівнюють із даними, одержаними в контрольному досліді, виконуваному без додавання активатора або інгібітору.

Матеріали й реактиви: слина розведена, 15 % розчин натрій хлориду, 0,5 % розчин крохмалю, 1 % розчин купруму сульфату, розчин йоду у калій йодиді (KI_3), водяна баня, термометр, піпетки на 5 і 10 cm^3 , штатив із пробірками, скляні палички.

Хід роботи

Узяти три пробірки. У першу налити 10 крапель 1% розчину натрій хлориду, у другу – 10 крапель 1% розчину купруму сульфату, у третю – 10 крапель дистильованої води.

В усі пробірки додати по 20 крапель 0,5% розчину крохмалю і по 1 краплі розведеної водою слини. Вміст пробірок перемішати струшуванням і помістити в термостат за температури $37^\circ C$. Для виявлення швидкості гідролізу крохмалю через інтервали в 1 – 2 хв із пробірок з гідролізованим крохмалем відібрати по 1 краплі рідини в інші пробірки і провести з нею реакцію з розчином KI_3 . Гідроліз проводити до стадії еритродекстрину. Визначити час (хв) до появи еритродекстрину. Отримані дані занести до табл.12.

Таблиця 12

Дослідження впливу активаторів й інгібіторів на α -амілазу слини

Досліджуваний агент	Фермент	Субстрат	Час утворення еритродекстрину, хв

Час, витрачений на гідроліз крохмалю до стадії еритродекстрину в перших двох пробірках, порівняти із часом гідролізу крохмалю в третій контрольній пробірці. На основі цього порівняння зробити висновок про активуючу або інгібуючу дію досліджуваних речовин.

6. Визначення активності α -амілази за Вольгемутом

Кількісне визначення активності α -амілази за методом Вольгемута ґрунтується на встановленні межового розведення розчину α -амілази, за якого ще відбувається розщеплення заданої кількості крохмалю до еритродекстрину.

Матеріали й реактиви: слина розведена (1:10), 0,1 % розчин крохмалю, розчин йоду в калій йодиді (KI_3), водяна баня, термометр, піпетки, зокрема на 5 і 10 cm^3 , штатив з пробірками, скляні палички, і олівець для скла.

Хід роботи

До 1 cm^3 слина додати 9 мл дистильованої води і ретельно перемішати.

У 10 пронумерованих пробірок налити по 1 cm^3 води.

У першу пробірку внести 1 cm^3 розведеної в 10 разів слини і перемішати шляхом триразового втягування і випускання рідини з піпетки. Потім 1 cm^3 рідини із першої пробірки перенести у другу пробірку, так само перемішуючи вміст. 1 cm^3 рідини з другої пробірки перенести у третю, із третьої – у четверту і т. д. З десятої пробірки після перемішування видалити 1 cm^3 рідини. Отже, у першій пробірці слина розведена у 20 разів, у другій – у 40, в третій – у 80 разів і т. д.

В усі пробірки додати (починаючи з десятої, у якій концентрація ферменту найменша) по 2 cm^3 0,1% розчину крохмалю. Вміст всіх пробірок перемішати струшуванням і помістити в термостат за температури 37°C на 30 хв.

Через 30 хв пробірки охолодити холодною водою і додати в кожную по 1 – 2 краплі розчину KI_3 . Позначити пробірку з найбільш розведеним розчином слини, у якій відбулося розщеплення крохмалю до еритродекстрину, що дає з йодом червоно-буре забарвлення. Активність α -амілази визначають кількістю мілілітрів 0,1% розчину крохмалю, яке може розщепити 1 cm^3 нерозведеної слини за температури 37°C протягом 30 хв до стадії еритродекстрину.

Наприклад, якщо з червоно-бурих забарвлень рідин була відзначена в четвертій пробірці, де слина розбавлена в 160 разів і куди було додано 2 cm^3 0,1% розчину крохмалю, то 1 cm^3 нерозбавленої слини розщепив би в 160 разів більше 0,1% розчину крохмалю:

1/160 cm^3 слини розщеплює 2 cm^3 – 0,1% розчину крохмалю,

1 cm^3 слини розщеплює x cm^3 0,1% розчину крохмалю,

$x = 2 \cdot 1 : 1/160 = 320$ cm^3 0,1% розчину крохмалю.

Отже, 1 cm^3 нерозбавленої слини розщеплює за 30 хв за температури 37°C 320 cm^3 0,1% розчину крохмалю. Умовно цей показник обирають за 320 одиниць α -амілази за Вольгемутом. Результат зазвичай зображають таким чином: $A(37^\circ/30') = 320$ од.

Внести одержані дані до табл. 13 і розрахувати активність амілази у досліджуваному розчині слини.

Таблиця 13

Дослідження активності α -амілази слини

№ п/п	Ступінь розведення слини	Кількість крохмалю, cm^3	Температура, °C	Час реакції, хв	Забарвлення з йодом

Лабораторна робота 11

Дослідження жовчі

Мета виконання роботи: визначити вплив різних чинників на жовч та її складові

1. Вплив температури

Матеріали й реактиви: розведена жовч (1/2 – 1/3), штатив із пробірками, скляні палички, сухий спирт.

Хід роботи

У пробірку додати 2 см³ розведеної жовчі, обережно підігріти. Відзначити, що жовч у ході кип'ятіння не згортається.

2. Реакція на жовчні пігменти

Матеріали й реактиви: розведена жовч (1/2 – 1/3), концентрована нітратна кислота, штатив із пробірками, скляні палички, фільтрувальний папір.

Хід роботи

У пробірку відібрати 2 см³ розведеної жовчі. Обережно по стінці пробірки додати 1 – 2 см³ концентрованої нітратної кислоти. На межі контакту рідин має утворитися осад білка і низка кольорових кілець, утворених у результаті реакції між жовчними пігментами і нітратною кислотою. Зелене, синє, фіолетове, червоне і жовте забарвлення відповідає різному ступеню окиснення пігментів.

Реакція з азотною кислотою на фільтрі. Профільтрувати жовч, розгорнути фільтр і на внутрішню поверхню нанести краплю концентрованої нітратної кислоти. Навколо неї утворяться кольорові кола, їх забарвлення і розміщення будуть такими ж самими, що і в попередній реакції. Зовнішнє кільце – зелене.

Завдання для самостійного виконання

1. Вкажіть фізичні та хімічні фактори, які впливають на ферментативну активність (температура, рН, концентрація субстрату).
2. Опишіть активатори та інгібітори ферментів. Поясніть, що таке інактивація ферментів під дією різних технологічних факторів.
3. Охарактеризуйте хімічну природу й біологічну роль ферментів, що входять до складу харчових продуктів.
4. Охарактеризуйте ферменти як біологічні каталізатори. Наведіть характеристику та промислове значення гідролітичних ферментів.
5. Опишіть ферменти як біологічні каталізатори. Наведіть характеристику й промислове значення окисно-відновних ферментів.
6. Назвіть ферменти в харчовій промисловості. Напишіть загальну характеристику й класифікацію. Покажіть, яку роль виконують ферменти у процесах переробки харчових продуктів.
7. Напишіть на які класи поділяються ферменти. Приведіть характеристику окремих представників різних класів ферментів. Укажіть, які особливості мають ферменти як каталізатори.

8. Поясніть роль ферментів при переробці, зберіганні та використанні продовольчих товарів. Покажіть, як впливають технологічні фактори на кінетику ферментативних реакцій?

9. Напишіть, що собою являють ферменти за хімічною природою. Покажіть яке значення вони мають для організму людини.

10. Поясніть, чим обумовлена специфічність дії ферментів. Приведіть види специфічності та їх характеристику. Поясніть в чому різниця між абсолютною та відносною специфічністю ферментів.

11. Покажіть застосування амілаз у харчових виробництвах. Опишіть ферментативний гідроліз крохмалю. Покажіть механізм ферментативної дії α - та β -амілаз.

12. Поясніть, як змінюється якість й харчова цінність продовольчих товарів під впливом ферментів при зберіганні.

13. Покажіть, які процеси харчових виробництв засновані на дії ферментів. Наведіть ферменти, які застосовуються в консервній, м'ясопереробній, крохмало-патоковій промисловості.

14. Охарактеризуйте ферменти як біологічні каталізатори. Покажіть іммобілізовані ферменти, їх значення та застосування.

15. Поясніть, що таке інгібітори ферментів і на які групи вони поділяються.

16. Покажіть, які основні властивості виявляють ферменти. Вкажіть на різницю між звичайними каталізаторами та ферментами.

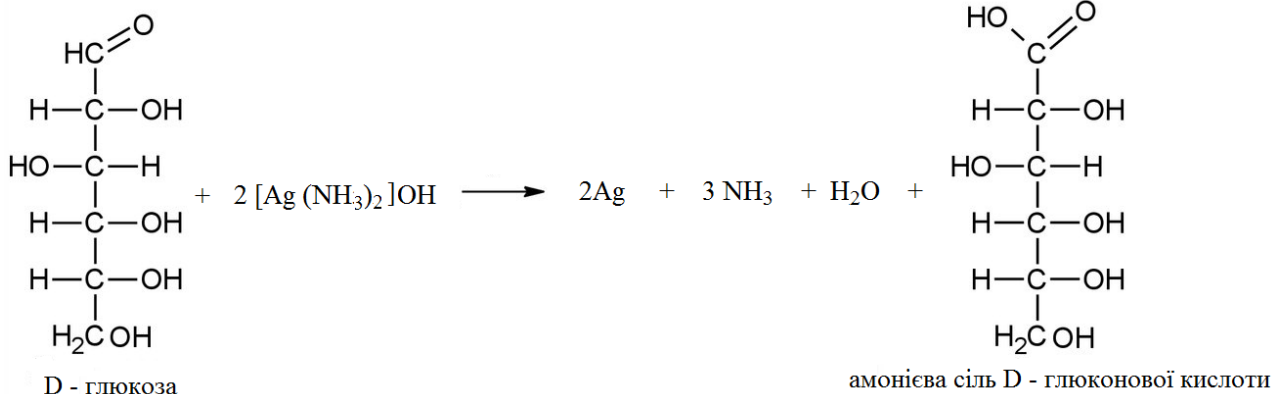
Тема 3. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕВОДІВ

Лабораторна робота 12 Якісні реакції на вуглеводи

Мета виконання роботи: вивчити характерні реакції вуглеводів

1. Реакція «срібного дзеркала»

Як і у всіх альдегідів, окиснення моносахаридів обумовлює утворення відповідних кислот. Так, у разі окиснення глюкози аміачним розчином Ag_2O утворюється глюконова кислота.



Матеріали й реактиви: 0,2 Н розчин аргентум нітрату, 2 Н розчин натрію гідроксиду, 2 Н розчин амонію, 0,5 % розчин глюкози, 0,5 % розчин фруктози, штатив із пробірками, піпетки, сухий спирт.

Хід роботи

У велику пробірку помістити 3 краплі 0,2 Н розчину AgNO_3 , 5 крапель 2 Н NaOH і додати по краплях 2 Н NH_4OH до повного розчинення утвореного осаду. Отриманий безбарвний розчин – аміачний розчин гідрату окису срібла.

Потім до аміачного розчину гідрату окису срібла додати 3–4 краплі 0,5% розчину глюкози і злегка підігріти. Металеве срібло має виділитися або у вигляді осаду чорного кольору, або у вигляді блискучого дзеркального нальоту, якщо стінки пробірки хімічно чисті. Повторити дослід із розчином фруктози.

2. Реакція Селіванова (відкриття фруктози)

Матеріали й реактиви: 0,5 % розчин фруктози, 0,5 % розчин глюкози, реактив Селіванова (0,5 % розчин резорцину в 20 % соляній кислоті), штатив із пробірками, піпетки, сухий спирт.

Хід роботи

У першу пробірку внести 2 см³ 0,5% розчину фруктози, у другу пробірку – 2 см³ 0,5% розчину глюкози. В обидві пробірки додати однакові обсяги свіжоприготованого реактиву Селіванова (0,5% розчин резорцину в 20% хлоридній кислоті). Обережно нагріти. На 1-й стадії із фруктозою утвориться оксиметилфурфурол, який на 2-й стадії, конденсуючись із резорцином, дасть червоне забарвлення.

3. Проба Бенедикта на глюкозу

Матеріали й реактиви: 5 % розчин глюкози, реактив Бенедикта (у колбу на 1 дм³ налити 700 см³ дистильованої води, додати 173 г натрій цитрату ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$), 100 г безводного (або 200 г кристалічного) натрій карбонату. Нагріти до розчинення. Окремо розчинити 17,3 г купруму сульфату в 100 см³ води. Змішати обидва розчини в мірній колбі на 1 л, безперервно збовтуючи, і після охолодження довести до мітки дистильованою водою), штатив із пробірками, піпетки, водяна баня.

Хід роботи

У пробірку налити 5 см³ реактиву Бенедикта і додати 0,5 см³ 5% розчину глюкози. Перемішати і нагріти 1 хв над полум'ям або 5 хв на водяній бані. Розчин охолодити і через 5 хв зафіксувати результати. За наявності глюкози розчин забарвиться в зелений, жовтий або червоний колір, на дні утвориться осад.

4. Кольорова реакція з ваніліном на фруктозу

У результаті конденсації продуктів розщеплення фруктози з ваніліном, залежно від концентрації вуглеводу, виходить світлорожеве і червоне забарвлення.

Матеріали й реактиви: 1 % розчин фруктози, ваніліновий реагент (розчинити 0,2 г ваніліну в суміші 25 см³ концентрованої хлоридної кислоти, 75 см³ 85% фосфатної кислоти, зберігати в закритій темній склянці), штатив із пробірками, піпетки, водяна баня, лід.

Хід роботи

1 см³ розчину фруктози 1% змішати з 5 см³ ванілінового реагенту і нагріти 2 хв на водяній бані, після чого швидко охолодити в крижаній воді.

5. Проба Гайнеса

Виявлення глюкози засновано на її властивості відновлювати купрум (II) гідроксиду в купрум (I) гідроксид (жовтий колір) або оксид міді (I) (червоний колір).

Матеріали й реактиви: 5 % розчин глюкози, реактив Гайнеса (13,3 г кристалічного купруму сульфату розчинити в 400 см³ води; 15 г гліцерину розвести в 200 см³ води, 50 г NaOH розчинити в 400 см³ води, змішати перший і третій розчини і долити другий), штатив із пробірками, піпетки, водяна баня.

Хід роботи

До 1 – 2 см³ реактиву Гайнеса додати 10 крапель 5% розчину глюкози, прокип'ятити на водяній бані. У присутності глюкози рідина має набути жовтого або червоного забарвлення, має з'явитися осад.

6. Дослідження відновлювальної здатності сахарози

У невідновлюваних дисахаридів глікозидний зв'язок утворюється за рахунок напівацетальних OH-груп обох моносахаридів. Вони не містять вільного напівацетального гідроксилу і не виявляють характерних реакцій альдегідної групи.

Матеріали й реактиви: 0,5 % розчин сахарози, 2 Н розчин натрію гідроксиду, 2 Н розчин купруму сульфату, штатив із пробірками, піпетки, сухий спирт.

Хід роботи

У пробірку внести 0,5 см³ розчину сахарози і 6 крапель 2 Н розчину натрію гідроксиду. Потім по краплях додати 0,2 Н розчину купруму сульфату до повного його розчинення. Обережно нагріти пробірку. Описати процеси.

7. Дослідження перетравлення сахарози ферментами дріжджів

Матеріали й реактиви: 0,5 % розчин сахарози, витяжка з дріжджів; 5 % розчин купруму сульфату; 10 % розчин натрій гідроксиду, штатив із пробірками, піпетки, сухий спирт.

Хід роботи

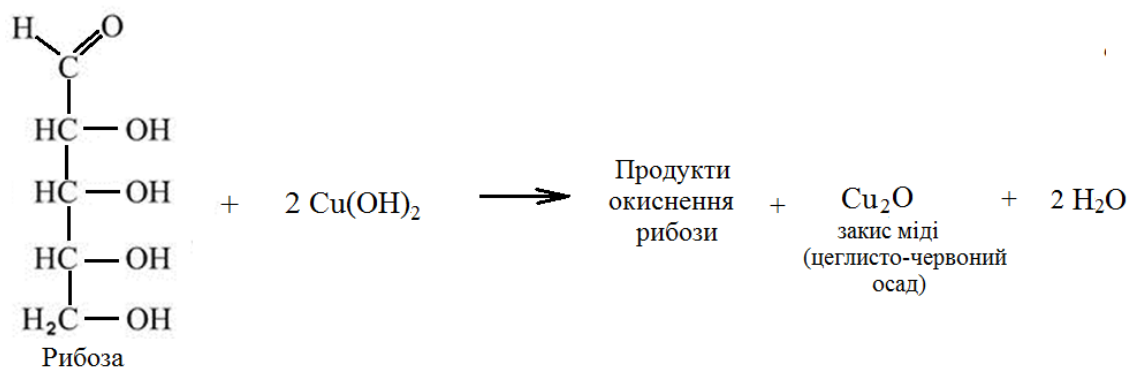
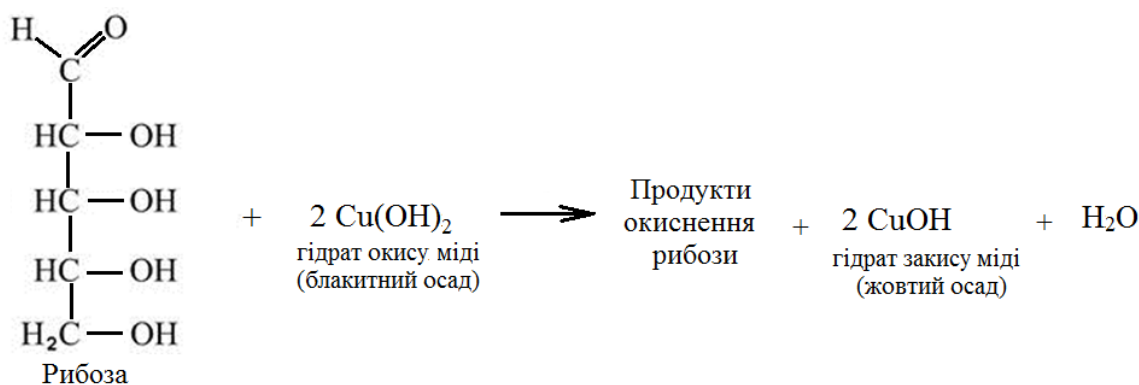
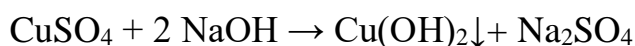
У дві пробірки налити по 3 см³ 0,5% розчину сахарози. У першу додати 2 см³ витяжки із дріжджів. Поставити їх у термостат на 15 хв за температурою 37°C. Згодом провести пробу Троммера на наявність редукуючих вуглеводів. У пробірку налити 1 – 2 см³ розчину глюкози і рівний об'єм 10% розчину натрій гідроксиду. До суміші обережно додати по краплям 5% розчин купруму сульфату

до появи незникаючої муті купрум(II) гідроксиду. Обережно нагріти верхню частину вмісту пробірки. З'явиться жовте забарвлення, яке перейде у червоне, що свідчить про позитивну реакцію Троммера.

8. Взаємодія вуглеводів із купрум гідроксидом (реакція Троммера)

Усі моносахариди, а також складніші цукри, які мають вільну карбонільну (альдегідну або кетоніву) групу, можуть відновлюватися в лужному середовищі.

Суть реакції Троммера полягає у відновленні окисної міді в закисну. У ході реакції купрум сульфат реагує з лугом, утворюючи блакитний купрум (II)гідроксид. У разі його нагрівання колір змінюється на жовтий, а потім – на червоний.



Матеріали й реактиви: 1% розчини глюкози, мальтози, фруктози, лактози, сахарози та крохмалю, 10 % розчин натрій гідроксиду, 5 % розчин купрум сульфату, штатив із пробірками; нагрівальний прилад.

Хід роботи

У пробірки (за кількістю наявних у лабораторії вуглеводів) налити по 1 см³ глюкози, лактози, мальтози, фруктози, сахарози, крохмалю, додають такий же об'єм натрій гідроксиду і 0,5 см³ купрум сульфату до появи блакитного осадку купрум (II) гідроксиду. Усі пробірки обережно нагріти. Моносахариди й відновлені дисахариди (лактоза і мальтоза) відновлюють купрум (II) гідроксид до купрум(I) гідроксид – осадку жовтого кольору, який за тривалого нагрівання перетворюється на оксид купрум(I)– осад цеглисто-червоного кольору.

Сахароза й крохмаль (невідновлені вуглеводи) не змінюють забарвлення купрум(II) гідроксиду.

9. Взаємодія вуглеводів з реактивом Фелінга

Механізм реакції з Фелінговим реактивом такий самий, як і реакції Троммера. Перевагою Фелінгового реактиву є те, що купрум у разі надлишку реактиву не випадає в осад у вигляді купрум оксиду.

Матеріали й реактиви: 1% розчини глюкози, мальтози, фруктози, лактози, сахарози та крохмалю, реактив Фелінга (Na, K- тартрат –комплексна сполука міді, забарвлена в синій колір) (Фелінг I + Фелінг II в однакових об'ємах), штатив із пробірками, нагрівальний прилад.

Хід роботи

У пробірки (за кількістю наявних у лабораторії вуглеводів) налити по 1 см³ глюкози, фруктози, лактози, мальтози, сахарози, крохмалю, додати такий же об'єм реактиву Фелінга. Пробірки обережно нагріти. Моносахариди, відновлені дисахариди (лактоза й мальтоза) відновлюють реактив Фелінга через купрум(I) гідроксид жовтого кольору до купрум(II) оксиду цеглисто-червоного кольору. Сахароза й крохмаль (невідновлені вуглеводи) не змінюють забарвлення реактиву Фелінга. Зробити висновок щодо властивостей вуглеводів залежно від хімічної будови.

10. Дослідження дії реактиву Фелінга на вуглеводи

У присутності відновників після нагрівання з'являється осад оксиду або гідроксиду міді (I); колір осаду –від жовтого до червоного, іноді зеленого залежно від ступеня дисперсності й розміру його частинок. Аналогічно реагують кетози (останні в лужному середовищі легко ізомеризуються в альдози), багатоатомні феноли, фенілгідрозин та ін. Органічні похідні гідразину, а також гідразиди карбонових кислот. Кетони (за винятком кетоспиртів), одноатомні феноли і більшість ароматичні альдегідів не відновлюють реактив Фелінга. Для виявлення вуглеводів іноді використовують так званий нейтральний реактив Фелінга, який замість NaOH містить Na₂CO₃.

У разі додавання до осаду купрум(II) гідроксиду розчину глюкози осад спочатку розчиняється, а у випадку нагрівання розчин набуває забарвлення від бурого до жовто-помаранчевого.

Матеріали й реактиви: 5% розчин глюкози, 1% розчин крохмалю, формалін, дистильована вода, реактив Фелінга (розчин CuSO₄ калію-натріютартрату в 10% розчині NaOH), пробірки, піпетки, крапельниці.

Хід роботи

Пронумерувати 4 пробірки. У першу налити 1 см³ розчину глюкози, в другу –1 см³ розчину крохмалю, у третю –1 см³ розчину формаліну, у четверту –1 см³ води. У кожен пробірку додати 1 см³ реактиву Фелінга. Нагріти пробірки і зробити висновки.

Лабораторна робота 13

Виявлення редукуючих вуглеводів

Мета виконання роботи: вивчити вміст редукуючих вуглеводів у складі харчових продуктів.

1. Реакція Селіванова на визначення кетоз

Найважливішою кетозою є фруктоза. У природі вона знаходиться як у вільному (у складі меду), так і у зв'язаному (у складі сахарози, деяких інших полісахаридів) стані. У живих організмах фруктоза перетворюється на глюкозу.

Характерною реакцією на фруктозу та інші кетози є реакція Селіванова. Її суть полягає в тому, що в разі нагрівання розчину кетози з концентрованою хлоридною кислотою утворюється оксиметилфурфурол, який із резорцином дає продукт конденсації червоного кольору. Ця реакція дозволяє визначити як вільні, так і зв'язані кетози. Із фруктозою вона відбувається швидше.

Матеріали й реактиви: реактив Селіванова (0,05 г резорцину розчиняють у 100 мл розбавленої хлоридної кислоти (1:1)), 1% розчини фруктози, штатив із пробірками, водяна баня.

Хід роботи

У пробірку налити 0,5 см³ розчину фруктози, додати 1 см³ реактиву Селіванова й кілька хвилин прогріти на водяній бані. Розчин має набути червоного забарвлення.

Зробити висновок щодо значення даної реакції для визначення фруктози.

2. Виявлення моносахаридів у моркві й молоці

Матеріали й реактиви: морква, молоко, 1 % розчин КОН, реактив Фелінгу (Фелінг I+ Фелінг II у однакових об'ємах), реактив Селіванова, штатив із пробірками, водяна баня.

Хід роботи

У пробірку покласти трохи натертої моркви, додати 5 см³ води, струсити 2 – 3 хв, відфільтрувати і розділити фільтрат на дві частини. В одній пробірці визначити моносахариди реакцією Фелінгу, у іншій – фруктозу (реакція Селіванова).

У мірний циліндр на 50 см³ налити 2,5 см³ молока, додати 40 см³ дистильованої води й 1 см³ 1 % розчину КОН. Об'єм суміші довести до 50 см³. Струсити вміст, відфільтрувати. Відбирати в окрему пробірку 2 – 3 см³ фільтрату й провести реакцію Фелінгу.

3. Виявлення сахарози в харчовому цукрі

Матеріали й реактиви: 1 % розчин цукру, концентрована сульфатна кислота, реактив Фелінгу (Фелінг I+Фелінг II у однакових об'ємах); реактив Селіванова, штатив із пробірками, водяна баня.

Хід роботи

Із 1– 2 см³ розчину цукру провести реакцію Фелінгу. 2 – 3 см³ розчину піддати кислотному гідролізу, гідролізат розлити у дві пробірки, в одній після нейтралізації провести реакцію Фелінгу, в іншій – реакцію Селіванова.

4. Ізомеризація глюкози на фруктозу

Глюкоза й фруктоза – моносахариди. Глюкоза – виноградний, а фруктоза – плодовий цукор. Моносахариди, які містять альдегідну групу, називають альдозами (глюкоза), а ті, що містять кетонну групу, – кетозами (фруктоза). Усі альдоза й кетоза – ізомери. Вони мають відкриті ланцюги, однакову кількість атомів карбону в молекулі, а отже, й однакову молекулярну формулу.

Усі моносахариди, які мають в окисній формі вільний глюкозидний гідроксил, а у відкритій – вільну карбонільну групу, у тому числі глюкоза й фруктоза, у разі нагрівання в лужному розчині легко розщеплюються подібно до альдегідів і кетонів, утворюючи розчин чорного кольору. У результаті осмолювання утворюється складна суміш речовин, при цьому вуглеводи ізомеризуються в різних напрямках. Зазнаючи впливу дуже слабких лугів, вуглеводи суттєво не змінюються, проте можуть ізомеризуватися. Так, глюкоза в таких умовах частково ізомеризується у фруктозу.

Матеріали й реактиви: 10% розчин моносахаридів (глюкоза, фруктоза); концентрований розчин лугу, розведена сульфатна кислота (10 %), штатив із пробірками, піпетки, крапельниці, водяна баня.

Хід роботи

Дослід провести одночасно з кількома різними вуглеводами, використавши готові 5–10 % розчини моносахаридів.

До 1–2 см³ розчину вуглеводу додати удвічі менший об'єм концентрованого розчину лугу, нагріти суміш до кипіння і прокип'ятити 2–3 хв. Фіксують зміну забарвлення розчину (за наявності). Потім охолодити рідину й підкислити її розбавленою сульфатною кислотою, при цьому забарвлення має посвітлішати і з'являється запах карамелі (паленого цукру).

5. Реакція Барфед

Реакція Барфед дозволяє відрізнити моносахариди від дисахаридів мальтозного типу, що мають відновлювальні властивості (лактоза, мальтоза, целобіоза). Вона заснована на тому, що відновлювальні властивості моносахаридів зберігаються також у кислому середовищі, у той час як дисахариди відновлюють метали тільки в лужному. У процесі взаємодії дисахаридів з реактивом Барфед червоний осад з Cu₂O з'являється не відразу, а лише через деякий час (15–20 хв), у результаті їх гідролітичного розпаду, каталізованого кислотами.

Матеріали й реактиви: 10 % розчин сахарози, 5 % розчин глюкози, реактив Барфед (6 % розчин купруму (II) ацетату на 1 % оцтовій кислоті), штатив із пробірками, піпетки, крапельниці.

Хід роботи

10 см³ розчину глюкози нагріти з 1 мл реактиву Барфед. Аналогічну операцію здійснити з розчином сахарози. Залишити пробірки на 15–20 хв, описати зміни, що відбулися.

6. Відновлювальна властивість лактози

У відновлювальних дисахаридів зв'язок між мономерами відбувається за рахунок спиртового і полуацетального гідроксилів. Таким чином, одна з моносахаридних ланок зберігає вільний полуацетальний гідроксил, який визначає відновлювальні властивості моносахаридам.

Матеріали й реактиви: молоко, 10 % розчин натрію гідроксиду, 2 % розчину купруму сульфату, штатив із пробірками, піпетки, крапельниці.

Хід роботи

У пробірку внести 1 см³ молока і 5 крапель 10% розчину натрію гідроксиду. Потім по краплях додати 2% розчин купруму сульфату до повного розчинення. Обережно нагріти, блакитний осад купрум гідроксиду переходить у жовто-оранжевий, а потім у червоно-коричневий осад.

Лабораторна робота 14

Вивчення набухання полісахаридів

Мета виконання роботи: дослідити процес набухання ряду полісахаридів.

Матеріали й реактиви: агар, агароїд, пектин, 2% розчин натрій цитрату (натрій ацетат або ксиліт), гліцерин, вода дистильована, лійка, циліндр об'ємом 100 см³, склянки хімічні на 150 см³, терези технохімічні, секундомір.

Хід роботи

Наважки полісахаридів масою 3 г перенести в окремі хімічні склянки на 150 см³. Мірним циліндром відміряти по 100 см³ водного розчину натрій цитрату (натрій ацетат або ксиліт), перелити у відповідні хімічні склянки й додати до кожного розчину краплю гліцерину. Відзначити швидкість набухання матеріалів у розчинах.

Процес набухання вважають закінченим, якщо пластівці втратили крихкість і стали еластичні по всій товщині. Тривалість процесу визначити за допомогою секундоміра. Записати результати спостережень й оформити висновки.

Лабораторна робота 15

Дослідження властивостей крохмалю

Мета виконання роботи: вивчити властивості крохмалю.

Крохмаль (C₆H₁₀O₅)_n – рослинний високомолекулярний полісахарид, мономером яких є глюкоза. Під мікроскопом крохмаль має вигляд зернистого порошку (гранулів). Крохмаль є нерозчинним у холодній воді, ефірі, спирті. У гарячій воді крохмаль набухає. Крохмаль є резервним полісахаридом рослин. Найбільше крохмалю має зерно злакових рослин: рису (до 86 %), пшениці (до 75 %), кукурудзи (до 72 %), а також бульби картоплі (до 24 %). Щоб здобути крохмаль, потрібно зруйнувати клітинні стінки. Крохмальні зерна досить швидко осідають з отриманої суспензії. Крохмаль входить до складу мікробіологічних середовищ під час біотехнологічного виготовлення різних продуктів (ензимів, антибіотиків, вітамінів). Основними продуктами гідролізу є

мальтоза та глюкоза. Для виявлення крохмалю використовують розчини йоду (різними за складом), наприклад Люголя – 1 % I_2 та 2 % KI у 95 % водному розчині гліцерину.

1. Вивчення зміни властивостей крохмалю під час сухого нагрівання

Нагрівання сухого крохмалю часто необхідне в технологічній практиці, його супроводжує розщеплення полісахаридних ланцюгів із утворенням речовин меншої молекулярної маси (декстрини) і летких продуктів розпаду. Фізичні властивості крохмалю за сухого нагрівання змінюються: білий колір переходить спочатку в злегка кремовий (палевий), а потім – у коричневий різної інтенсивності, зростає розчинність полісахаридів, збільшується кількість летких продуктів розпаду, що зумовлює появу запаху, не властивого природному крохмалю. Із нагріванням руйнується структура крохмальних зерен. Якщо прогріти крохмаль до температури понад 100°C , то його зерна розпадуться на окремі фрагменти. Руйнування зерен і розщеплення крохмальних полісахаридів змінює реологічні показники виготовлених із них клейстерів. Важливі чинники таких змін - висока температура й тривалість нагрівання. Для більшої наочності такого процесу в цій лабораторній роботі необхідно використовувати картопляний крохмаль, оскільки його структура під час нагрівання руйнується швидше, ніж структура зернового.

Матеріали й реактиви: 0,004 Н розчин йоду в калій йодиді, 0,1 Н натрій гідроксиду, крохмаль картопляний, вода дистильована, рефрактометр РЛУ-3, апарат для струшування, мікроскоп із освітлювачем, капілярний віскозиметр, три конічні й три мірні колби об'ємом 100 мл, хімічна склянка об'ємом 1 дм^3 , чотири хімічні склянки об'ємом 100 см^3 і три об'ємом 25 см^3 ; дві скляні пластини розміром $50\times 50\text{ мм}$, предметне і накривне скло, скляні палички, бюкси, плитка електрична.

Хід роботи

1. Визначення органолептичних показників

У три бюкси помістити по 30 г крохмалю і нагріти до температури 80°C , 120°C та 150°C відповідно. Колір термооброблених за різних температур зразків порівняти із кольором необробленого крохмалю. Для цього на скляну пластинку розміром приблизно $50\times 50\text{ мм}$ насипати по 3–5 г досліджуваних речовин. Ребром пластинки скла розрівняти їх для одержання шару товщиною близько 3 мм. Крохмаль накрити накривним склом і злегка притиснути, спресувати, після цього зняти скло і візуально порівняти колір прогрітого крохмалю з непрогрітим.

Для визначення запаху близько 10–15 г крохмалю полити такою ж кількістю теплої води (50°C). Через 30 с надлишок води злити і встановити запах (сирого або горілого крохмалю) чи його відсутність.

Для характеристики зовнішнього вигляду зерен крохмалю кінцем змоченої у воді скляної палички взяти невелику кількість крохмалю (спочатку непрогрітого, а потім - прогрітого за різних температур), перенести на предметне скло, змочити краплею води і накласти накривне скло. Дослідити

зразки під мікроскопом, зарисувати, звертаючи увагу на відмінності стосовно величини й зовнішнього вигляду зерен.

У хімічні склянки об'ємом по 100 см³ помістити по 2 г кожного зі зразків, залити їх 50 см³ води, розмішати, нагріти до кипіння й витримати 1 хв. Препарати клейстерів для мікроскопічного дослідження приготувати аналогічно, зафарбовуючи їх 0,004 н розчином йоду в калій йодиді й вивчити їх під мікроскопом. Зарисовують мікроскопічну картину, визначають розбіжності в зовнішньому вигляді зразків.

2. Визначення фізико-хімічних показників

Розчинність

У конічні колби об'ємом по 100 см³ помістити по 1 г кожного із зразків, залити 20 см³ дистильованої води, закрити гумовою пробкою, перемішати протягом 15 хв. Уміст кожної колби відфільтрувати і рефрактометрично визначити у фільтраті кількість сухих речовин.

В'язкість

У мірні колби об'ємом по 100 см³ помістити по 2 г кожного зі зразків крохмалю, додати 0,1 н розчин натрій гідроксиду до позначки. Коли наважка крохмалю повністю розчиниться, за допомогою капілярного віскозиметра встановити значення в'язкості відносно води. Для цього слід обрахувати тривалість витікання дистильованої води, а згодом – тривалість витікання зразка відносно води. Результати досліджень занести в табл. 14, зробити висновки.

Таблиця 14

Результати спостережень

Тип зразку	Органолептичні показники			Фізико-хімічні властивості	
	зовнішній вигляд клейстеризованих зерен	запах	колір	концентрація розчинених сухих речовин, %	в'язкість розчину відносно води
Контрольний					
Прогрітий за темпера- тури 80°C					
Прогрітий за темпера- тури 120°C					
Прогрітий за температури 150°C					

3. Виявлення крохмалю у продуктах харчування

Матеріали й реактиви: крохмаль та його 0,5 % розчин, розчин Люголя, дистильована вода, 20 % розчин сульфатної кислоти, 10 % розчин соди, картопля й інші овочі й продукти, терка, капронове сито або марля, пробірки, піпетки, мікроскоп, предметні та покривні скельця, водяна баня.

Дослід 1. 170 мл води налити на 250 мл і нагріти на киплячій водяній бані. У хімічну склянку налити 30 мл води кімнатної температури. Зважити 1 г сухого картопляного крохмалю та висипати у 30 мл води. Добре перемішати до отримання однорідної суспензії. Суспензію перелити у 170 мл гарячої води за безперервного перемішування. Прогріти 10 – 15 хв на киплячій водяній бані.

Запишіть спостереження.

Дослід 2. Налити у хімічну склянку на 200 мл 2 мл 0,5 % розчин крохмалю, додати 98 мл води та добре перемішати. Підписати три пробірки (1, 2, 3). У першу пробірку налити 3 мл води. У другу налити 3 мл розведеного розчину крохмалю. У третю пробірку налити 3 мл 0,5 % розчину крохмалю. Додати в усі пробірки по 2 краплі розчину Люголя та перемішати.

Запишіть спостереження. Зробити висновок щодо спостережених явищ.

Дослід 3. Нанесіть краплю розчину Люголя на зріз картоплі, яблука, груші, банана, кабачка та ін.

Запишіть спостереження.

Дослід 4. Виділення крохмалю із картоплі. Шматочок картоплі (5 – 10 г) подрібнити на терці та залити 20 – 30 мл води. Добре розмішати та видалити грубі фрагменти фільтруванням через рідке сито. Налити у пробірку 20 мл отриманої суспензії та залишити стояти на столі. Через 5 – 10 хв обережно злийте верхню частину екстракту, а білий осад суспензувати у 0,5 мл води.

Відібрати 1 краплю на предметне скло й накрити покривним. Відібрати ще одну краплю на предметне скло, додати 1 краплю розчину Люголя та накрити покривним склом. Розглянути під мікроскопом та зарисувати.

Сформулювати висновок.

Дослід 5. У пробірку налити 2 мл 0,5 % розчину крохмалю, додати 1 мл розчину 20 % сульфатної кислоти та нагріти до кипіння (1 – 2 хв). Охолодити, нейтралізувати кислоту розчином соди до нейтрального рН та додати краплю розчину Люголя.

Сформулювати висновок щодо спостережених явищ.

Дослід 6. В одну пробірку налити 2 мл картопляного соку, в другу – 2 мл витяжки кукурудзяного зерна. У обидві пробірки додати 1–2 краплі розчину Люголя. Вміст пробірок перемішати та спостерігати за утворенням синього забарвлення. Перенести по 1 мл розчинів в інші пробірки і додати до них по 1 мл 10 %-го розчину NaOH. Спостерігайте за знебарвленням розчину. Те ж саме відбувається і при нагріванні суміші, яка залишилася у перших двох пробірках. При охолодженні розчинів забарвлення відновлюється.

Сформулювати висновок щодо спостережених явищ.

Лабораторна робота 16

Визначення лактози в молоці рефрактометричним методом

Метод рефрактометричного визначення лактози в молоці й молочних продуктах (кефір, йогурт, ацидофілін, молочна сироватка тощо) передбачає вимірювання показника заломлення прозорого розчину лактози $C_{12}O_{11}H_{22}$, утвореної з молока після осадження білків і жирів розчином хлориду кальцію.

Мета виконання роботи: дослідити кількісний вміст лактози у молоці.

Матеріали й реактиви: рефрактометр типу УРЛ або РПЛ; водяна баня, градуйовані піпетки місткістю 1 і 5 мл, скляний бюкс, крапельна піпетка, 8% розчин кальцію хлориду.

Хід роботи

У скляний бюкс піпеткою відміряти 5 см³ свіжого молока. Для осадження білків додати 0,5 см³ розчину кальцію хлориду. Бюкс закрити кришкою і нагріти протягом 10 хв на водяній бані за температури кипіння. Після цього суміш охолодити під струменем водопровідної води приблизно до 20°C.

Крапельною піпеткою обережно відібрати кілька крапель прозорої рідини (сироватка) і швидко, щоб запобігти випаровуванню вологи, перенести на нижню вимірювальну призму рефрактометра. Опустити верхню освітлювальну призму і виміряти показник заломлення за (18 ± 2) °C.

Виконати 3 – 4 вимірювання показника заломлення молочної сироватки, розрахувати середнє значення n .

За даними табл. 15 знайти масову частку лактози в досліджуваному зразку молока (W , %). Конкретний вміст лактози в молоці одержують у результаті аналізу свіжого молока, кислотність якого не перевищує 16 – 20°Т.

Таблиця 15

Масова частка лактози в молоці за 18°C

n D18	W, %	n D18	W, %	n D18	W, %
1,3406	3,77	1,3415	4,23	1,3424	4,69
1,3407	3,82	1,3416	4,28	1,3425	4,74
1,3408	3,87	1,3417	4,33	1,3426	4,79
1,3409	3,93	1,3418	4,38	1,3427	4,84
1,3410	3,98	1,3419	4,44	1,3428	4,89
1,3411	4,03	1,3420	4,49	1,3429	4,95
1,3412	4,08	1,3421	4,54	1,3430	5,00
1,3413	4,13	1,3422	4,59	1,3431	5,05
1,3414	4,18	1,3423	4,64	1,3432	5,10

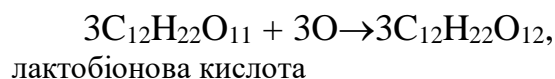
Лабораторна робота 17

Йодометричне визначення лактози

Суть методу йодометричного визначення лактози полягає у взаємодії між альдегідної групою молочного цукру або глюкози з йодом у лужному середовищі, у якій йод окиснювач:



виділений атомарний кисень окиснює молочний цукор у лактобіонову кислоту:

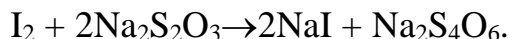


а глюкозу, утворену в результаті інверсії–сахарози, в глюконову кислоту:



глюконова кислота

За необхідності визначення угледодів беруть надлишок йоду і за різницею між його кількістю і надлишку, який не прореагував із розчином гіпосульфиту натрію під час титрування, знаходять вміст цукру:



Молочний цукор має одну альдегідну групу і в разі переходу в лактобіонову кислоту приєднує 1 атом кисню. Це еквівалентно 2 атомам йоду або 1 см³ 0,1 н розчину, що окиснює 18,01 мг молочного цукру (360,2: 2). Грам-еквівалент сахарози у випадку йодометричного визначення дорівнює 171,0 (молекулярна маса, поділена на 2 (342:2)). Оскільки одна молекула глюкози, отримана із сахарози, відповідає 2 атомам йоду, то 1 см³ 0,1 н розчину окиснює 17,1 мг сахарози (йод фруктозу практично не окиснює).

Мета виконання роботи: визначити кількісний вміст лактози у пробах молока.

Матеріали й реактиви: молоко, дистильована вода, 2н розчин купрум(II) сульфату, 1 н розчин натрію гідроксиду, 0,1 н розчин йоду, 0,5 н розчин соляної кислоти, 0,1н розчин гіпосульфиту натрію, 1% розчин крохмалю, піпетки на 2 і 5 см³, мірні колби на 100 і 200 см³, фільтрувальний папір, циліндри, бюретки, штативи.

Хід роботи

Відміряти 5 см³ молока в мірну колбу на 200 см³, додати до половини колби дистильовану воду, 5 см³ розчину сульфату міді 2н. і 2 см³ 1 н розчину гідроксиду натрію, перемішуючи рідину після додавання кожного реактиву. Долити до 200 см³ водою, знову перемішати і залишити для відстоювання на 20 хв у темному місці.

Відстояну рідину профільтрувати в суху колбу через складчастий фільтр. 25 см³ фільтрату перенести в конічну колбу на 250 см³ із притертою або гумовою пробкою, додати 12,5 см³ 0,1 Н розчину йоду і за безперервного перемішування додати з бюретки 18 см³ 0,1 Н розчину гідроксиду натрію. Закрити колбу пробкою і залишити в темному місці на 20 хв за кімнатної температури.

Додати в колбу 4 см³ 0,5 н розчину соляної кислоти, відтитрувати йод 0,1 Н розчином гіпосульфиту натрію в присутності 1% розчину крохмалю. Титрування проводити повільно, спочатку без додавання індикатора (до отримання світло-жовтого забарвлення), потім додати 1 см³ 1% розчину крохмалю і продовжувати титрування до моменту, коли від 1 краплі розчину гіпосульфиту зникне синє забарвлення.

Провести холосту пробу, для чого в іншу таку ж колбу відміряти 12,5 см³ 0,1 Н розчину йоду, додати, безперервно помішуючи 18 см³ 0,1 н розчину гідроксиду натрію і, закривши колбу пробкою, залишити у темному місці на 20 хв, згодом здійснити визначення як і у випадку першої колби.

Вміст лактози (%) обчислити за формулою

$$L = 0,873 \cdot (a - b),$$

де L – вміст лактози;

a – кількість 0,1 н розчину гіпосульфїта, витрачена на титрування йоду в холостій пробі, мл;

b – кількість 0,1 н розчину гіпосульфїта, витрачена на титрування йоду під час визначення у фільтраті, мл;

0,873 – поправковий коефіцієнт на кількість лактози, що реагує з 1 см³ 0,1 Н розчином йоду, г.

Лабораторна робота 18

Кріоскопічне визначення молекулярної маси сахарози

Метод дослідження, заснований на вимірюванні зниження температури замерзання розчинів, називають кріоскопічним. Для більш точнішого вимірювання температури замерзання або кипіння (ебуліоскопія) розчину зазвичай застосовують диференційний термометр Бекмана, який має шкалу, розділену на 5-6 градусів. За допомогою такого термометра можна визначати різницю температур у широкому інтервалі, а також температури замерзання і кипіння різних розчинів. У лабораторній практиці кріоскопічний метод значно поширеніший, ніж ебуліоскопічний: вимірювати точки замерзання розчинів при цьому значно простіше і безпечніше, ніж їх точки кипіння.

Мета виконання роботи: навчитися визначити молекулярну масу вуглеводів.

Матеріали й реактиви: розчин сахарози (з відомою масовою часткою сахарози в розчині), дистильована вода, охолоджувальна суміш (кристалічний натрію хлорид, вода, лід), товстостінна склянка (кристалізатор), скляна поличка, диференційний термометр Бекмана.

Хід роботи

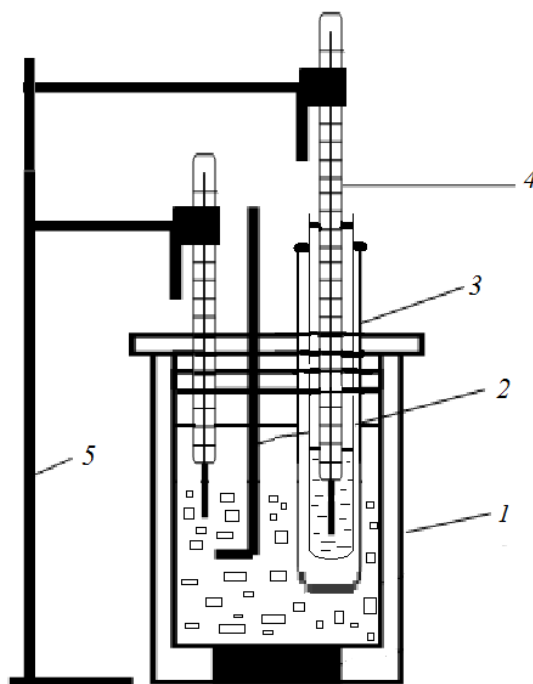
Приготування охолоджуючої суміші. У товстостінну склянку (кристалізатор) внести подрібнений лід, додати до нього невеликий об'єм води і кухонну сіль, заповнюючи склянку приблизно на 2/3. Суміш перемішати скляною паличкою і за показниками термометра прослідкувати, щоб температура охолоджувальної суміші у процесі проведення експерименту становила близько -5°C.

Визначення температури замерзання розчинника. У пробірку (3) (рисунок) залити до мітки (10 - 15 см³) дистильовану воду і, закривши пробірку пробкою, занурити у воду термометр (4), так, щоб рівень води був вищий кульки термометра приблизно на 1 см. Нижній кінець термометра має бути вищим дна пробірки також приблизно на 1 см. Пробірку з водою і закріпленим у ній термометром занурити в охолоджувальну суміш. Періодично помішуючи воду в пробірці мішалкою (2), простежити за зміною температури води. Після того, зниження температури води приблизно на 1-1,5° (охолоджена вода), інтенсивно перемішати воду мішалкою.

Має розпочатися процес замерзання води з виділенням тепла, і ртутний стовпчик різко підніметься вгору. Відзначити максимальну температуру (з

точністю до 0,05 - 0,10), яка і є температура замерзання води. Потім помістити пробірку в склянку з водопровідною водою (кімнатна температура) і, помішуючи, розчинити утворені кристали льоду. Повторити визначення температури замерзання води. Результати дворазового проведення досліду записати.

Визначення температури замерзання розчину сахарози. У суху пробірку до тієї ж мітки залити розчин сахарози з відомою масовою часткою сахарози.



Кріоскоп:

1 – кристалізатор з охолоджувальною сумішшю; 2 – мішалка; 3 – пробірка; 4 – термометр Бекмана; 5 – штатив.

Пробірку помістити в охолоджувальну суміш і, періодично перемішуючи досліджуваній розчин, охолодити його приблизно до 3 – 3,5 °С. Двічі визначити температуру замерзання розчину за описаною вище схемою. Результати дослідів занести в табл. 16.

Таблиця 16

Експериментальні дані до роботи

Показник	Дослід 1	Дослід 2	Середнє значення
Температура замерзання розчинника T_3^0 , °С			
Температура замерзання розчину T_3 , °С			
Різниця температур $\Delta T_3 = T_3^0 - T_3$, °С			
Маса розчинника $m(\text{H}_2\text{O})$, г			
Маса розчиненої речовини $m(\text{B})$, г			

Масу сахарози обчислити за формулою

$$M(B) = \frac{1,86 \cdot m(B) \cdot 100}{\Delta T_3 \cdot m(H_2O)}$$

Істинна молярна маса сахарози $C_{12}H_{22}O$ – 342 г / моль. Зробити висновок за результатами роботи та обчислити відносну похибку визначення молекулярної маси сахарози.

ТИПОВІ НАВЧАЛЬНІ ЗАДАЧІ Й ПРИКЛАДИ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Задача 1

Розрахуйте кількість цукру і води для приготування 100 л цукрового сиропу із концентрацією 65 %, якщо густина сиропу – 1,3163 кг/л, вологість цукру – 0,14 %, втрата води – 10 %.

Розв'язання

Витрати цукру і води відповідно становитимуть:

$$\begin{aligned} 1,3163 \cdot 100 \cdot 0,65 &= 85,56 \text{ кг,} \\ 1,3163 \cdot 100 \cdot 0,35 &= 46,07 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Обчислимо кулькість цукру, ураховуючи його вологість:

$$85,56 + 85,56 \cdot 0,0014 = 85,68 \text{ кг.}$$

Із урахуванням втрат води під час варіння сиропу її кількість визначимо так:

$$46,07 + 46,07 \cdot 0,1 = 50,68 \text{ кг.}$$

Відповідь: 50,68 кг

Задача 2

Визначити вміст цукру в кремі, якщо за даними лабораторного аналізу вологість крему 25 % із вмістом цукру на суху речовину 51,6 %.

Розв'язання

Визначення вмісту цукру у кремі з вологістю 25 %.

У 100 г сухої речовини міститься 51,6 % цукру. У кремі з вологістю 25 % суха речовина становить 75 % (100 - 25).

Вміст цукру становитиме

$$C = \frac{(100-25) 51,6}{100} = 38,7 \text{ \%}.$$

Відповідь: у кремні з вологістю 25 % міститься 38,7 % цукру.

Енергетична цінність (калорійність) продукту характеризує ту частку енергії, яка може вивільнитися з харчових продуктів у процесі біологічного окиснення і бути використаною для забезпечення фізіологічних функцій організму.

Енергетична цінність харчового продукту передусім залежить від його хімічного складу. З'ясовуючи енергетичну цінність вуглеводів, можна застосувати коефіцієнт 4,1 ккал/г для суми моно-, дисахаридів і крохмалю. Утім одержані дані будуть не зовсім точними. Для точного розрахунку енергетичної цінності вуглеводів необхідно застосувати коефіцієнт 3,8 ккал/г для суми моно- і дисахаридів, а для крохмалю – 4,1 ккал/г:

$$m(\text{вуглеводів}) \cdot 4,1 = \text{ЕЦ ккал.}$$

Задача 3

Для чоловіка 35 років, який працює будівельником, добова потреба у вуглеводах становить 592 г. Яку частку енергії задовольняє така кількість спожитих вуглеводів, якщо добова потреба в енергії – 3700 ккал?

Розв'язання

Енергетична цінність 592 г вуглеводів:

$$M(\text{вуглеводів}) \cdot 4,1 = 592 \cdot 4,1 = 2427 \text{ ккал.}$$

Частка енергії, що задовольняється за рахунок вуглеводів:

$$2427 \cdot 100 \% / 3700 = 65,6 \%$$

Відповідь: 65,6 %.

Завдання для самостійного виконання

1. Опишіть карамелізацію сахарів, умови та хімізм цього процесу, зміни, що відбуваються з дисахаридами за високої температури. Назвіть галузі застосування процесів карамелізації дисахаридів, а також виробництва харчових продуктів, у яких процес карамелізації небажаний.

2. Охарактеризуйте пектинові речовини, їх структуру, протопектин, пектинову та пектову кислоти. Покажіть поширеність у природі. Опишіть хімізм процесу переходу протопектину в пектин. Охарактеризуйте особливості використання пектину як драглеутворювача в харчових технологіях.

3. Опишіть види пектинових речовин, властивості пектинових речовин, які використовують у виробництві кондитерських виробів і морозива.

4. Охарактеризуйте геміцелюлози: склад, властивості, поширеність у природі. Наведіть класифікацію геміцелюлоз. Назвіть основних представників геміцелюлоз.

5. Опишіть реакцію меланоїдиноутворення. Поясніть внутрішньо-молекулярне перегрупування Амадорі. Охарактеризуйте значення реакції мелаїдиноутворення в процесах переробки харчової сировини. Укажіть фактори, які впливають на проходження реакції мелаїдиноутворення.

6. Опишіть процес клейстеризації крохмалю. Вкажіть температуру клейстеризації. Поясніть процес старіння клейстеризованого крохмалю. Укажіть особливості застосування процесу клейстеризації в харчових технологіях.

7. Назвіть види бродіння глюкози. Опишіть хімізм реакції бродіння та речовини які при цьому утворюються. Розкрийте їх технологічне та біологічне значення. Опишіть спиртове бродіння, його хімізм.

8. Охарактеризуйте функції вуглеводів у харчових продуктах (енергетична, пластична).

9. Опишіть перетворення вуглеводів під час виробництва харчових продуктів: гідроліз крохмалю в результаті впливу кислот і ферментативний гідроліз крохмалю α - та β -амілазами. Перелічіть особливості застосування ферментативного гідролізу крохмалю в харчових технологіях.

10. Охарактеризуйте крохмаль і назвіть особливості використання його властивостей у технологічному процесі виробництва продуктів харчування (набухання крохмалю).

11. Перелічіть продукти харчування людини – джерела моно- та дисахаридів. Напишіть формули моно- і дисахаридів, яких найбільше у природній сировині.

12. Охарактеризуйте основні види модифікованих крохмалів та їх використання в харчових технологіях.

13. Опишіть полісахариди морських водоростей як структуроутворювальні агенти (агар, карагінан, альгінова кислота).

14. Охарактеризуйте високо- та низькоетерифіковані пектини та їх використання в харчових технологіях.

15. Проаналізуйте будову молекули інуліну, його поширеність у природі, властивості, фізіологічне значення для організму людини.

16. Охарактеризуйте вуглеводи, їх біологічне значення і харчову цінність. Назвіть продукти з простими (швидкими) і складними (повільними) вуглеводами. Перелічіть вуглеводи, які є джерело глюкози для людини.

17. Напишіть схему взаємодії α -D-фруктофуранози з 1 моль етилового спирту за присутності гідрогенхлориду.

18. Наведіть методи визначення вуглеводів і розкрийте їх суть.

19. Укажіть методи, за допомогою яких методів визначають фракційний склад вуглеводів.

20. Назвіть реакцію, за допомогою якої можна відрізнити сахарозу і мальтозу. Напишіть схеми реакцій і назви відповідних сполук.

21. Напишіть схеми будови крохмалю і целюлози, поясніть схожість і відмінність будови їх молекул (із застосуванням формул Хеуорса).

22. Наведіть формули сахарози і целобіози. Поясніть, який із цих дисахаридів відновлювальний і чому.

23. Напишіть схеми реакцій окиснення D-глюкози до глюконової і глюкарової кислот. Перелічіть умови проходження даних реакцій.

24. Наведіть класифікацію пектинових речовин і зазначте особливості їх будови.

25. Поясніть біологічну роль пектинових речовин і перелічіть джерела їх отримання.

26. Охарактеризуйте фізико-хімічні й технологічні властивості пектинів. Наведіть приклади їх використання у харчових виробництвах.

27. Опишіть процес драглеутворення пектинових речовин і фактори, що впливають на нього.

28. Охарактеризуйте методи, застосовні для визначення комплексоутворювальної властивості пектинових речовин.

29. Охарактеризуйте процес, що відбувається під час нагрівання крохмалю. Поясніть його сутність і значення.

30. Наведіть спільні й відмінні риси в будові амілопектину і глікогену. Поясніть, як впливають на розчинність цих речовин у воді відмінності у їх будові.

31. Назвіть процес, покладений в основу оцукрювання целюлози. Напишіть схему його проходження і визначте всі продукти.

32. Обґрунтуйте відмінності структурної будови і хімічних властивостей відновлювальних (редуючих) і невідновлювальних (нередуючих) дисахаридів.

33. Поясніть хімічну будову глікозидів і охарактеризуйте найпоширеніших природних представників цього класу вуглеводів.

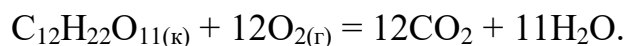
34. Опишіть реакції, покладені в основу хімізму перетворень вуглеводів в умовах нагрівання. Охарактеризуйте процес і продукти карамелізації.

35. Перелічіть реакції, покладені в основу хімізму перетворень вуглеводів в умовах нагрівання. Опишіть процес і продукти меланоїдиноутворення.

36. Охарактеризуйте дисахариди (сахароза, лактоза, мальтоза, целобіоза). Наведіть їх хімічні, фізичні й біологічні властивості. Опишіть відновлювальні та невідновлювальні дисахариди.

37. Охарактеризуйте гомологічні полісахариди (целюлоза, крохмаль і глікоген, хітин). Зазначте відмінності будови α - і β -глюкозидополімерів.

38. Визначте зміну ентропії, застосовуючи довідникові дані, що стосуються ентальпії та енергії Гіббса в процесі засвоєння в організмі людини сахарози, який передбачає її окиснення:



39. Розрахуйте вихід продукту реакції, якщо із однієї тони картоплі, що містить 20 % крохмалю, отримали 100 л етанолу ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$).

40. Обчисліть масу глюкози, необхідну для отримання 276 г спирту, якщо вихід продукту становить 80 % (фруктовий сік у результаті впливу ферментів зазнає бродіння):



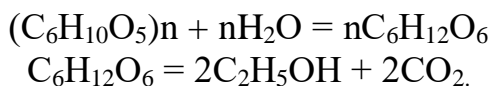
41. Визначте кількість глюкози й фруктози, яку можна отримати в результаті гідролізу 360 г сахарози, що містить 5% домішок.

42. Обчисліть необхідну кількість цукру і води для приготування 150 л цукрового сиропу з концентрацією 67 %, якщо густина сиропу – 1,3313 кг/л, вологість цукру – 0,14 %, втрати води під час варіння сиропу – 10 %.

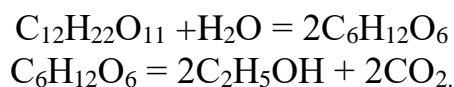
43. Розрахуйте потрібну кількість цукру і води для приготування 180 л цукрового сиропу із концентрацією 64 %, якщо густина сиропу – 1,313 кг/л, вологість цукру – 0,14 %, втрати води – 10 %.

44. Обчисліть необхідну кількість цукру і води для приготування 250 л цукрового сиропу із концентрацією 70 %, якщо густина сиропу – 1,35 кг/л, вологість цукру – 0,14 %, втрати води – 10 %.

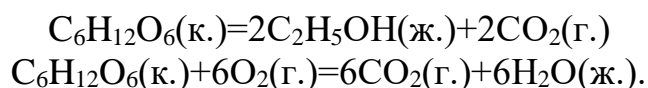
45. Визначити теоретичний вихід безводного спирту з 1 т картоплі, якщо густина спирту – 0,79 кг/л, гідроліз і зброджування відбуваються відповідно до таких реакцій:



46. З'ясуйте теоретичний вихід безводного спирту з 1 т мальтози, якщо густина спирту – 0,79 кг/л, гідроліз і зброджування відбувається відповідно до рівнянь



47. Розрахувати значення ΔH°_{298} для реакцій перетворення глюкози:



Визначте реакцію, що дає більше енергії.

48. Розрахувати добову потребу у вуглеводах людини масою 120 кг, зайняту важкою працею (комбайнер, вантажник КФА 1,9).

49. Визначте, яку частку енергії задовольняє 472 г спожитих вуглеводів, якщо добова потреба в енергії для чоловіка 40 років, який працює залізничником, – 2950 ккал.

50. З'ясуйте, яку частку енергії задовольняє 304 г спожитих вуглеводів, якщо добова потреба в енергії для жінки років, яка працює контролером, – 1900 ккал.

51. Наведіть схему гідролізу мальтози. Охарактеризуйте хімічні властивості продуктів гідролізу. Визначте напівацетальний гідроксил.

52. Напишіть схеми ацилування й алкілування амілози та схему її повного гідролізу. Обчисліть напівацетальний гідроксил.

53. Наведіть схему гідролізу сахарози. Визначте напівацетальний гідроксил і напишіть реакцію із надлишком фенілгідразину для отриманих сполук.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мороз І.А., Гулай О.І., Шемет В.Я. Харчова хімія : Навчальний посібник. Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2022. 236 с.
2. Харчова хімія : Навчальний посібник. Вип. 42. /О. В. Олабоді. Київ: Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. 2017. 16 с.
3. Харчова хімія: навч. посіб. / В.В. Євлаш, О.І. Торяник, В.О. Коваленко та ін. – Харків: Світ книг, 2012. 504с.
4. Скоробогатий Я.П., Гузій А.В., Заверуха О.М. Харчова хімія : Навчальний посібник. Львів : «Новий Світ -2000», 2020. 514 с
5. Харчова хімія: Навч. посібник / Л.В. Дуленко, Ю.А. Горайнова, А.В. Полякова та ін. Київ: Кондор, 2012. 248 с.

Зміст

Вступ	3
Тема 1. Фізико-хімічні властивості білків	5
Лабораторна робота 1. Виділення білків із харчової сировини	5
Лабораторна робота 2. Якісні реакції на білки й амінокислоти	6
Лабораторна робота 3. Визначення межі висолювання білків	9
Лабораторна робота 4. Осадження білків	10
Лабораторна робота 5. Визначення ізоелектричної точки желатину	14
Лабораторна робота 6. Вплив електролітів різної природи на ступінь набухання желатину	15
Лабораторна робота 7. Дослідження піноутворювальної здатності желатину	16
Лабораторна робота 8. Кількісне визначення білків	17
Типові навчальні задачі й приклади їх розв'язання	19
Завдання для самостійного виконання	24
Тема 2. Фізико-хімічні властивості ферментів	30
Лабораторна робота 9. Окисно-відновні ферменти	30
Лабораторна робота 10. Дослідження властивостей α -амілази	32
Лабораторна робота 11. Дослідження жовчі	38
Завдання для самостійного виконання	38
Тема 3. Фізико-хімічні властивості вуглеводів	39
Лабораторна робота 12. Якісні реакції на вуглеводи	39
Лабораторна робота 13. Виявлення редукуючих вуглеводів	44
Лабораторна робота 14. Вивчення набухання полісахаридів	46
Лабораторна робота 15. Дослідження властивостей крахмалу	46
Лабораторна робота 16. Визначення лактози в молоці рефрактометричним методом	49
Лабораторна робота 17. Йодометричне визначення лактози	50
Лабораторна робота 18. Кріоскопічне визначення молекулярної маси сахарози	52
Типові навчальні задачі й приклади їх розв'язання	54
Завдання для самостійного виконання	55
Список рекомендованої літератури	59