

HB XDUXT



216651

216651

216651

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Т. О. КУЗНЕЦОВА, І. М. ГУРІКОВА

ХАРЧОВА ХІМІЯ

Лабораторний практикум

Навчальний посібник

Частина I

**Харків
2010**

Харківський державний університет
харчування та торгівлі
БІБЛІОТЕКА

УДК 661.11(076.5)
ББК 36.80-1
К-89

Рецензенти:

д-р хім. наук, проф. В. І. Ларін,
канд. техн. наук, доц. В. Б. Байрачний

Рекомендовано до видання вченою радою ХДУХТ, протокол № 9
від 29.04.2010 р.

Кузнецова, Т. О. Харчова хімія [Текст] : лабораторний практикум :
навч. посібник. Ч. 1 / Т. О. Кузнецова, І. М. Гурікова ; Харківський
державний університет харчування та торгівлі. – Х., 2010. – 150 с.
ISBN 978-966-405-153-5

Посібник написано згідно з програмою дисципліни «Харчова хімія»
для студентів напряму підготовки 1401 «Сфера обслуговування» за
спеціальністю 6.140100 «Готельно-ресторанна справа» факультету
менеджменту ХДУХТ.

УДК 661.11(076.5)
ББК 36.80-1

© Кузнецова Т. О., Гурікова І. М., 2010
© Харківський державний університет
харчування та торгівлі, 2010
ISBN 978-966-405-153-5

ПЕРЕДМОВА

Харчова хімія – це наука про хімічний склад харчових систем (сировина, напівфабрикати, готові харчові продукти), його перетворення у ході технологічного потоку під впливом різноманітних факторів (фізичних, хімічних, біохімічних та ін.). Вона вкючає вивчення взаємозв'язку структури та властивостей харчових речовин та його вплив на властивості та харчову цінність продуктів харчування.

Харчова хімія охоплює розділи неорганічної, фізичної та колоїдної, органічної хімії та біохімії, знання яких необхідне для підготовки висококваліфікованих бакалаврів за професійним спрямуванням «Готельно-ресторанна справа». Формування у студентів сучасних уявлень про основні хімічні речовини, що входять до складу харчових продуктів, та основні хімічні, фізико-хімічні та біохімічні перетворення цих речовин під час зберігання продуктів, технологічної обробки та в процесі харчування – є метою викладання дисципліни «Харчова хімія».

Лабораторний практикум дає можливість студентам перевірити теоретичні знання на практиці і набути вмінь та навиків роботи на наукових приладах, опанувати основними методами дослідження, залучитися до наукових експериментів. Оволодіння класичними методами хімічного аналізу дозволить майбутнім спеціалістам своєчасно і грамотно оцінити результати аналізу під час дослідження харчових систем.

Навчальний посібник «Харчова хімія. Лабораторний практикум. Частина І» укладений відповідно до робочої програми з дисципліни «Харчова хімія» і охоплює матеріал першого модуля «Загальнотеоретичні основи харчової хімії. Загальна характеристика основних компонентів харчових продуктів».

Лабораторний практикум містить 8 розділів. Перший розділ присвячений знайомству з правилами техніки безпеки при роботі у хімічній лабораторії, лабораторним посудом, обладнанням та приладами, які часто використовуються у лабораторному дослідженні. Наведені будова, техніка зважування на вагах ВЛК-500-гМ, ВЛР-200, правила роботи на фотоелектрокалориметрі КФК-2, рефрактометрі РЛ-2.

Більшість харчових систем є дисперсними системами, тому у третьому розділі посібника наведено класифікацію дисперсних систем, їх властивості та методи одержання. До високомолекулярних сполук (ВМС) відносяться білки, полісахариди та інші цінні харчові компоненти, саме

тому четвертий розділ містить загальну інформацію про класифікацію та властивості ВМС. У другому та у розділах від п'ятого до восьмого наведено теоретичні аспекти – властивості, харчова цінність, перетворення під час зберігання, технологічної обробки, основні представники мінеральних речовин, харчових кислот, амінокислот, білків, вуглеводів, ліпідів.

У лабораторному практикумі наведено 15 лабораторних робіт, виконання яких буде сприяти формуванню вмінь та навичок, необхідних для використання класичних методів хімічного аналізу у практичній діяльності.

Наприкінці кожного розділу приведено контрольні завдання, за допомогою яких студенти можуть закріпити свої знання з кожної теми. Завдання містять теоретичні запитання, задачі, умови хімічних перетворень.

Списки використаної та рекомендованої літератури наведено наприкінці навчального посібника.

РОЗДІЛ I

ТЕХНІКА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1.1. Правила техніки безпеки при роботі у хімічній лабораторії та надання першої допомоги

Загальні правила

Робота у хімічній лабораторії пов'язана з деякою небезпекою, оскільки більшість речовин, до певної міри, отруйні, вогне- та вибухонебезпечні.

Щоб запобігти нещасним випадкам, необхідно дотримуватися загальних правил, незалежно від того, який експеримент проводиться:

1. Працювати одному у лабораторії категорично забороняється, оскільки у разі нещасного випадку нікому буде надати допомогу потерпілому і ліквідувати наслідки аварії.

2. Під час роботи у лабораторії необхідно дотримуватися чистоти, тиші, порядку і правил техніки безпеки, оскільки поспішність, неохайність часто призводить до нещасних випадків з важкими наслідками.

3. Кожний працюючий мусить знати, де у лабораторії знаходяться засоби пожежного захисту та аптечка з повним комплектом засобів для надання першої допомоги.

4. Категорично заборонено у лабораторії палити, вживати їжу, пити напої.

5. Не можна приступати до роботи, не засвоївши усієї техніки її виконання.

6. Досліди проводяться лише у чистому, підготовленому для експерименту посуді. Після закінчення експерименту посуд знову вимивають.

7. Необхідно дотримуватися обережності при роботі з хімічними реактивами, не допускати їх потрапляння на шкіру обличчя та рук, оскільки більшість з них викликають подразнення шкіри та слизових оболонок.

8. Категорично заборонено розпізнавати реактиви за смаком. Запах речовин, при необхідності, встановлюють, направляючи на себе пари чи газу легкими рухами руки, а не вдихаючи їх повними грудьми.

9. На посуді, де зберігаються реактиви, повинні бути етикетки з назвами речовин.

10. Склянку з твердими речовинами чи розчинами необхідно брати однією рукою за шийку, а іншою знизу підтримувати дно.

11. Категорично заборонено втягувати ротом у піпетки розчини речовин.

12. Під час нагрівання рідких та твердих речовин у пробірках та колбах необхідно направляти їх отвори від себе. Зазирати зверху у відкриту посудину, яку нагрівають, заборонено, щоб запобігти травмуванню при можливому викиді гарячої маси.

13. Категорично заборонено виливати у раковину концентровані кислоти та луги, а також різні органічні речовини, з різким запахом та вогнебезпечні. Усі ці відходи необхідно зливати у спеціальний посуд.

14. У кожній хімічній лабораторії повинні бути засоби протипожежного захисту: ящик з просіяним піском та совком до нього, протипожежна ковдра, заряджені вогнегасники.

15. Аптечка з засобами для надання першої медичної допомоги повинна знаходитися на доступному місці та вміщувати розчини таніну (у спирті), калію тетраоксоманганату ($KMnO_4$), боратної кислоти (H_2BO_3), натрій гідроген карбонату ($NaHCO_3$), спиртовий розчин йоду (I_2), вату, бинт, пластр, мазі від опіків.

Правила роботи з хімічними речовинами

1. Усі роботи з концентрованими кислотами та лугами необхідно проводити у витяжній шафі або у захисних окулярах або масках.

2. Кислоти і луги не можна зтягувати ротом у піпетки.

3. Розбавлення сірчаної (сульфатної) кислоти проводять, додаючи її невеликими порціями у термостійкий посуд з водою, а не навпаки, тому що це може призвести до інтенсивного розбризкування небезпечної речовини.

4. Розчинення гідроксидів натрію або калію здійснюють додаючи речовину до води невеликими порціями. Шматки лугу можна брати лише щипцями, а не руками.

5. Роботу з бромом проводять у витяжній шафі з напіввідчиненими шторками у гумових рукавичках, захисних окулярах або масці. Бром сильно впливає на слизові оболонки та при попаданні на шкіру викликає

опіки, які довго не загоюються. У крапельній лійці може знаходитися не більше 10 мл брому!

6. При роботі з металічним натрієм або калієм необхідно дотримуватися особливої обережності. Не допускати їх контакту з водою і з галогеновмісними сполуками.

Усі роботи проводять під тягою на значній відстані від водопровідних кранів та інших джерел води. Виймають металічний натрій для роботи із банки лише пінцетом або щипцями. Відрізають ножом необхідну кількість натрію на сухому фільтрувальному папері і відразу вміщують у склянку під шар гасу, толуолу, ксилолу, сухого етеру. У реакцію реактив вводиться маленькими шматочками. Усі залишки після проведення досліду заливають технічним етиловим спиртом.

7. Досліди з легкозаймистими речовинами (етер, петролейний етер, ацетон, сірковуглець, бензол та ін.) проводять на відстані від вогню та ввімкнених електроприладів. Нагрівати легкозаймісті речовини можна лише на попередньо нагрітій водяній бані, у колбі, яка забезпечена водяним холодильником, на відстані від нагрівальних приладів. Не можна випарювати горючі рідини у відкритих посудинах. Не можна виливати їх у каналізацію, відра або ящики для сміття з метою запобігання пожежі. Не можна здійснювати перегонку досуха, оскільки багато речовин утворюють вибухонебезпечні пероксиди під час зіткнення з повітрям.

Перша допомога у разі опіків та отруєнні

1. При термічних опіках негайно роблять рясну примочку спиртовим розчином таніну, етанолом або розчином калію тетраоксоманганату.

2. При опіках кислотами необхідно відразу ж промити уражене місце великою кількістю води, 3%-ним розчином натрію гідроген карбонату і потім водою.

3. При опіках їдкими лугами добре і рясно промити уражене місце проточною водою, потім розведеним розчином оцтової кислоти, а після знову великою кількістю води.

4. Якщо велика кількість кислоти або лугу потрапила в очі, необхідно відразу ж їх промити. Для цього направляють невеликий струмінь води в одне, а потім в друге око протягом 3 – 5 хв. Потім очі необхідно негайно промити (у випадку попадання кислоти) розчином

натрію гідроген карбонату, або розчином (у випадку лугу) боратної кислоти. Після чого негайно звернутися до лікаря!

5. При опіках фенолом уражене місце обробляють спиртом.

6. При опіках шкіри бромом його швидко вимивають спиртом або розчином лугу. Після чого уражене місце змазують спеціальною маззю від опіків. При вдиханні парів потрібно глибоко подихати над спиртом, а потім вишити молоко та вийти на повітря.

1.2. Лабораторний хімічний посуд, обладнання та прилади

В хімічних лабораторіях використовують скляний і порцеляновий посуд. Скляний посуд, як правило, виготовляють із спеціального скла, яке стійке до дії хімічних реагентів (окрім гідроген флуориду та розплавлених лугів), і має невеликий коефіцієнт лінійного розширення. Посуд зі скла зручний – він прозорий, добре мисться і висихає, легко піддається хімічній обробці. Основний недолік скляного посуду – це його висока крихкість.

Хімічні стакани виготовляються з термостійкого скла і бувають різної місткості (від 50 до 1000 мл) (рис.1.1). Вони часто використовуються для випарювання, фільтрування, приготування розчинів.

Колби – основний лабораторний посуд. Колби бувають конічні (рис.1.2.а), плоскодонні (рис.1.2.б), круглодонні (рис.1.2.в), з бічним відводом (колби В'юрца) (рис.1.2.г) та інші. Колби В'юрца використовують для перегонки різних речовин.



Рис. 1.1. Хімічний стакан

Рис. 1.2. Колби:

а – конічна, б – плоскодонна,
в – круглодонна, г – колба В'юрца.

Склянки з притертими пробками використовуються для різних робіт в хімічній лабораторії, а також для зберігання реактивів (рис.1.3). Склянки виготовляються з прозорого і темного скла, з широким або вузьким горлом.

Для різних лабораторних дослідів (якісного аналізу, відбору проб та ін.) використовують пробірки (рис.1.4), для розташування яких застосовують спеціальний штатив (рис.1.5).

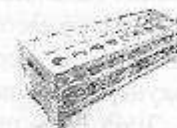
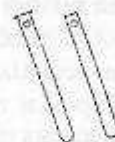


Рис. 1.3. Склянка з притертою пробкою Рис. 1.4. Пробірки Рис. 1.5. Штатив для пробірок

Для речовин, які під час досліду треба додавати по краплям (наприклад, індикатори) використовують крапельниці, які можуть бути різного виду (рис.1.6).

Ексикатори (рис.1.7) – це ємкості з кришками, краном або без нього, які використовуються для висушування речовин під вакуумом при кімнатній температурі а також для зберігання речовин під час проведення лабораторних робіт.

При роботі в лабораторії використовують пінцети (рис.1.8), для відбору сипучих речовин – шпатель (рис.1.9).

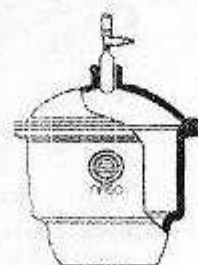
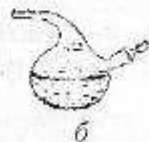
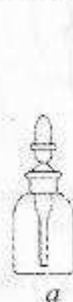


Рис. 1.6. Крапельниця

Рис. 1.7. Ексикатор

Рис. 1.8. Пінцет Рис. 1.9. Шпатель

Для аналітичних робіт використовується спеціальний мірний посуд (мірні колби, циліндри, піпетки, бюретки) (рис.1.10). Для приготування розчинів з точною заданою концентрацією, розведення розчинів тощо, використовують мірні колби (рис.1.10.а). За допомогою мірних циліндрів (рис.1.10.б) відміряють певний об'єм рідини. На боковій поверхні циліндру нанесена шкала, за допомогою якої можна відібрати різні об'єми рідини. Піпетки (рис.1.10.в) використовуються для точного відмірювання невеликих об'ємів рідини. Бюретки (рис.1.10.г) застосовують для точного відмірювання невеликих кількостей рідини і для титрування.

Для правильного наповнення піпетки або бюретки меніск рідини встановлюють так, щоб площина верхнього краю або центру нульової лінії градування піпетки або бюретки співпадала з нижньою точкою меніску. Лінія зору при цьому повинна знаходитися у тій же площині (рис.1.11). Для визначення рівня рідини у бюретці під час титрування відмічають ту лінію градування бюретки, центр якої співпадає з нижньою точкою меніску рідини.

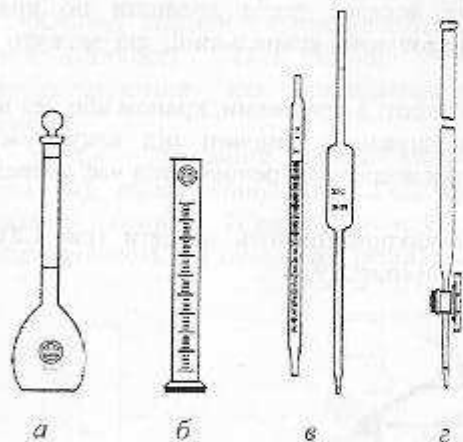


Рис. 1.10. Мірний посуд:

а – колба, б – циліндр, в – піпетки, г – бюретка.

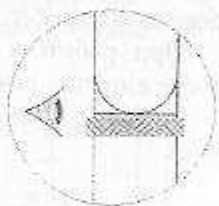


Рис. 1.11. Визначення положення меніску рідини

Для переливання рідин і фільтрування при атмосферному тиску використовують конічні скляні лійки (рис.1.12);

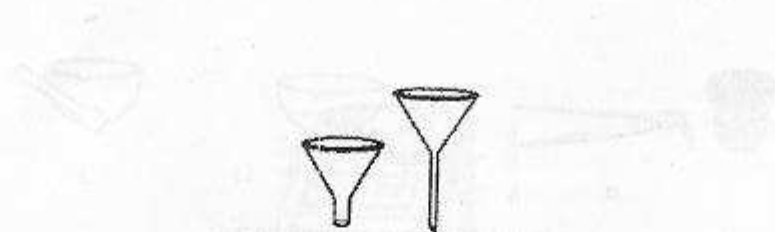


Рис. 1.12. Конічні лійки

Для фільтрування виготовляють складчастий фільтр із кружечка фільтрувального паперу (рис.1.13). Завдяки складкам папір не прилягає щільно до поверхні лійки і це забезпечує добре фільтрування через нього.

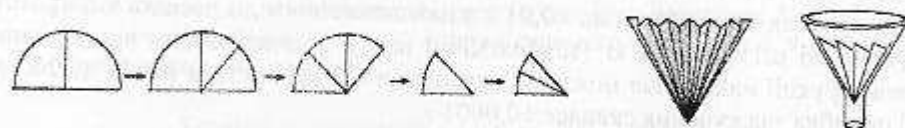


Рис. 1.13. Порядок виготовлення складчастого фільтру

До лабораторного приладдя відносяться штативи (рис.1.14), лапки (рис.1.14.а), кільця (рис.1.14.б), затискувачі (рис.1.14.в).

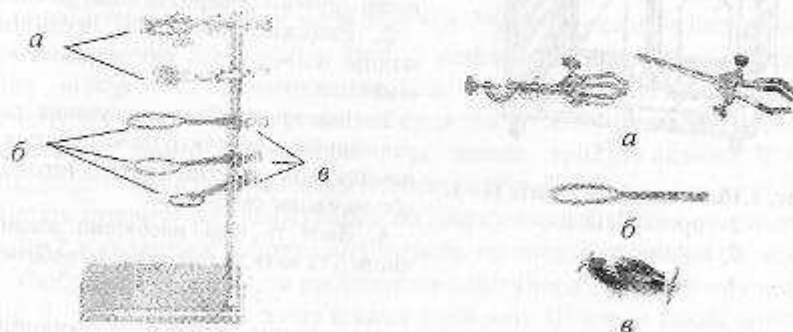


Рис. 1.14. Лабораторний штатив: а – лапки, б – кільця, в – затискувачі

Серед порцелянового посуду, який використовується у лабораторії слід відзначити тиглі (рис.1.15.а), чашки (рис.1.15.в), ступки з товкачками (рис.1.15.г).



Рис. 1.15. Порцеляновий посуд:

a – тигель з металічними щипцями, *б* – чашка, *в* – ступка з товчачиком.

Для визначення маси речовини з хімічної лабораторії використовують ваги. В залежності від потрібної точності використовують технічні, технохімічні (рис.1.16, рис.1.17) або аналітичні ваги (рис.1.18). Технічні і технохімічні ваги дозволяють проводити зважування з похибкою до $\pm 0,01$ г з навантаженням до десятка кілограмів (технічні ваги) і до 1 кг (технохімічні ваги). У аналітичних вагах різної конструкції найбільше можливе навантаження змінюється від 20 до 200 г, і похибка зважування складає $\pm 0,0001$ г.

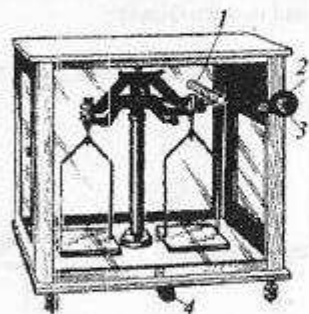


Рис. 1.16. Технохімічні ваги ТІ-1:

- 1 – дратяні кільця;
- 2, 3 – лімби;
- 4 – аретир.

При зважуванні на технохімічних вагах слід обов'язково виконувати правила, які гарантують правильність зважування:

1. Всі маніпуляції з предметом та гирями можна проводити тільки при аретированих вагах (ручка 4 повернута вліво до кінця).
2. Неможливо зважувати предмети, які мають температуру, що відрізняється від кімнатної.
3. Неможливо робити зважування сипучих речовин безпосередньо на чашці вагів – слід поміщати їх у сухий стакан, тигель, бюкс або на часове скло.
4. Ваги та гири необхідно зберігати в чистоті та завжди готовими до роботи.

Для швидкого та точного зважування зручні у використанні квадратні ваги з повним механічним навантаженням гир. Зовнішній вигляд однієї з моделей таких вагів представлений на рис. 1.17.

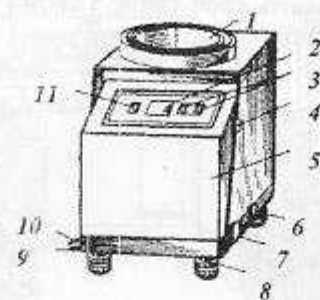


Рис. 1.17. Технохімічні ваги ВЛК-500-гМ:

1 – чашка; 2 – екран; 3, 11 – віконця; 4 – ручка діляльного пристрою; 5 – передня панель; 6 – ручка регулювання нуля; 7 – ручка гирьового механізму; 8, 9 – гвинти для установки ніжок; 10 – тумблер.

Техніка зважування на вагах ВЛК-500-гМ.

1. Перевірте установку вагів по рівню 9, який знаходиться з лівого боку від вагів. При необхідності положення вагів відрегулюйте гвинтами для установки ніжок 8.
2. За допомогою шнура приєднайте ваги до електромережі та увімкніть тумблер 10.
3. При ненавантаженій чашці вагів 1 ручки 7 та 4 обережним поворотом встановіть в таке положення, щоб у вікнах 2, 3 та 11 була цифра 0 (повна відсутність навантаження на вагах). У цьому положенні перевірте нульову відмітку: риска нуля по шкалі у віконці 2 повинна знаходитися точно посередині між двома трикутниками. У разі необхідності зробіть це шляхом повертання ручки 6.
4. Помістіть предмет для зважування на чашку вагів 1. Якщо при цьому у віконці 2 з'являється зображення шкали, то оперуйте тільки рукою 4. Якщо зображення немає, за допомогою повільного обертання ручки 7, а потім 4, добийтеся з'явлення шкали у віконці. Шляхом таких операцій знайдіть положення, при якому мітка навпроти якого-небудь числа у віконці 2 встановлюється точно посередині між двома трикутниками нульової позначки.
5. Запишіть величину ваги, яка складається з: 1) показнику у віконці 11 (сотні грамів), 2) показнику у віконці 2 (десятки та одиниці грамів), 3) показнику у віконці 3 (десяті та соті частки граму).

Аналітичні ваги бувають двох типів: з двома чашками (рис.1.18а) та з однією чашкою (рис.1.18б).

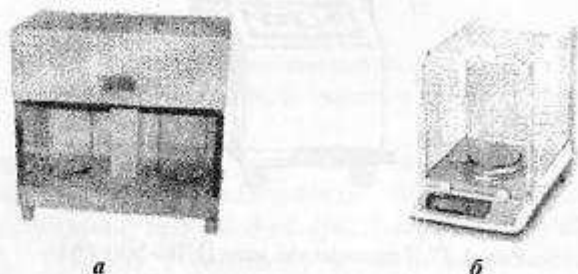


Рис. 1.18. Аналітичні ваги: а – ВЛР-200, б – HR-300i.

На сьогоднішній день лабораторні ваги ВЛР-200 (рис.1.18а) широко використовуються, не дивлячись на те, що на їх зміну вже прийшли сучасні електронні аналітичні ваги (рис.1.18б).

Для того щоб, одержати правильні результати при зважуванні на ВЛР-200 та не вивести зі строю ваги, необхідно виконувати ряд правил:

1. Перед початком зважування перевірте стан вагів і встановіть нульову відмітку так, як це описано у вказівках по техніці зважування.
2. Предмет для зважування та гирі поміщайте на чашки вагів, а також знімайте їх тільки при закритому аретирі. Відкривати і закривати аретир треба повільно і плавно!
3. Предмет та гирі поміщайте у центр чашки. Неможна зважувати предмет, який має температуру, що відрізняється від кімнатної. Гирі беріть тільки пінцетом і ставте не на робочій стіл, а тільки на ваги або футляр, де вони зберігаються.
4. Неможна зважувати вологі та брудні предмети. Сипучі речовини для зважування повинні бути тільки у бюксі, стаканчику або на часовому склі. Рідини, які виділяють пари, а також гігроскопічні речовини зважуйте у закритому бюксі.
5. Усі зважування при виконанні конкретної роботи слід проводити на одних і тих же вагах із застосуванням одного і того ж набору гир.

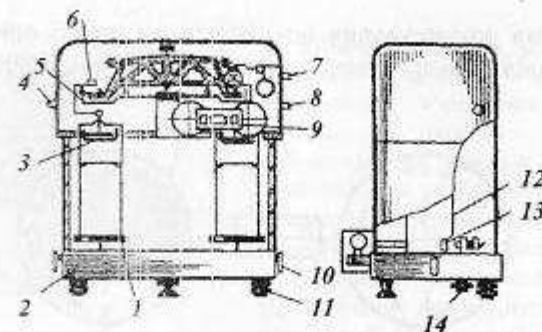


Рис. 1.19. Аналітичні ваги ВЛР-200:

1 – чашки; 2 – основа; 3 – демпфери; 4 – ручка для регулювання нульового положення шкали; 5 – призми; 6 – серга; 7 – ручка гирьового механізму; 8 – ручка для установки відліку; 9 – екран; 10 – ручка вмикання; 11 – гвинти для установки рівня основи; 12 – стрілка; 13 – шкала; 14 – ручка для настроювання чіткості зображення шкали.

Техніка зважування на вагах ВЛР-200.

1. Перед початком роботи ручкою 8 (рис.1.19) диск ділильного пристрою встановіть на відмітку «00» та ручкою 4 введіть нульову відмітку шкали у відлікову відмітку екрану 9, яка зображена у вигляді двох трикутників.
2. Увімкніть ваги у мережу через трансформатор.
3. Помістіть предмет для зважування на ліву чашку вагів і урівноважте його накладними гирями з набору, а потім – вбудованими гирями, які навішують ручкою 7. Обов'язково треба пам'ятати, що гирі додають тільки при вимкнених вагах, а потім знову повільним повертанням ручки 10 вводять ваги у робочій стан.
4. При правильно підбраній вазі гир, після аретирування (увімкнення) вагів на екрані повинно з'явитися зображення шкали. Якщо воно не попадає на екран, повільно аретируйте ваги ручкою 10 і змініть масу гир шляхом зняття або навішування накладних або вбудованих гир. Коли зображення шкали буде на екрані 9, зніміть показання. На екрані 9 знімаються величини по лімбу гирьового механізму (ліве віконце), по шкалі (середня частина екрану) і по диску ділильного пристрою (праве

вікно). Схема розташування показників на екрані приведена на рис. 1.20. У відповідності зі схемою величина на екрані дорівнює $0,62535 \text{ г}$.

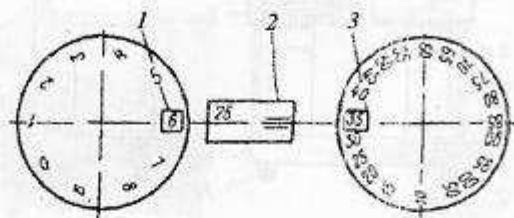


Рис. 1.20. Схема розташування показників на екрані вагів ВЛР-200:

- 1 – відлік по лімбу гирьового механізму; 2 – відлік по шкалі;
3 – відлік по диску діляльного пристрою.

5. Після закінчення зважування ваги аретируйте, зніміть навантаження з обох чашок і ручками 7 і 8 виведіть механізми на нульові відмітки, після чого ваги вимикають із мережі.

Для кількісного визначення речовин в забарвлених розчинах за їх оптичною густиною або коефіцієнтом світлопропускання у діапазоні хвиль 315 – 980 нм використовують фотоселектричні колориметри. До однієї з розповсюджених моделей відноситься КФК-2 (рис. 1.21).

У фотоколориметричному методі дослідження використовується монохроматичне світло різної довжини хвилі. Для перетворення поліхроматичного світла у монохроматичне застосовуються світлофільтри. У КФК-2 є набір з 11 світлофільтрів. Для вибору світлофільтру треба знати спектр поглинання досліджуємої речовини. При виборі світлофільтру оптимальною довжиною хвилі буде та, при проходженні якої через розчин для дослідження оптична густина буде максимальною.

У наборі з колориметром іде набір кювет, які відрізняються відстанню між робочими гранями, через які проходить світловий потік. Ця відстань вказана (у мм) на одній з робочих граней. У набір входять кювети з товщиною шару досліджуемого розчину від 1 до 50 мм. Підбір кювет відбувається так, щоб оптична густина розчину була у межах 0,15 – 0,7. На боковій стінці кювети є мітка, до рівня якої необхідно наливати рідину. При роботі із летючими розчинами кювети закривають спеціальними кришками.

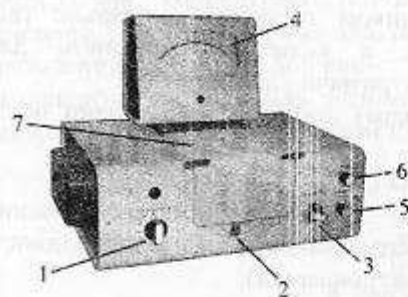


Рис. 1.21. Схема будови КФК-2:

- 1 – ручка вибору світлофільтру;
2 – ручка переміщення кювет у кюветному відділенні;
3 – ручка вмикання чуттєвості фотоприймачів;
4 – мікроамперметр з двома шкалами: за верхньою вимірюють коефіцієнт світлопропускання, за нижньою – оптичну густина розчину;
5 – ручка «грубого» налаштування мікроамперметру;
6 – встановлення «точної» настройки мікроамперметру;
7 – кришка кюветного відділення.

КФК-2 містить оптичний блок (передня частина пристрою), де знаходиться освітлювач, світлофільтр, оптика, кюветне відділення, фотометричний пристрій і реєструючий пристрій, та блок живлення (задня частина), де розташований стабілізатор напруги та силовий трансформатор.

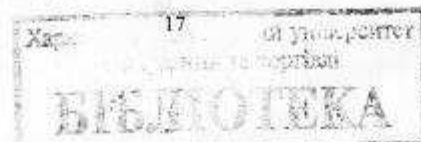
Джерелом світла є галогенова лампа. Приймачами випромінювання є фотоеlement Ф-26 для роботи у діапазоні хвиль 350-540 нм та фотодіод ФД-24К для роботи у спеціальному діапазоні 590-980 нм.

Світловий потік лампи за допомогою спеціальних пристроїв конденсується, підсилюється і приходить через світлофільтр, кювету із розчином для дослідження і падає на приймач випромінювання. При цьому світлове випромінювання перетворюється на електричні сигнали, які подаються на пристрій вимірювання. Показники мікроамперметру пропорційні світловому потоку, який проходить через розчин для дослідження.

Правила роботи на КФК-2.

Підготовка пристрою до роботи.

1. Встановіть потрібний світлофільтр (ручка 1).
2. Ручку 3 (чуттєвість фотоелементу) встановіть на цифру 1 відповідного світла: при роботі в діапазоні хвиль 315 – 540 нм чуттєвість позначена цифрами чорного кольору, в діапазоні 590 – 980 нм – червоного кольору.
3. Перевірте, щоб мікроамперметр був вимкнений (ручки 5 і 6 повинні бути повернені до кінця вліво).
4. Прибор увімкніть у мережу (тумблер, розташований на задній стінці у лівому нижньому куті, переключіть в положення «вкл»). При цьому загоряється лампочка.
5. Прибор прогрійте протягом 15-20 хвилин.



Вимірювання оптичної густини розчину.

1. Кювету с контролем або розчинником помістіть у дальнє (від дослідника) гніздо кюветотримача, а кювету з розчином для дослідження – у ближнє гніздо кюветотримача.
2. Кювету с контролем (або розчинником) помістіть у світловий потік поворотом ручки 2 до кінця вліво.
3. Закрийте кришку кюветного відділення (7).
4. Встановіть стрілку мікроамперетру на 0 за нижньою шкалою поворотом ручки 5 («грубого» настроювання). В разі необхідності скористайтеся ручкою 6 («точного» настроювання).

Завершення роботи на приборі.

1. Реактиви з кювет вилийте.
2. Кювети ополосніть дистильованою водою и поставте у чашку Петрі догори денцем (кювети необхідно ополіскувати тільки після повного завершення роботи або методики, у перервах між окремими вимірюваннями цього робити не треба).
3. Прибор вимкніть за допомогою тумблера (тумблер, розташований на задній стінці у лівому куті, переключіть в положення «викл») і вимкніть із мережі.
4. Кришку кюветного відділення закрийте.

При роботі на КФК-2 треба пам'ятати:

1. Перед вмиканням прибору у мережу перевірте заземлення.
2. Не залишайте прибор увімкненим без необхідності.
3. Слідкуйте за чистотою прибору, не проливайте реактиви.
4. Не хлопайте кришкою кюветного відділення.
5. Дуже обережно працюйте з кюветами, не подряпайте поверхню, протирайте тільки чистою марлею або фільтрувальним папером.
6. При заміні світлофільтру роботу продовжуйте не раніше ніж через 5 хвилин. Перед переключенням світлофільтрів і заміні кювет в кюветотримачі мікроамперетр треба вимкати (ручки 5 та 6 повинні знаходитися у крайньому лівому положенні).

У лабораторному практикумі для аналізу складу речовин використовуються рефрактометричні методи. Рефрактометрія основана на вимірюванні показника заломлення речовини, який залежить від

температури, концентрації розчину та довжини хвилі світла. Кожна речовина у суміші зберігає властивість до заломлення світла і показник заломлення суміші дорівнює сумі показників заломлення усіх компонентів суміші. Для визначення величин показників заломлення використовують прибори рефрактометри (рис.1.22).

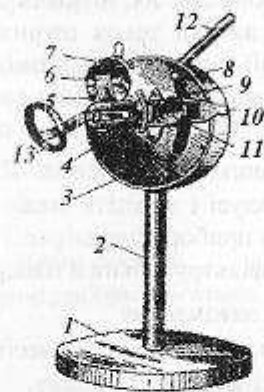


Рис. 1.22. Схема будови рефрактометра РЛ-2:

1 – основа; 2 – колонка; 3 – корпус; 4 – дисперсійний лімб для прибирання спектрального забарвлення світлотілі; 5 – камера призми для вимірювання; 6 – шарнір для постання призми; 7 – призма для освітлення; 8 – отвір для регулювання шкали; 9 – шкала; 10 – ручка; 11 – окуляр; 12 – термометр; 13 – дзеркало для відбиття.

Робота рефрактометра основана на явищі повного внутрішнього відбиття на межі розподілу двох середовищ, з яких одне має більшу густину. Рефрактометр містить дві призми – одна для вимірювання, виготовлена з оптичного скла з високим відомим показником заломлення, інша для освітлення. Одна з граней призми для вимірювання є межею розподілу, де відбувається заломлення і повне внутрішнє відбиття. Рефрактометри показують безпосередньо показник заломлення. Рефрактометр РЛ-2 має дві шкали: одна показує величину показника заломлення у межах 1,33 – 1,54, інша – кількість сухої речовини. Рефрактометр на нуль виставляють при 20°C.

Правила роботи на рефрактометрі РЛ-2.

Підготовка прибору до роботи.

1. Для перевірки нульової точки прибору на відкриту нижню призму нанесіть 1 – 2 краплини дистильованої води і закрийте верхню призму.
2. Промінь світла спрямуйте дзеркалом 13 на призму для освітлювання, встановіть окуляр ручкою 10 на чіткість зидимості за шкалою 9 і візирної лінії, яка має вигляд трьох штрихів. Окуляр перемістіть до співпадіння візирної лінії з межею світлотіні.
3. При правильній установці прибору межа світлотіні при 20°C повинна співпадати з нульовою відміткою шкали сухих речовин і відміткою $n_D^{20} = 1,333$ шкали показників заломлення. Якщо вони не співпадають, відкрутіть гайку на корпусі і змістіть межу світлотіні до співпадіння. Правильність установки прибору перевірте 2 – 3 рази.
4. Призми насухо витріть фільтрувальним папером або сухою марлею.

Вимірювання показника заломлення.

1. На площину призми для вимірювання нанесіть 2 – 3 краплини речовини для дослідження і опустіть верхню призму.
2. Спостерігайте в окуляр і шляхом обертання ручки 10 сфокусуйте поле зору, приборіть розмитість і райдужність забарвлення межі світлотіні.
3. Пересуньте окуляр, щоб добитися повного співпадіння межі світлотіні з візирною лінією. Відмітьте значення показника заломлення за лівою шкалою рефрактометру.
4. Після закінчення роботи призми промийте і насухо витріть фільтрувальним папером або сухою марлею.
5. Після закінчення роботи призми промийте і насухо витріть фільтрувальним папером або сухою марлею.

1.3. Правила оформлення лабораторної роботи

При виконанні лабораторної роботи студент повинен вести лабораторний журнал, у якому записуються всі спостереження під час виконання експерименту, розрахунки, одержані результати та рівняння хімічних реакцій.

До виконання експерименту студент повинен вдома ознайомитися з основними положеннями розділу до якого відноситься лабораторна робота, опрацювати лекційний матеріал з цієї теми, письмово оформити

методику виконання лабораторної роботи, записати необхідні рівняння хімічних реакцій, основні формули для розрахунків, якщо вони потрібні у цій роботі.

Схема оформлення лабораторної роботи має такий вигляд:

Лабораторна робота № _____

Назва лабораторної роботи: « _____ »

Ціль роботи: _____

Дослід № _____ Назва досліду _____
(якщо лабораторна робота містить декілька дослідів)

Техніка виконання

Рівняння реакцій _____

Спостереження _____

Основні формули. Розрахунки та результати розрахунків (можуть оформлюватися у вигляді таблиці) _____

Висновки (наприкінці лабораторної роботи) _____

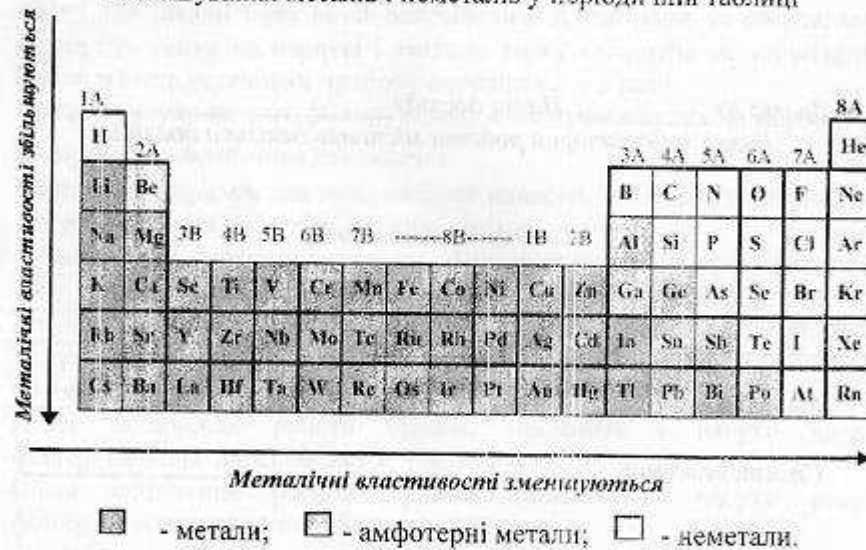
РОЗДІЛ 2

МІНЕРАЛЬНІ РЕЧОВИНИ

В залежності від електронної будови атомів усі елементи поділяються на метали і неметали. Більшість елементів у періодичній системі Д.І. Менделєєва характеризуються металічними властивостями (табл. 2.1.). Деякі з елементів мають амфотерні властивості.

Таблиця 2.1.

Розташування металів і неметалів у періодичній таблиці



Багато елементів у складі мінеральних солей у вигляді іонів, комплексних сполук і органічних речовин входять до складу живих тканин і повинні щодобово вживатися з їжею. Якщо масова частка елемента в організмі більша ніж 10^{-2} %, то такі елементи відносять до макроелементів. Макроелементами є неметали С, Н, О, N, S, P, Cl і метали Са, К, Na, Mg. Усі біологічні системи складаються у більшості з водню, кисню, карбону, нітрогену, фосфору і сульфуру. Натрій в основному міститься у позаклітинних рідинах, а калій і магній – у

внутриклеточных жидкостях. Кальций преимущественно концентрируется в костной и зубной тканях.

До мікроелементів, кількість яких в організмі коливається у межах 10^{-3} – 10^{-5} %, відносяться неметали I і F та метали Fe, Mn, Cu, Co, Cr, Zn і Mo. Роль цих металів у біологічних системах обумовлена їх властивістю утворювати комплексні сполуки з різноманітними лігандами. Багато ферментів, які виконують в організмі роль каталізаторів, функціонують завдяки наявності у них іонів цих металів. Мікроелементи входять до складу ферментів, гормонів, вітамінів, біологічно активних речовин, які приймають участь в обміні речовин, тканинному диханні, процесах розмноження і знешкодження токсичних речовин. Мікроелементи активно впливають на процеси кровотворення та окиснення-відновлення.

Забруднення навколишнього середовища сполуками важких металів таких, як Cd, Hg, Pb, Ni може викликати тяжке отруєння людини. Токсичність сполук таких металів часто обумовлена властивістю катіонів цих металів утворювати більш міцні комплекси з біоорганічними лігандами, ніж комплекси, утворені Cu, Zn, Fe та іншими перехідними металами, які відносяться до мікроелементів.

Наявність того чи іншого іону елемента (металу або неметалу) у будь-якій досліджуваній системі можна визначити завдяки здатності іонів цих елементів до різного роду хімічних перетворень. Методи для визначення якісного та кількісного складу об'єктів дослідження розглядаються в аналітичній хімії. Для якісного аналізу речовин використовуються методи, в основі яких лежать хімічні реакції, що перебігають у розчинах і супроводжуються утворенням осадів, забарвлених сполук або газів. Тобто, має місце будь-який прояс хімічних властивостей речовини (аналітичний сигнал), який і дозволяє підтвердити наявність цієї речовини у складі досліджуваного об'єкту.

Якісне визначення іонів у розчинах можна виконувати за допомогою *дробового методу* аналізу, якщо склад досліджуваного об'єкту в цілому відомий, але необхідне підтвердження наявності того чи іншого компоненту або виявлення домішок. Для більш детального та точного встановлення складу краще використовувати *систематичний метод* аналізу. У цьому методі суміш іонів розділяють на окремі групи, а потім за допомогою аналітичних реакцій виявляють окремі іони. В систематичному методі аналізу використовується груповий реагент, який дає подібні реакції з цілою групою іонів. Наприклад, за допомогою

хлорид-іонів Cl^- з водних розчинів осаджують катіони Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+} у вигляді суміші осадів хлоридів – AgCl , HgCl_2 , PbCl_2 . В результаті осаджується вся група катіонів, після чого за допомогою тих чи інших реакцій розділяють і відкривають окремі катіони.

В залежності від застосування тих чи інших групових реагентів сформувалися різні хімічні методи якісного аналізу (класифікації) катіонів: сірководневий (сульфідний), аміачно-фосфатний, кислотно-основний та ін. В основу тієї або іншої аналітичної класифікації катіонів по групах покладено відношення катіонів елементів до дії аналітичних реагентів і звертається увага на властивості продуктів реакцій (розчинність у воді, кислотах, лугах, розчинах різних речовин, здатність до комплексоутворення, окисно-відновні властивості). У таблиці 2.2. наведена класифікація катіонів за кислотно-лужною схемою аналізу

Таблиця 2.2.

Класифікація катіонів за кислотно-лужною схемою аналізу

Номер групи	Катіони	Груповий реагент	Сполуки, що утворюються	Характеристика групи
1	Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+}	HCl	AgCl , HgCl_2 , PbCl_2	Хлориди нерозчинні у воді та розведених кислотах
2	Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+}	H_2SO_4	CaSO_4 , BaSO_4 , SrSO_4	Сульфати нерозчинні у воді та розведених кислотах
3	Zn^{2+} , Al^{3+} , Sn^{2+} , Sn^{4+} , As^{3+} , As^{5+} , Cr^{3+}	NaOH , H_2O_2	$\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$, $\text{Al}(\text{OH})_4^-$, $\text{Sn}(\text{OH})_6^{2-}$, CrO_4	Гідроксиди розчинні у надлишку лугу
4	Mg^{2+} , Sb^{3+} , Sb^{5+} , Bi^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+}	NH_3 , H_2O_2	HSbO_3 , $\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{MnO}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Гідроксиди нерозчинні у надлишку лугу
5	Cu^{2+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Hg^{2+} , Ni^{2+}	NH_3 , H_2O_2	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_6$, $\text{Cd}(\text{NH}_3)_6$, $\text{Co}(\text{NH}_3)_6$, $\text{Hg}(\text{NH}_3)_6$, $\text{Ni}(\text{NH}_3)_6$	Гідроксиди розчинні у надлишку амоніаку
6	K^+ , Na^+ , NH_4^+	Немає	–	Хлориди, сульфати, гідроксиди розчинні у воді

Метою аналітичного дослідження може бути не тільки встановлення якісного складу об'єкту, але й визначення кількісного вмісту того чи іншого з його компонентів. Кількісний аналіз поділяється на *гравіметричний (ваговий)* та *об'ємний (титриметричний)* аналізи.

Гравіметричний метод аналізу полягає у виділенні складового компоненту у чистому вигляді та його зважуванні. За способом виділення компоненту, гравіметричні методи класифікують на методи осадження, виділення і термогравіметричні, які іноді відносять до інструментальних. Недоліком гравіметричних методів є тривалість визначення, особливо під час аналізу значної кількості проб, а також неселективність.

Широкого використання у кількісному аналізі набув титриметричний метод, який заснований на вимірюванні об'єму (або маси) реагенту, витраченого на реакцію з досліджуємою речовиною. Кількісне визначення речовини відбувається шляхом поступового додавання невеликих кількостей реагенту (процес титрування) до розчину, який містить досліджуєму речовину, до тих пір, поки вся речовина не прореагувала з реагентом (точка еквівалентності). Для фіксування моменту закінчення титрування використовують індикатор – речовину, що змінює забарвлення у точці еквівалентності. В титриметричному аналізі кількісний вміст досліджуємого компоненту обчислюють за об'ємом і концентрацією витраченого на титрування робочого розчину титранту.

Найбільш розповсюджена класифікація титриметричних методів аналізу заснована на різних типах реакцій, які використовуються:

- метод нейтралізації (кислотно-основне титрування). Титрування основане на реакції переносу у розчині протонів від однієї реагуючої частинки до іншої;
- редоксметрія (окисно-відновне титрування). Титрування супроводжується переходом одного або більшого числа електронів від відновника до окисника;
- комплексонометрія (комплексонометричне титрування). Титрування супроводжується утворенням слабодисоціюючого розчинного комплексу в результаті взаємодії досліджуємої речовини з титрантом.

Розглянемо деякі характеристики, які використовуються для вираження кількісного вмісту речовин.

Моль – це така кількість речовини, яка містить стільки умовних одиниць, скільки атомів міститься у 0,012 кг ізотопу карбону.

Молярна маса – це маса 1 моля речовини і розраховується за формулою:

$$M = \frac{m}{\nu}$$

де m – маса речовини, г;
 ν – кількість речовини, моль.

Еквівалент елемента – це кількість елемента, яка сполучається або заміщує один моль атомів водню в хімічних реакціях.

Еквівалент речовини – це кількість речовини, яка у кислотно-основній реакції взаємодіє з одним еквівалентом водню або іншої речовини. Еквівалент речовини можна розрахувати за формулою:

$$E = \frac{Mr}{n \cdot \omega}$$

де Mr – молекулярна маса речовини;
 n – кількість атомів в молекулі речовини;
 ω – валентність атома.

Зазвичай у кількісному аналізі для вираження вмісту речовин у розчинах використовують молярні концентрації еквівалентів речовин. *Молярна концентрація еквівалента речовини (нормальність)* – відношення кількості еквівалента речовини до об'єму розчину і розраховується за формулою:

$$C_H = \frac{m}{E \cdot V}$$

де m – маса речовини, г;
 E – еквівалент речовини, г/моль;
 V – об'єм розчину, л.

Для вираження кількісного складу розчинів використовуються також молярна концентрація, масова частка розчиненої речовини у розчині, титр

та ін. Під *молярною концентрацією* розуміють кількість молей розчиненої речовини в 1 л. розчину і розраховують за формулою:

$$C = \frac{\nu}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$$

де ν – кількість речовини, моль.
 V – об'єм розчину, л;
 m – маса речовини, г;
 M – молярна маса речовини, г/моль.

Масова частка речовини у розчині дорівнює відношенню маси розчиненої речовини до загальної маси розчину і виражається у відсотках:

$$w = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100\%$$

де m_1 – маса розчиненої речовини, г;
 m_2 – маса розчину, г;

Титр – це концентрація розчину, яка дорівнює масі розчиненої речовини, що міститься в 1 мл розчину:

$$T = \frac{m}{V}$$

де m – маса речовини, г;
 V – об'єм розчину, л.

Лабораторна робота № 1. Якісне визначення іонів металів

Реактиви і прилади:

Спирт, розчин диметилаглоксиму (р-в. Чугуєва)	Розчин солі ферум (II)
Розчин натрій гідрофосфату Na_2HPO_4	Розчин солі мангану (II)
Розчин натрій триоксогіосульфату $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Розчин солі хрому (III)
Розчин калій йодиду KI	Розчин солі ферум (III)
Розчин калій гексацианоферату (II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Розчин кобальт сульфату
Розчин калій гексацианоферату (III) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Розчин нікол сульфату
Розчин аргентум нітрату AgNO_3 , 1%	Розчин солі цинку
Розчин амоній оксалату $\text{C}_2\text{O}_4(\text{NH}_4)_2$	Розчин солі кунрум (II)
Розчин амоній гідроксиду NH_4OH	Розчин солі пльомбуму
Розчини натрій гідроксиду NaOH , 10% і конц.	Розчин солі алюмінію
Розчин гідроген пероксиду H_2O_2 , 0,3%	Нітратна кислота HNO_3 , конц.
Розчин хлоридної кислоти HCl , 0,1 M	Калій нітрит KNO_2 (кристал.)
Розчин натрій сульфиду Na_2S	Пльомбум оксид (II) PbO (кристал.)
Розчин амоній хлориду NH_4Cl	Бромна вода
Розчин оцтової кислоти CH_3COOH , 2 н	Пробірки
Розчин кальцій хлориду CaCl_2	Порцелянова чашка
Розчин солі магнію	Спиртівка
	Тримач для пробірок
	Водяна баня

Мета роботи: Навчитися якісно визначати іони металів у розчинах за допомогою відповідних реакцій.

Дослід 1. Якісне визначення іонів Mg^{2+}

Катіон магнію входить до складу ферментативних систем і є їх незамінним компонентом. Магній приймає участь у підтримці нормальної роботи нервової системи і серця, підвищує рухому активність кишечника. При недостатності магнію в організмі порушується засвоєння їжі, затримується ріст, на стінках судин відкладається кальцій. Найбільша кількість магнію міститься у рослинних продуктах.

Методика виконання

А) Прилийте у пробірку 5–6 краплин розчину солі магнію і додайте 5–6 краплин натрій гідроксиду. Половину одержаного осаду перелийте до

іншої пробірки. У першу пробірку з осадом додайте 5–6 краплин хлоридної кислоти, а у другу – розчин солі амонію.

Занотуйте спостереження, запишіть реакції утворення магній гідроксиду і його взаємодії з хлоридною кислотою та сіллю амонію.

Б) Прилийте у пробірку 3–4 краплини розчину солі магнію і додайте 2 краплини розчину амоній гідроксиду і 2 краплини амоній хлориду до повного розчинення осаду магній гідроксиду. Розчин амоній хлориду перешкоджає утворенню осаду магній гідроксиду, а амоній гідроксид перешкоджає утворенню аморфного осаду кислої солі магній гідрофосфату. Перемішайте розчин і додайте 2–3 краплини розчину натрій гідрофосфату. Одержану суміш перемішайте.

Занотуйте спостереження і запишіть реакцію утворення подвійної солі магній амоній фосфату.

Дослід 2. Якісне визначення іонів Ca^{2+}

Кальцій відноситься до мікроелементів і є головним компонентом кісткової тканини, входить до складу клітинних та тканинних рідин. Окрім пластичних функцій, кальцій впливає на значну кількість біохімічних і фізіологічних процесів в організмі. При недостатності кальцію або при порушенні його всмоктування в організмі у дорослих розвивається демінералізація кісткової тканини, у дітей – розвивається рахіт. Найкращі джерела кальцію – молоко, молочні продукти, зелений лук, квасоля.

Амоній оксалат $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ утворює з розчином солі кальцію білий кристалічний осад, який розчиняється у хлоридній кислоті і не розчиняється в оцтовій кислоті. Іон барію Ba^{2+} утворює подібний осад з амоній оксалатом, тому якщо досліджуваний розчин містить іони барію, то їх спочатку треба відділити.

Методика виконання

Прилийте у пробірку 3–4 краплини розчину солі кальцію і додайте 3–4 краплини розчину амоній оксалату. Половину одержаного осаду перелийте до іншої пробірки. У першу пробірку з осадом додайте 5 краплин хлоридної кислоти, а у другу – 5 краплин оцтової кислоти.

Занотуйте спостереження і запишіть реакції утворення кальцій оксалату та його взаємодії з кислотами.

Дослід 3. Якісне визначення іонів Al^{3+}

Катіон Al^{3+} близький за розміром до іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , тому може їх заміщувати у комплексних сполуках в живих організмах. Надлишок алюмінію в організмі людини уповільнює синтез гемоглобіну. Це пов'язано з тим, що цей елемент завдяки своїй високій властивості комплексоутворення блокує активні центри ферментів, які приймають участь у кровотворенні.

Насичений розчин амоній хлориду може осаджувати алюміній гідроксид з лужного розчину, який містить алюмінат-іони.

Методика виконання

Прилийте у пробірку 5 краплин розчину солі алюмінію і додайте до краплинам розчин натрій гідроксиду до повного розчинення осаду, який утворився спочатку. До утвореного розчину натрій алюмінату $NaAlO_2$ додайте декілька краплин насиченого розчину амоній хлориду. Розчин нагрійте на спиртівці до повного видалення аміаку.

Занотуйте спостереження і запишіть реакцію взаємодії натрій алюмінату з амоній хлоридом.

Дослід 4. Якісне визначення іонів Pb^{2+}

Усі сполуки свинцю (II) (особливо розчинні і органічні) – отруйні. Високу токсичність мають свинець тетраметил і тетраетил. Біологічна активність свинцю обумовлена його властивістю проникати в організм і накопичуватися у ньому. Свинець та його сполуки відносяться до отруйних речовин, які діють на нервово-судинну систему і безпосередньо на кров.

Методика виконання

А) Прилийте у пробірку 3–5 краплин розчину солі свинцю (II) і додайте 3–5 краплин розчину калій йодиду. Який колір має осад, що

утворився? Половину одержаного осаду перелийте до іншої пробірки. Перевірте розчинність осаду у воді при нагріванні та в оцтовій кислоті.

Зачекайте поки осад осяде та злийте рідину над осадом. Після цього до осаду додайте 2 н. розчин оцтової кислоти і суміш нагрійте до кипіння на спиртівці. Охолодіть розчин.

Відзначте колір кристалів, що випадають при охолодженні розчину та запишіть реакцію утворення свинцю (II) йодиду.

Б) Прилийте у пробірку 2–3 краплини розчину солі свинцю (II) і додайте 2–3 краплини розчину натрій сульфідру. Який колір має осад, що утворився? Цей осад може розчинитися в нітратній кислоті з утворенням сірки. Додайте до осаду нітратну кислоту.

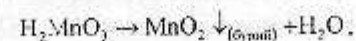
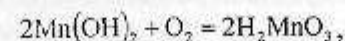
Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакцій утворення свинцю (II) сульфідру і його взаємодії з нітратною кислотою.

Дослід 5. Якісне визначення іонів Mn^{2+}

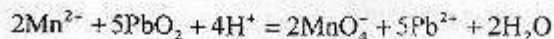
Манган відноситься до металів життя, необхідних для нормального протікання процесів у живих організмах. Сполуки мангану активують роботу багатьох ферментів, дефіцит цього елемента в організмі уповільнює ріст кісткових тканин. Манган утворює комплекси з білками, нуклеїновими кислотами, деякими амінокислотами. Всмоктування мангану тісно пов'язане з засвоєнням феруму. Найбільшу кількість мангану містять чай, какао, овочі і фрукти.

Для організму солі тетраоксоманганати (VII) є отрутою. Калій тетраоксоманганат (VII) окиснює органічні речовини клітин тканин і мікроорганізмів. Під дією $KMnO_4$ білки окиснюються і згортаються. На цьому основане його застосування як зовнішнього препарату, який має протимікробну і протизапальну дію.

При дії лугу на розчин солі мангану (II) утворюється білий осад манган (II) гідроксиду, який під дією повітря набуває бурого кольору у зв'язку з окисненням гідроксиду і утворенням нестійкого дигідроген триоксоманганату (IV), який швидко розкладається:



При окисненні іонів Mn^{2+} сильними окисниками, наприклад, PbO_2 , у кислому середовищі утворюються іони MnO_4^- , які забарвлюють розчин у малиновий колір:



Методика виконання

А) Прилийте у пробірку 3–5 краплин розчину солі мангану (II) і додайте 3–5 краплин розчину натрій гідроксиду. Якого кольору утворився осад? Половину одержаного осаду перенесіть до іншої пробірки. Одну пробірку залишіть на повітрі у штативі, а в іншу додайте 2–3 краплини бромної води.

Порівняйте осад в пробірках і запишіть рівняння реакцій утворення манган (II) гідроксиду, його окиснення і взаємодії з бромною водою.

Б) Помістіть у пробірку невелику кількість (на кінчику шпателя) PbO_2 , додайте 5–6 краплин розчину концентрованої нітратної кислоти і 1–2 краплини розчину солі мангану (II). Суміш у пробірці нагрійте до кипіння на спиртівці та залишіть розчин відстоятися.

У який колір забарвлюється розчин і чим це обумовлено? Запишіть рівняння окисно-відновної реакції, що відбувається.

Дослід 6. Якісне визначення іонів Cr^{3+}

Хром відноситься до мікроелементів живих організмів. Він необхідний для вуглеводного і ліпідного обмінів. Особливо він корисний для людей похилого віку, організм яких погано засвоює вуглеводи, а хром підсилює процеси обміну цих сполук. Багатиме джерелами хрому є пивні дріжджі, печінка.

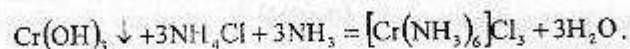
Методика виконання

А) Прилийте у пробірку 3–5 краплин розчину солі хрому (III) і додайте (обережно) 1–2 краплини розведеного розчину натрій гідроксиду. Якого кольору випадає осад? Половину одержаного осаду перелийте до іншої пробірки. Перевірте розчинність осаду у хлоридній кислоті та у розчині натрій гідроксиду. Про які властивості $Cr(OH)_3$, це свідчить?

Запишіть рівняння реакцій утворення $Cr(OH)_3$ і його взаємодії з HCl та $NaOH$.

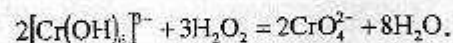
Б) Прилийте у пробірку 2–3 краплини розчину солі хрому (III) і додайте по краплинам розчин амоніаку до утворення осаду $Cr(OH)_3$. До $Cr(OH)_3$ додайте 2–3 краплини насиченого розчину амоній хлориду та 3–4 краплини розчину амоніаку.

Занотуйте спостереження та запишіть реакцію утворення $[Cr(NH_3)_6]Cl_3$:



В) Прилийте у пробірку 2–3 краплини розчину солі хрому (III) і додайте по краплинам розчин натрій гідроксиду до розчинення осаду $Cr(OH)_3$, який утворився слючатку. До утвореного розчину додайте 4–5 краплин гідроген пероксиду. Нагрійте розчин на водяній бані до зміни зеленого кольору на жовтий.

Занотуйте спостереження та запишіть реакцію окиснення Cr^{3+} до CrO_4^{2-} :



Дослід 7. Якісне визначення іонів Fe^{3+} та Fe^{2+}

Ферум відноситься до важливих мікроелементів. Ферум (II) – складова частина гемоглобіну крові, який переносить кисень у живому організмі. Ферум приймає участь в імунобіологічних, окисно-відновних реакціях, входить до складу цитоплазми і ряду ферментів.

Металічний ферум мало токсичний. Проте сполуки ферум (II) і ферум (III) у великій кількості шкідливі для здоров'я. Сильна токсична дія ферум (II) ціанідів обумовлена значною міцністю зв'язку між ферумом і карбоном, що приводить до значної стійкості комплексу ціанідгемоглобіну. В результаті чого надходження кисню до органів зменшується і з'являються ознаки кисневої недостатності.

Недостатність феруму в організмі приводить до появи анемії, виникає киснева недостатність, пов'язана з браком даного мікроелементу для синтезу гемоглобіну. Джерелом постачання феруму до організму людини є субпродукти, м'ясо, яйця, квасоля, овочі, фрукти та ягоди.

Методика виконання

А) Прилийте у пробірку 2–3 краплини розчину солі ферум (II) – (сіль Мора) і додайте 1 краплину розчину калій гексаціаноферату (III) (червона кров'яна сіль $K_3[Fe(CN)_6]$).

Якого кольору випадає осад (турнбулева синь)? Запишіть рівняння реакції утворення комплексу $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$.

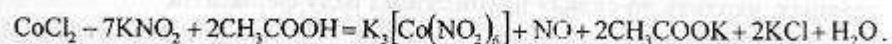
Б) Прилийте у пробірку 2–3 краплини розчину солі ферум (III) і додайте 1 краплину розчину калій гексаціаноферату (II) (жовта кров'яна сіль $K_4[Fe(CN)_6]$).

Якого кольору випадає осад (берлінська блакить)? Запишіть рівняння реакції утворення комплексу $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$.

Дослід 8. Якісне визначення іонів Co^{2+}

Кобальт відноситься до важливих мікроелементів. Він входить до складу вітаміну B_{12} і активує ряд ферментів. Вітамін B_{12} приймає участь у розвитку і формуванні еритроцитів. Проте надлишок сполук кобальту шкідливо впливає на організм. Кобальт утворює комплекси з гідросульфідними групами ферментів, визиває задуху. Отруєння солями кобальту приводить до нападів нудоти та болю у серці.

Іони Co^{2+} утворюють з калій нітритом в оцтовокислому розчині комплекс $K_3[Co(NO_2)_6]$, який випадає у вигляді жовтого осаду:



Методика виконання

Прилийте у пробірку 2–3 краплини розчину солі кобальту (II) і додайте 1–2 краплини концентрованої оцтової кислоти (або розведеної сульфатної кислоти) і 1 мікрошпатель кристалічного калій нітриту. Який газ виділяється?

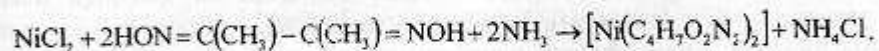
Відзначте колір осаду і запишіть рівняння реакції взаємодії солі кобальту (II) із калій нітритом.

Дослід 9. Якісне визначення іонів Ni^{2+}

Нікол відноситься до важливих мікроелементів. Він відіграє важливу роль у процесах метаболізму феруму, сприяє засвоєнню купруму. Недостатність ніколу приводить до захворювань печінки. Нікол присутній у більшості харчових продуктів, але в незначній кількості.

Сполуки ніколу відносяться до канцерогенних препаратів, отруєння якими викликає головний біль та головокружіння.

Катіон ніколу утворює інтенсивно забарвлені хелатні комплекси з органічними лігандами. Наприклад, з диметилглюксимом $HON=C(CH_3)-C(CH_3)=NOH$ в аміачному середовищі Ni^{2+} утворює сполуку, забарвлену у червоний колір:



Методика виконання

Прилийте у пробірку 1–2 краплини розчину солі ніколу (II) і додайте 3–4 краплини розчину амоніаку і 1 краплину спиртового розчину диметилглюксиму (р-в. Чугаєва). Що спостерігається?

Запишіть рівняння реакції утворення комплексу $[Ni(C_4H_8O_2N_2)_2]$.

Дослід 10. Якісне визначення іонів Zn^{2+}

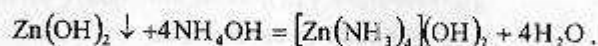
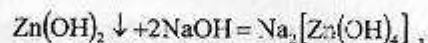
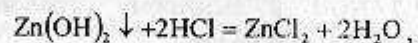
Цинк – важливий мікроелемент. Біокомплекси цинку приймають участь у багатьох біохімічних реакціях гідролізу. Іон цинку входить до складу металоферментів, які каталізують гідроліз ефірів та білків. Цинк утворює біонеорганічний комплекс з інсуліном, який регулює кількість цукру в крові. Цинк разом із сіркою приймає участь в процесах росту і оновлення шкіри та волосся та є важливим елементом для процесів травлення і засвоєння корисних речовин. У разі дефіциту цинку в організмі виникають порушення усіх важливих функцій, у яких він приймає участь: порушується зростання кісток, виникає сухість шкіри, гнійний дерматит, випадіння волосся, емоційна нестійкість, імунodefіцитні стани.

Харчовими продуктами, що містять найбільшу кількість цинку є м'ясо, печінка, бобові та інші.

Методика виконання

А) Прилийте у пробірку 5–6 краплин розчину солі цинку і додайте 5–6 краплин розчину натрій гідроксиду. Якого кольору випадає осад? Розділіть осад $Zn(OH)_2$ на три частини у три пробірки. У першу пробірку з осадом додайте хлоридну кислоту, у другу – натрій гідроксид, а у третю – надлишок розчину амоніаку.

Занотуйте спостереження, запишіть реакції утворення $Zn(OH)_2$ та його розчинення в хлоридній кислоті, натрій гідроксиді та у розчині амоніаку.

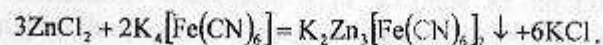


Б) Прилийте у пробірку 2–3 краплини розчину солі цинку і додайте 2–3 краплини розчину натрій сульфіді. Якого кольору випадає осад?

Занотуйте спостереження і запишіть реакцію утворення ZnS .

В) Прилийте у пробірку 5–6 краплин розчину солі цинку і додайте 5–6 краплин жовтої кров'яної солі $K_4[Fe(CN)_6]$. Якого кольору випадає осад? Половину одержаного осаду перелийте до іншої пробірки. У першу пробірку з осадом додайте 5–6 краплин розведеної хлоридної кислоти, у другу – 5–6 краплин натрій гідроксиду.

Занотуйте спостереження і запишіть реакцію утворення осаду $K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2$:



Дослід 11. Якісне визначення іонів Cu^{2+}

Купрум відноситься до біогенних елементів і міститься у тваринних і рослинних тканинах. Він відіграє важливу роль в утворенні еритроцитів, розвитку скелету, роботі центральної нервової системи та необхідний для засвоєння феруму. Джерелами купруму є такі харчові продукти, як печінка, ячний жовток та зелені овочі.

При недостатності купруму в організмі людини може розвиватися купрумдефіцитна анемія, порушується нормальний розвиток тканин і кровоносних судин. Негативний вплив на організм може чинити також надлишкова кількість цього мікроелементу.

Широке застосування купруму та його сполук у промисловості і сільському господарстві підвищує ризик отруєння сполуками купруму. У цьому разі може виникати різке подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів і шлунково-кишкового тракту. При систематичній дії солей купруму на організм людини відбувається ураження зубів та слизової оболонки, розвиваються хвороби шлунку. Небезпечним є зберігання продуктів харчування, особливо тих, що мають високий вміст кислот, у мідних посудинах без захисного покриття. У результаті, значна кількість металу може перейти до продукту, та у подальшому призвести до отруєння. Токсична дія сполук купруму обумовлена взаємодією іонів металу з сульфгідрильними $-SH$ групами і аміногрупами $-NH_2$ білків з утворенням халатних сполук. Білки стають нерозчинними і втрачають ферментативну активність.

Методика виконання

А) Прилийте у пробірку 5–6 краплин розчину солі купрум (II) і додайте 5–6 краплин розчину натрій гідроксиду. Якого кольору випадає осад? Половину одержаного осаду $Cu(OH)_2$ перелийте до іншої пробірки. У першу пробірку з осадом додайте 5–6 краплин розведеної хлоридної кислоти, у другу – 5–6 краплин концентрованого розчину натрій гідроксиду.

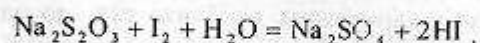
Суміш у другій пробірці нагрійте і спостерігайте утворення розчину, який містить комплекси $Na_2[Cu(OH)_4]$. Після охолодження розчину додайте 4–5 краплин води. Що відбувається?

Занотуйте спостереження і запишіть реакції утворення $\text{Cu}(\text{OH})_2$, його розчинення у хлоридній кислоті та при нагріванні у натрій гідроксиді.

Б) Прилийте у пробірку 2–3 краплини розчину солі купруму (II) і додайте 2–3 краплини розчину жовтої кров'яної солі $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Якого кольору випадає осад?

Занотуйте спостереження і запишіть реакцію утворення $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

В) Прилийте у пробірку 2–3 краплини розчину солі купруму (II) і додайте 2–3 краплини розчину калій йодиду. Що спостерігається? Осад I_2 маскує колір CuI . Для визначення кольору CuI , треба вільний I_2 перевести у безбарвний іон I^- . Для цього додайте у пробірку по краплям розчин натрій триоксотіосульфату $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до зникнення жовтого забарвлення. Відбувається така реакція:



Який колір має CuI ↓? Занотуйте спостереження і запишіть окисно-відновну реакцію взаємодії солі купруму (II) з калій йодидом та реакцію відновлення I_2 до I^- .

Лабораторна робота № 2. Якісне визначення іонів неметалів

Реактиви і прилади:

Розчин натрій хлориду NaCl
Розчин калій броміду KBr
Розчин калій йодиду KI
Розчин алюміній хлориду AlCl_3
Розчин аргентум нітрату AgNO_3 , 1%
Розчин натрій сульфату Na_2SO_4
Розчин натрій сульфіту Na_2SO_3
Розчин барій хлориду BaCl_2
Розчин кальцій хлориду CaCl_2
Розчин ферум (II) сульфату FeSO_4

Розчин кобальт сульфату CoSO_4
Розчин нікел сульфату NiSO_4
Розчин натрій силікату Na_2SiO_3
Розчин ферум (III) хлориду FeCl_3 , 0,1 н
Розчин калій роданіду KSCN
Розчин хлоридної кислоти HCl , 0,1 М
Розчин фосфатної кислоти H_3PO_4
Розчин соди
Пробірки

Мета роботи: Навчитися якісно визначати іони неметалів у розчинах за допомогою відповідних реакцій.

Дослід 1. Якісне визначення галогенід-іонів Cl^- , Br^- і I^-

Хлор і йод відносяться до незамінних елементів, фтор і бром – постійні складові частини організму людини. Усі галогени в організмі знаходяться у вигляді аніонів зі ступенем окиснення -1 і можуть заміщувати один одного.

Фтор в організмі людини знаходиться в основному у кістках та емалі зубів, він присутній також у легенях, тканинах печінки, серця і мозку. Фтор у вигляді фторидів потрібний для нормального росту і пігментації зубів. Недостатність солей фтору в організмі приводить до розвитку карієсу зубів, а надлишок викликає остеохондроз і утворення кісткових наростів. Практично усі харчові продукти містять цей елемент. Найбільша кількість фтору – у рибі, деяких овочах і чаї.

Хлор приймає участь в утворенні шлункового соку, формуванні плазми, активує ряд ферментів, разом з натрієм він регулює водний баланс в організмі. Порушення в обміні хлору в організмі приводять до розвитку набряків. Збільшення кількості хлору в крові виникає при зневодненні організму і порушенні функції нирок. Хлор поступає в організм людини в основному у вигляді натрій хлориду при додаванні його в їжу.

Бром в організмі людини часто знаходиться у вигляді броморганічних сполук. Для збільшення строку зберігання овочів та фруктів їх обробляють розчином калій броміду. Бромати натрію і калію додають у тісто для одержання пишного білого хлібу.

Йод концентрується головним чином у щитовидній залозі. Цей елемент приймає участь в утворенні гормону тироксину. Тироксин відіграє важливу роль у процесах обміну речовин, підвищує засвоєння кальцію і фосфору, покращує протидію організму інфекціям та отруті. При надлишку йоду розвивається базедова хвороба, відхилення в розумовому розвитку, а недостатність приводить до виникнення зобної хвороби. Найбільшу кількість йоду містять морепродукти.

Методика виконання

У три пробірки прилийте по 3–5 краплин розчинів солей: у першу – натрій хлориду, у другу – калій броміду і у третю – калій йодиду. У кожному

пробірку додайте 1–2 краплі розчину аргентум нітрату до випадіння осадів.

Відзначте кольори осадів і запишіть реакції утворення AgCl , AgBr і AgI .

Дослід 2. Якісне визначення сульфат-іону SO_4^{2-}

Сульфур входить до складу білків у вигляді сірковмісних амінокислот (метіонін, цистеїн) і є складовою частиною деяких гормонів та вітамінів. Цей елемент міститься у волоссі, шкірі, кістках, хрящах, жовчі і нервових тканинах. Продуктом окиснення сульфуру в живих організмах є переважно сульфати. Кількість даного мікроелементу у харчових продуктах пропорційна кількості білків, тому його більше знаходиться у тваринних продуктах, ніж у продуктах рослинного походження.

Методика виконання

У дві пробірки прилийте по 2–3 краплі розчинів солей: у першу – натрій сульфату, а в другу – натрій сульфату. У кожену пробірку додайте 1–2 краплі розчину барій хлориду. Чи в обох пробірках випадає осад? Додайте в кожену пробірку 2–3 краплі розведеної хлоридної кислоти.

Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакцій одержання BaSO_4 і BaSO_3 та розчинення останнього у кислоті.

Дослід 3. Якісне визначення нітрат-іону NO_3^-

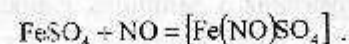
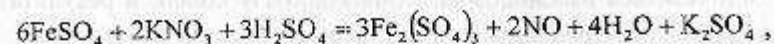
Нітроген є незамінною складовою частиною усіх білків. Надлишок нітрогену у крові може викликати кесонну хворобу. Тваринні і рослинні організми не можуть засвоювати вільний азот. Вільний азот засвоюють деякі бактерії, які відмирають і збагачують землю сполуками азоту, які засвоюються рослинами та перетворюються у рослинні білки. Рослини можуть використовувати у якості джерела азоту також розчинні нітрати. Рослинні білки вживаються тваринами і перетворюються у тваринні білки.

Методика виконання

Реакція «бурого кільця».

На часове скельце помістіть краплю розчину калій нітрату. У цю краплю помістіть кристалик ферум сульфату і краплю концентрованої

сульфатної кислоти. Навколо кристалу у присутності NO_3^- виникає буре кільце в результаті утворення комплексної сполуки $[\text{Fe}(\text{NO})\text{SO}_4]$. Занотуйте спостереження і запишіть реакцію утворення $[\text{Fe}(\text{NO})\text{SO}_4]$:



Дослід 4. Якісне визначення фосфат-іону PO_4^{3-}

Фосфор – один з головних будівельних матеріалів для кісток і зубів, він входить до складу ферментів, які приймають участь у роботі внутрішніх органів і мозку. Фосфорні сполуки входять до складу білків і жирів, приймають участь в обміні речовин, підтримують кислотно-основну рівновагу. У тканинах організму і харчових продуктах фосфор міститься у вигляді фосфатної кислоти та її органічних сполук (фосфати). Органічні сполуки фосфору відіграють важливу роль в енергетичному забезпеченні процесів життєдіяльності.

При довготривалому дефіциті фосфатів у харчуванні організм використовує власний фосфор із кісткових тканин. Це призводить до порушення структури кісток (розрідження), зниження розумової та фізичної праездатності. Найбільша кількість фосфору міститься у продуктах тваринного походження (особливо у печінці), ікрі, зернових та бобових.

Методика виконання

Прилийте у пробірку 3–4 краплі розчину ферум (III) хлориду і додайте 2–3 краплі калій роданіду (KSCN) і 2 краплі розчину фосфатної кислоти. Що спостерігається?

Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакцій утворення $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ і його взаємодії з H_3PO_4 .

Дослід 5. Якісне визначення карбонат-іону CO_3^{2-}

Карбон відіграє важливу роль у живій природі. Сполуки карбону складають основу рослинних і тваринних організмів. Він входить до складу усіх тканин і клітин у формі білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і гормонів.

Методика виконання

Прилийте у пробірку 3–4 краплини розчину ферум (III) хлориду, додайте 3–4 краплини розчину алюміній хлориду і 3–5 краплин розчину соди. Відбувається взаємне посилення гідролізу солей, в результаті чого випадають осаді гідроксидів металів і виділяється газ CO_2 .

Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакцій утворення гідроксидів металів.

Дослід 6. Якісне визначення силікат-іону SiO_3^{2-}

Силіцій – другий за розповсюдженням елемент після карбону і відноситься до мікроелементів. Найбільша кількість силіцію в організмі міститься у печінці, волоссі та кристалику ока. З порушенням обміну силіцію пов'язують виникнення гіпертонії, ревматизму та язви.

Методика виконання

У чотири пробірки прилийте по 3–5 краплин розчинів солей: у першу – кальцій хлориду, у другу – ферум (II) сульфату, у третю – кобальт сульфату і у четверту – нікол сульфату. У кожену пробірку додайте 3–5 краплин розчину натрій силікату.

Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакцій утворення малорозчинних солей силікатної кислоти.

Лабораторна робота № 3. Кількісне визначення мінеральних речовин у харчовому продукті шляхом обуглювання

Реактиви і прилади:

Зразок харчового продукту
Розчин гідроген пероксиду H_2O_2 , 0,3%

Тигель
Технохімічні ваги
Електроплитка
Муфельна піч
Сушильна шафа

Мета роботи: Визначити кількісний вміст мінеральних речовин у складі харчового продукту шляхом обуглювання.

За масовою часткою золи, яка залишається після обуглювання харчової речовини, визначають загальний вміст у ній мінеральних речовин. Зольність багатьох харчових продуктів є нормованим показником.

Методика виконання

У муфельній печі при $500\text{ }^\circ\text{C}$ прожарте тигель до постійної маси. За допомогою технохімічних терезів візьміть наважку харчового продукту масою 1,5–25 г (1,5–2 г – для зерна і муки; 3–5 г – для м'ясо-рибного та консервованого продукту; 5–10 г – для кондитерських виробів і крохмалю; 10 г – для фруктів та овочів; 25 г – для молока) помістіть у тигель.

Якщо у продукті міститься багато вологи, то речовину у тиглі випаруйте на водяній бані до сухого залишку. Потім підсушіть у сушильній шафі при температурі $100\text{--}150\text{ }^\circ\text{C}$.

Обережно обугліть продукт на електроплитці і прожарте у муфельній печі при температурі $500\text{--}550\text{ }^\circ\text{C}$. При роботі зі зразком неможна допускати його спалахування або розбризкування. Для прискорення обуглювання можна у тигель після охолодження додати декілька краплин розчину гідроген пероксиду H_2O_2 , який потім необхідно видалити у сушильній шафі при температурі $90\text{ }^\circ\text{C}\text{--}100\text{ }^\circ\text{C}$, а сухий залишок знову прожарте у муфельній шафі до повного обуглювання зразка.

Одержана зола повинна бути рихлою, білого або сірого кольору, без обуглених часток. Масову частку золи X_3 (%) обчислюють за формулою:

$$X_3 = \frac{100(m_2 - m)}{(m_1 - m)}$$

де: m – маса тигля, г;

m_1 – маса тигля з наважкою продукту, г;

m_2 – маса тигля із золою, г.

Паралельно ставлять три досліді. Розбіжність між результатами дослідів не повинна перевищувати 5 %. Запишіть розрахунки і зробіть висновки з виконаної роботи.

Для визначення загальної твердості воду титрують розчином трилону Б у присутності індикатора еріохром чорний Т. Катіони Ca^{2+} та Mg^{2+} утворюють з індикатором внутрішньокмплесні сполуки червоного кольору. Ці сполуки менш міцні, ніж комплекси цих катіонів із трилоном Б, тому під час титрування досліджуемого розчину трилоном Б, катіони Ca^{2+} та Mg^{2+} переходять із внутрішньокмплесних сполук з індикатором у комплекси з трилоном Б. В результаті чого у точці еквівалентності при титруванні індикатор змінює колір з червоного (внутрішньокмплесні сполуки катіонів Ca^{2+} та Mg^{2+} з індикатором) на синій (комплекси Ca^{2+} та Mg^{2+} з трилоном Б). Комплексоутворення іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} з трилоном Б відбувається у лужному середовищі ($\text{pH} \approx 10$), тому при виконанні роботи використовують буферний розчин.

Буферними розчинами називають розчини, які містять слабку кислоту та її сіль ($\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$) або слабку основу та її сіль ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$). Такі розчини зберігають постійну концентрацію іонів гідрогену, або pH розчину, як при розведенні, так і при додаванні невеликих кількостей сильних кислот або лугів, тобто виявляють буферні властивості.

Методика виконання

У три конічні колби (розділ 1.2. рис.2.а) налийте по 100 мл твердої (або водопровідної води), відміряної за допомогою мірного циліндру. Додайте у колби з водою за допомогою піпетки на 5 мл буферного розчину амоніаку ($\text{pH} \approx 10$) та декілька кристалів (на кінчику шпателя) еріохром чорного і добре перемішайте.

Закріпіть бюретку (розділ 1.2. рис.10.з) в штативі (розділ 1.2. рис.14) і промийте її розчином трилону Б. Заповніть бюретку трилоном Б так, щоб у носіку бюретки не було бульбашок повітря і нижній меніск рідини знаходився на лінії нульової позначки бюретки (розділ 1.2. рис.11). Відтитруйте перший зразок води розчином трилону Б до переходу забарвлення від винно-червоного до синього. Відмітьте об'єм трилону Б, який пішов на титрування цього об'єму води. Результат титрування запишіть у таблицю 2.3.

Знову наповніть бюретку трилоном Б і повторіть титрування ще два рази. Знайдіть середню величину об'єму розчину трилону Б і за законом еквівалентів розрахуйте загальну твердість води (ммоль/л):

$$\bar{V}_2 = \frac{V_2^1 + V_2^2 + V_2^3}{3} \text{ (моль/л),}$$

$$T_{\text{в загальн}} = \frac{\bar{V}_2 \cdot C_2}{V_1} \cdot 10^3 \text{ (ммоль/л),}$$

- де \bar{V}_2 – середній об'єм розчину трилону Б, мл;
 V_2^1, V_2^2, V_2^3 – об'єми розчину трилону Б, як пішли на титрування першого, другого, третього зразків води відповідно, мл;
 V_1 – об'єм зразка води, мл;
 C_2 – молярна концентрація еквівалента розчину трилону Б, моль/л;
 10^3 – коефіцієнт перерахунку розмірності концентрації моль/л у ммоль/л.

Результати розрахунків запишіть у таблицю 2.3.

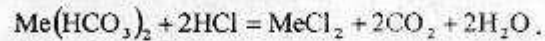
Таблиця 2.3.

Результати розрахунків загальної твердості води

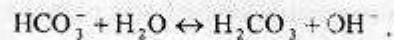
Номер досліджу	Об'єм проби води (V_1), мл	Об'єм розчину трилону Б (V_2), мл	Середній об'єм розчину трилону Б (\bar{V}_2), мл	Молярна концентрація еквіваленту трилону Б (C_2), моль/л	Загальна твердість води ($T_{\text{в загальн}}$), ммоль/л
1					
2					
3					

Дослід 2. Визначення карбонатної ($T_{в,карб}$) і некарбонатної твердості води ($T_{в,некарб}$)

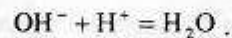
Карбонатну твердість води визначають шляхом титрування зразка води розчином хлоридної кислоти у присутності індикатора метилового оранжевого. При цьому гідрокарбонати, які розчинені у воді реагують із соляною кислотою за рівнянням:



Індикатор метиловий оранжевий змінює своє забарвлення від червоного при $pH < 3,1$ до жовтого при $pH > 4,4$. У точці еквівалентності під час титрування індикатор має оранжеве забарвлення. Аніон HCO_3^- у воді гідролізується:



Тому вода, яка містить гідрокарбонати кальцію та магнію, має лужу реакцію середовища. Метиловий оранжевий забарвлює воду у жовтий колір. При титруванні зразка води розчином соляної кислоти відбувається реакція нейтралізації:



Кількість аніонів OH^- еквівалентна концентрації іонів HCO_3^- , тобто концентрації кальцій та магній гідрокарбонатів.

Методика виконання

У три конічні колби (розділ 1.2. рис.1.2.а) налийте по 100 мл твердої (або водопровідної води), відміряної за допомогою мірного циліндру. Додайте у колби з водою по 2–3 краплі розчину індикатора метилового оранжевого.

Закріпіть бюретку (розділ 1.2. рис.1.10.б) в штативі (розділ 1.2. рис.1.14) і промийте її розчином хлоридної кислоти з відомою концентрацією. Заповніть бюретку розчином кислоти так, щоб у носіку

бюретки не було бульбашок повітря і нижній меніск рідини знаходився на лінії нульової позначки бюретки (розділ 1.2. рис.1.11). Відтитруйте перший зразок води розчином хлоридної кислоти до переходу забарвлення з оранжевого кольору до рожевого. Відмітьте об'єм кислоти, який пішов на титрування цього об'єму води і результат титрування запишіть у таблицю 2.4.

Далі знову наповніть бюретку до нульової позначки розчином хлоридної кислоти і повторіть дослід з другим зразком води, а потім з третім. Якщо результати титрування співпадають ($\Delta V \leq 0,1$ мл), розрахуйте карбонатну твердість води. Якщо ні, тоді візьміть ще одну пробу води і знову проведіть титрування. Знайдіть середню величину об'єму розчину кислоти і за законом еквівалентів розрахуйте карбонатну твердість води (ммоль/л):

$$\bar{V}_2 = \frac{V_2^1 + V_2^2 + V_2^3}{3} \text{ (моль/л),}$$

$$T_{в,карб} = \frac{V_2 \cdot C_2}{V_1} \cdot 10^3 \text{ (ммоль/л),}$$

де \bar{V}_2 – середній об'єм розчину хлоридної кислоти, мл;

V_2^1, V_2^2, V_2^3 – об'єми розчину хлоридної кислоти, як пішли на титрування першого, другого, третього зразків води відповідно, мл;

V_1 – об'єм зразка води, мл;

C_2 – молярна концентрація еквівалента або молярна концентрація розчину хлоридної кислоти, моль/л;

10^3 – коефіцієнт перерахунку моль/л у ммоль/л.

Некарбонатну твердість води розраховують як різницю:

$$T_{в,некарб} = T_{в,загальна} - T_{в,карб}.$$

Результати розрахунків запишіть у таблицю 2.4. і зробіть висновки щодо твердості досліджуваної води.

Таблиця 2.4.

Результати розрахунків загальної твердості води

Номер досліду	Об'єм зразка води (V_1), мл	Об'єм розчину хлоридної кислоти (V_2), мл	Середній об'єм розчину хлоридної кислоти (\bar{V}_2), мл	Молярна концентрація хлоридної кислоти (C_2), моль/л	Твердість води, ммоль/л		
					загальна $T_{e_{\text{загальна}}}$	карбонатна, $T_{e_{\text{карб}}}$	некарбонатна, $T_{e_{\text{некарб}}}$
1							
2							
3							

Контрольні завдання

1. Дайте визначення поняттю «важкі метали». Назвіть елементи, які можуть бути віднесені до «важких металів».
2. Назвіть катіони, які деструктивно впливають на організм людини та не повинні вживатися із їжею. Які наслідки потрапляння таких речовин до організму людини?
3. Опишіть фізіологічну роль феруму в організмі людини. До складу яких продуктів харчування входить цей мікроелемент?
4. Опишіть фізіологічну роль сполук кальцію та магнію у організмі людини. До складу яких продуктів харчування входять ці елементи?
5. Дайте визначення поняттю макро- та мікроелементи. Наведіть приклади речовин які є макроелементами та речовин, що відносяться до мікроелементів.
6. Опишіть фізіологічну роль цинку та хрому. У складі яких продуктів харчування містяться ці елементи?
7. Опишіть фізіологічну роль купруму в організмі людини. До яких наслідків для здоров'я людини призводить недостатність або надмірна кількість цього мікроелементу? У яких продуктах харчування міститься купрум?
8. Назвіть основні сполуки купруму, що зустрічаються у природі. Яким є забарвлення катіонів купрум (I) і купрум (II)?
9. Назвіть найбільш поширені сполуки алюмінію, що зустрічаються у природі. У складі яких продуктів харчування міститься алюміній?

10. Дайте визначення поняттю «амфотерність». Розгляньте цю властивість для катіонів Al^{3+} , Zn^{2+} та Cr^{2+} . Запишіть рівняння їх реакцій з натрій гідроксидом і подальшу взаємодію одержаних гідроксидів з кислотами і лугами.
11. Вкажіть спільне і відмінне у хімічних властивостях катіонів Ni^{2+} та Co^{2+} . З яким реагентом ці катіони утворюють комплексні сполуки? Напишіть рівняння відповідних реакцій.
12. Охарактеризуйте здатність катіона Fe^{3+} до комплексоутворення. Напишіть рівняння реакції утворення комплексної солі феруму.
13. Дайте порівняльну характеристику хімічних властивостей катіонів Mn^{2+} та Mg^{2+} . Напишіть рівняння відповідних реакцій.
14. Вкажіть яке місце у ряді напруги займає купрум та як це проявляється в його властивостях.
15. Дайте порівняльну характеристику хімічних властивостей катіонів Zn^{2+} та Cr^{2+} . Напишіть рівняння відповідних реакцій.
16. Вкажіть характерні реакції на іон купрум (II). Напишіть рівняння цих реакцій.
17. Охарактеризуйте хімічні властивості купрум (II) гідроксиду. Напишіть рівняння реакції одержання цієї сполуки.
18. Охарактеризуйте здатність катіона Al^{3+} до комплексоутворення. Напишіть рівняння реакції утворення комплексної солі алюмінію.
19. Вкажіть характерні реакції на іон алюмінію. Запишіть рівняння цих реакцій.
20. Яку кількість хлоридної кислоти потрібно взяти для приготування 500 мл 0,05 N розчину.
21. Яку кількість хлоридної кислоти ($\rho(HCl)=1,19 \text{ г/см}^3$) потрібно взяти для приготування 500 мл 0,1 N розчину.
22. У 250 мл розчину $H_2C_2O_4$ міститься 10 г цієї речовини. Яким буде титр здобутого розчину?
23. Розрахуйте наважку Na_2CO_3 , необхідну для приготування 250 см³ 0,05 N розчину.
24. Яку масу динатрій сульфату необхідно взяти для приготування:
 - а) 100 г розчину з масовою часткою 50%;
 - б) 350 мл 0,25 M розчину;
 - в) 400 мл 0,5 n розчину?

РОЗДІЛ 3

ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ

Дисперсними системами називають системи, у яких одна або декілька речовин у вигляді часток певного розміру (дисперсна фаза) розподілені у середовищі іншої речовини (дисперсійне середовище).

В залежності від ступеню диспергування (подрібнення) системи поділяють на низькодисперсні і високодисперсні (колоїдні). У низькодисперсних системах частинки мають розмір від 10^{-4} см і більше, а у колоїдних – від 10^{-4} - 10^{-5} до 10^{-7} см. Системи, які містять частинки з розміром менш ніж 10^{-8} см називаються гомогенними. В таких системах розчинена речовина розподілена у середовищі у вигляді молекул, атомів, іонів.

Класифікація дисперсних систем за агрегатним станом дисперсійного середовища та дисперсної фази представлена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Класифікація дисперсних систем за агрегатним станом

Дисперсна фаза	Дисперсійне середовище	Назва системи	Приклади
газ	газ	гомогенна система	суміші газів, повітря
газ	рідина	рідка піна	пивна піна
газ	тверда речовина	тверда піна	зефір, пемза, гума
рідина	газ	аерозоль	туман, хмари
рідина	рідина	емульсія	молоко, крем, соус, майонез
рідина	тверда речовина	капілярна система	бісквіт
тверда речовина	газ	аерозоль	дим, пил
тверда речовина	рідина	суспензія	шоколад, какао
тверда речовина	тверда речовина	твердий золь	сплави металів, емалі

Більшість об'єктів харчової сировини і готових продуктів представляють собою колоїдні системи з різними за розміром частинками або високомолекулярні речовини (білки, целюлоза, крохмаль та ін.). Рідкі дисперсні харчові системи – це соки, вина, пиво, бульйони, молоко,

кисіль, варення. До твердих дисперсних харчових систем відносяться представники від дуже м'яких нестійких студенів до дуже твердих і міцних тіл. Наприклад, крохмальні та желатинові студені (желе, бeze), сири, хлібобулочні, ковбасні вироби, м'ясо, копченості, сухарі та багато інших продуктів.

У виробництві багатьох харчових продуктів використовуються методи подрібнення, фільтрації і адсорбції. Колоїдно-хімічні процеси лежать в основі виробництва масла, маргарину, молока, молочних продуктів, борошна, тіста, хлібопекарних виробів, вина, пива та ін. Колоїдні розчини мають високу адсорбційну властивість. Колоїди можуть набухати, при цьому вони збільшуються у розмірі (наприклад, крохмаль).

Технологія приготування їжі також пов'язана з колоїдно-хімічними процесами. Більша частина їжі знаходиться у колоїдному стані. Колоїдно-хімічний характер мають такі кулінарні процеси: утворення харчових студенів (кисіль, желе); освітлення бульйонів, яке базується на адсорбції та коагуляції; збивання білків та вершків, що приводить до утворення піни; одержання соусів (емульсії) та ін.

Умовою утворення колоїдної системи є нерозчинність (або мала розчинність) дисперсної фази у дисперсійному середовищі і наявність стабілізаторів (поверхнево-активні речовини (ПАР), ВМС). Колоїдні системи можуть бути одержані двома протилежними методами: диспергуванням (подрібнення речовини) і конденсацією (поєднання окремих молекул або іонів розчиненої речовини в агрегати).

Методи диспергування оснований на механічному подрібненні та хімічному диспергуванні – пептизації. Пептизація – це перехід у колоїдний розчин свіже приготованих осадів, які утворюються при коагуляції.

До методів конденсації відносяться методи одержання зольів прямою конденсацією, методом заміни розчинника та шляхом хімічних реакцій. Прикладом методу прямої конденсації може бути утворення аерозолів. У методі заміни розчинника розчин будь-якої речовини додається до рідини, яка добре змішується з розчинником, але у якій розчинена речовина слабо розчиняється і тому виділяється у вигляді високодисперсної фази. Хімічні методи конденсації пов'язані з переходом розчинених речовин у нерозчинний стан шляхом різних хімічних реакцій (відновлення, гідроліз, подвійний обмін та ін.) з подальшою агрегацією і кристалізацією нерозчинених частинок, як утворюють дисперсну фазу.

Не залежно від методу одержання відносно стійкої колоїдної системи необхідна присутність у ній стабілізатору. Молекули або іони стабілізатору адсорбуються на поверхні частинок дисперсної фази і утворюють на ній іонно-сольватний або молекулярний сольватний шар, який перешкоджає злипанню часток.

Лабораторна робота № 5. Одержання колоїдних розчинів

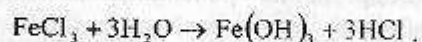
Реактиви і прилади:

Розчин ферум (III) хлориду FeCl_3 , 4%	Пробірки
Розчин калій гексацианоферату (II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Конічна колба
Розчин калій тетраоксоманганату KMnO_4 , 1,5%	Піпетки
Розчин натрій триоксотіосульфату $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 1%	Скляні палички
Спиртовий розчин сульфуру	Мірні циліндри ємкістю 100 мл, 25 мл
	Електрична плитка

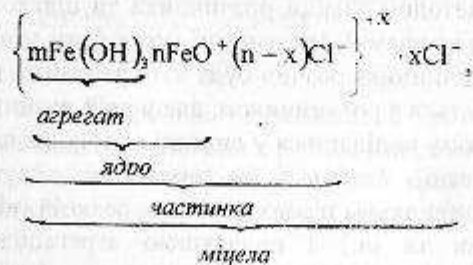
Мета роботи: Ознайомитися з методами одержання колоїдних розчинів і одержати золю за допомогою деяких із цих методів.

Дослід 1. Одержання золю ферум (III) гідроксиду $\text{Fe}(\text{OH})_3$ методом гідролізу

Реакція гідролізу є реакцією подвійного обміну:



Частинки дисперсної фази у гідрозолях мають складну структуру, яка залежить від умов одержання золю і природи стабілізатора. Частинки гідрозолю ферум (III) гідроксиду, одержані методом гідролізу (стабілізатором є продукт неповного гідролізу FeOCl), мають таку структуру:



де, m – кількість молекул $\text{Fe}(\text{OH})_3$;

n – кількість надлишкових іонів FeO^+ , які міцно адсорбовані на поверхні агрегату (як правило $m > n$), які називаються потенціалутворюючими;

x – кількість іонів, які входять у дифузійний шар;

$(n-x)$ – кількість протиіонів Cl^- в адсорбційному шарі. Кількість таких іонів Cl^- менша за кількість адсорбованих іонів FeO^+ тому колоїдна частинка має позитивний заряд.

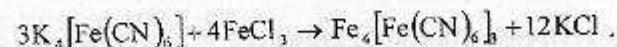
Частинка дисперсної фази разом із оточуючим її дифузійним шаром називається міцелою.

Методика виконання

У конічну колбу (розділ 1.2. рис.2.а) за допомогою мірного циліндру (розділ 1.2. рис.10.б) налейте 85 мл дистильованої води і нагрійте на електричній плитці до кипіння. Налийте у мірний циліндр 15 мл 4% розчину ферум (III) хлориду і обережно по краплинам додайте його до попередньо знятої з плитки колби. Після кипіння протягом декількох хвилин в результаті гідролізу утворюється золь ферум (III) гідроксиду, який має червоно-коричневий колір. Заногуйте спостереження, запишіть реакцію гідролізу ферум (III) хлориду та намалюйте будову міцели ферум (III) гідроксиду.

Дослід 2. Одержання золю «берлінської блакиті» методом диспергування

Гідрозоль «берлінської блакиті» $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ одержують при змішуванні розчинів ферум (III) хлориду і калій гексацианоферату (II):



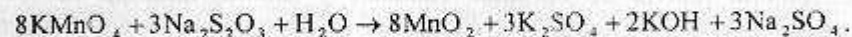
Якщо калій гексацианоферат (II) взяти у надлишку, утворюється золь «берлінської блакиті» з від'ємним зарядом. При надлишку ферум (III) хлориду одержуємо малостійкий золь «берлінської блакиті» з позитивним зарядом.

Методика виконання

У пробірку прилийте 5 мл насиченого розчину калій гексацианоферату (II) $K_4[Fe(CN)_6]$ і додайте по краплинам 1 мл насиченого розчину ферум (III) хлориду. На поверхні утворюється грузла темно-синя паста ферум (III) гексацианоферату (II). Візьміть шматочок цієї пасти скляною паличкою і перенесіть до пробірки з 5 мл дистильованої води. Добре перемішайте розчин. Відмітьте колір утвореного золю «берлінської блакиті» і запишіть рівняння реакції утворення ферум (III) гексацианоферату (II) $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$.

Дослід 3. Одержання золю манган (IV) оксиду MnO_2

Золь манган (IV) оксиду одержують шляхом відновлення калій тетраоксоманганату (IV) натрій триоксотіосульфатом:



При утворенні міцели манган (IV) оксиду потенціалутворюючими є аніони MnO_4^- , а протиіонами – катіони K^+ .

Методика виконання

У пробірку прилийте 1 мл 1,5% розчину калій тетраоксоманганату (IV), додайте 10 мл дистильованої води і за допомогою піпетки (розділ 1.2. рис.10.6) додайте 0,5 мл 1% розчину натрій триоксотіосульфату. Відмітьте колір утвореного золю і запишіть рівняння відновлення калій тетраоксоманганату (IV) до манган (IV) оксиду.

Дослід 4. Одержання золю сульфуру методом заміни розчинника

Золь сульфуру – молочно-білий опалесцюючий золь, який має блакитне забарвлення при боковому освітленні і яскраво жовте при прямому освітленні. Цей золь одержують шляхом заміни розчинника у розчині сульфуру – спирту на воду.

Методика виконання

У пробірку прилийте 5 мл дистильованої води і по краплинам додайте спиртовий розчин сульфуру. Відмітьте колір утвореного золю і порівняйте забарвлення золю при боковому і прямому освітленні. Занотуйте спостереження і зробіть висновки.

Контрольні завдання

1. Які системи називаються дисперсними? Дайте визначення поняттям дисперсна фаза і дисперсійне середовище. Наведіть приклади дисперсних систем і вкажіть яка речовина у цих системах є дисперсною фазою, а яка дисперсійним середовищем.
2. Які системи відносяться до низько дисперсних, високодисперсних і гомогенних? Наведіть приклади цих систем.
3. Як класифікують дисперсні системи за агрегатним станом дисперсної фази і дисперсійного середовища? Охарактеризуйте їх. Наведіть приклади харових дисперсних систем.
4. Як пов'язана технологія приготування їжі з колоїдно-хімічними процесами? Наведіть приклади технологічних процесів, які мають колоїдно-хімічний характер.
5. Охарактеризуйте методи одержання колоїдних систем.
6. У чому полягають методи одержання колоїдних систем шляхом диспергування? Дайте визначення процесу пептизації.
7. На чому основані методи одержання колоїдних систем шляхом конденсації? Наведіть приклади систем, які можуть бути одержані цими методами.
8. Поясніть будову дисперсних частинок. Які іони називаються протиіонами, а які потенціалутворюючими? Чим обумовлений заряд частинок дисперсної фази?
9. До яких методів одержання дисперсних систем відноситься метод заміни розчинника? Наведіть приклади одержання золів цим методом.
10. Для наведених нижче речовин запишіть:
 - 1) Рівняння реакції взаємодії цих речовин.
 - 2) Будови міцел, які утворюються при надлишку першої речовини та надлишку другої речовини.

Варіанти:

- | | |
|---|--|
| 1. $\text{AgNO}_3, \text{KCl};$ | 9. $\text{AgNO}_3, \text{KBr};$ |
| 2. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6], \text{FeCl}_3;$ | 10. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2, \text{KI};$ |
| 3. $\text{KMnO}_4, \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3;$ | 11. $\text{HCl}, \text{Na}_2\text{SiO}_3;$ |
| 4. $\text{AgNO}_3, \text{KI};$ | 12. $\text{AsCl}_3, \text{H}_2\text{S};$ |
| 5. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6], \text{CuSO}_4;$ | 13. $\text{NaOH}, \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3;$ |
| 6. $\text{BaCl}_2, \text{K}_2\text{SO}_4;$ | 14. $\text{SbCl}_3, \text{H}_2\text{S};$ |
| 7. $\text{Na}_3\text{PO}_4, \text{FeCl}_3;$ | 15. $\text{NiCl}_2, \text{H}_2\text{S}.$ |
| 8. $\text{FeCl}_3, \text{H}_2\text{O};$ | |

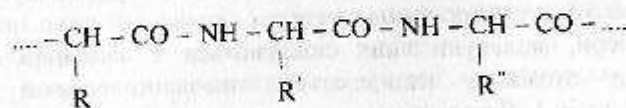
РОЗДІЛ 4

ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ СПОЛУКИ

Високомолекулярні сполуки (ВМС) – речовини, молекули яких складаються з тисяч, десятків тисяч атомів і мають молярну масу порядку 10^4 г/моль і вище. ВМС займають проміжне положення між істинними і колоїдними розчинами. Молекули високомолекулярних сполук, що побудовані шляхом багаторазового повторення тих чи інших структурних одиниць називаються полімерами.

За походженням ВМС поділяються на природні (натуральні), штучні і синтетичні. До природних ВМС відносяться такі полімери, як білки та їх різновиди, крохмаль, глікоген, клітковина, пектинові речовини, натуральний каучук, кварц, слюда та інші. Штучні полімери одержують з природних шляхом хімічної модифікації. До них відносяться нітроцелюлоза, ацетатне та віскозне волокно. Синтетичні полімери одержують з низькомолекулярних сполук – мономерів. Такими є поліетилен, поліпропілен, полістирол. Ці полімери широко використовуються для одержання накувальних матеріалів для харчових продуктів, одноразового посуду.

Макромолекули білків побудовані із залишків амінокислот, які поєднані один з одним пептидними зв'язками $-\text{CO}-\text{NH}-$:



де $\text{R}, \text{R}', \text{R}''$ – бокові групи амінокислотних залишків, які містять карбоксильні групи, аміногрупи, сульфгідрильні, фенольні та інші кислі та основні групи. Їх дисоціація у воді надає молекулі позитивний чи від'ємний сумарний заряд. Величина і знак заряду залежить від рН середовища. У кислому – підсилюються основні властивості білків, а у лужному – кислотні властивості. Стан молекули білка, якому відповідає однакова кількість позитивних і негативних зарядів в молекулі, називається ізоелектричним станом, а відповідне для нього рН середовища – *ізоелектричною точкою* (рН_і). В ізоелектричній точці білки слабо розчинні і мають мінімальний ступень набрякання. Якщо рН

середовища відрізняється від pH_i , білкові молекули можуть переміщуватися в електричному полі.

До іншої групи важливих біологічних високомолекулярних сполук відносяться нуклеїнові кислоти, до складу яких входять залишки фосфатної кислоти, пентозанових сахаридів і пуринових або піримідинових основ.

Макромолекули полісахаридів побудовані із залишків моносахаридів (глюкози, манози, галактози, сахарози, ксилози). До полісахаридів відносяться неіоногенні природні високомолекулярні сполуки і речовини, які мають кислотні властивості (альгінінові кислоти, гепарин).

Синтетичні високомолекулярні сполуки одержують двома способами: полімеризація і поліконденсація. Полімеризація – процес одержання високомолекулярних сполук із низькомолекулярних, який не супроводжується виділенням побічних продуктів і зміною елементарного складу. При поліконденсації відбувається одержання ВМС шляхом взаємодії функціональних груп мономерів. При цьому молекула мономера повинна містити не менш двох функціональних груп. Реакція супроводжується відщепленням низькомолекулярних побічних продуктів (вода, амоніак тощо). Тому склад ВМС, одержаного поліконденсацією, буде відрізнятися від елементарного складу вихідного мономера.

Фізико-хімічні, механічні, електричні та інші властивості ВМС та їх поведінка у різних умовах залежать від будови макромолекул.

Будова молекул високомолекулярних сполук.

Полімери, молекули яких складаються з ланцюгів, побудованих однаковими атомами, називаються гомоланцюговими (поліетилен, полістирол та ін.). Якщо до складу ланцюга входять різні атоми, то такі полімери називаються гетероланцюговими (полієфіри, поліаміди та ін.).

Полімерні молекули деяких сполук можна представити у вигляді окремих ниток. Такі полімери називаються лінійними (рис.4.1.а). Довжина полімерного ланцюгу при цьому перебільшує його поперечні розміри у тисячі разів. Це пояснюється високою гнучкістю окремих молекул полімерів і здатністю їх ланцюгів скручуватися у клубки. Полімерні ланцюги можуть мати розгалуження (рис.4.1.б). У сітчастих полімерах (рис.4.1.в) існують міцні хімічні зв'язки між окремими ланцюгами і це приводить до утворення просторового каркасу.

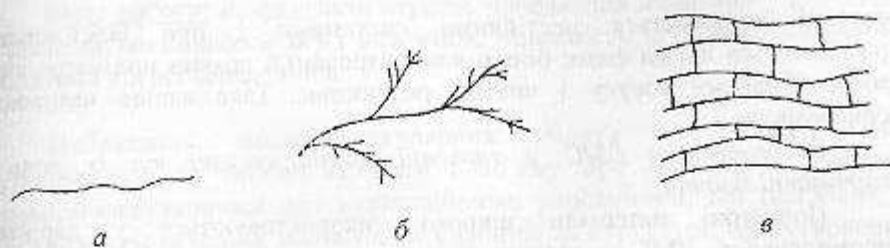


Рис. 4.1. Схеми будови макромолекул синтетичних полімерів:

а – лінійні макромолекули,

б – макромолекули розгалуженої будови,

в – сітчаста структура полімеру.

Розчинення високомолекулярних сполук. Набрякання.

Значна різниця у швидкості дифузії високомолекулярної сполуки і низькомолекулярного розчинника приводить до того, що на першій стадії розчинення невеликі молекули розчинника проникають у простір між сегментами полімерного ланцюгу. Відбувається збільшення об'єму полімерного зразка. Цей процес називається набряканням. Набрякання переходить у власне розчинення (нескінченне набрякання) у тому випадку, якщо між макромолекулярними ланцюгами, між якими проникають молекули розчинника, відсутні поперечні хімічні зв'язки. Відокремлені один від одного ланцюги можуть розподілитися по всьому об'єму розчинника. У полімерних матеріалах, які мають сітчасту структуру, розчинення не можливе і процес закінчується набряканням (обмежене набрякання).

Порівняно невеликі молекули або молекули, які мають глобулярну будову (звернені у клубки – глобули), забезпечують полімерам розчинення без набрякання.

Розчини деяких високомолекулярних сполук, особливо природного походження, під час розчинення навіть у невеликих концентраціях утворюють систему з дуже малою текучістю. У таких системах можлива пружна деформація і помітна швидкість течії виявляється тільки при відповідному напруженні зсуву. Такі системи називаються студнями. За своїми механічними властивостями вони подібні гелям – структурованим дисперсним системам. Утворення студнів спостерігається при охолодженні розчинів білкових речовин, наприклад желатини. Часто

студені виявляються нестійкими системами і при відстоюванні розділяються на дві фази: більш концентрований розчин полімеру, який зберігає форму сосуду і чистий розчинник. Таке явище називають синерезисом.

Використання ВМС у харчовій промисловості та їх роль у харчуванні людини.

Полімерні матеріали широко використовуються у харчовій промисловості. ВМС застосовують як конструкційні матеріали, покриття у харчовому машинобудуванні, для виготовлення тара-пакувальних виробів (плівки, пакувальні матеріали для харчової сировини, напівфабрикатів, готових харчових продуктів, одноразовий посуд), лакового покриття для захисту металічної тари від корозії. Іонообмінні смоли використовуються як сорбенти для очистки, освітлення розчинів, соків, сиропів, для обміну одних іонів на інші (одержання іонічного молока з меншим вмістом кальцію і більш рівномірним розподіленням часток казеїну, очистка води тощо).

Самі харчові продукти у своєму складі містять в основному високомолекулярні речовини. Тому перетворення харчових речовин, які відбуваються при зберіганні, транспортуванні, тереробці, виготовленні з них їжі, треба розглядати як властивості полімерних сполук.

Процеси, що протікають у біологічних системах живого організму, також представляють собою зміни і перетворення ВМС. Так, в обміні речовин приймають участь як структурні білки клітин і тканин, так і ферментні та гормональні системи. ВМС білки координують та регулюють всі хімічні перетворення в організмі, які забезпечують його функціонування як цілого. Полісахариди (крохмаль, клітковина, пектинові речовини та ін.) складають практично три чверті біологічного світу і приблизно 60-80% калорійності харчового раціону.

Лабораторна робота № 6. Визначення залежності ступеню набрякання желатини від рН розчинника

Реактиви і прилади:

Желатина (порошок)	Градуйовані пробірки
Оцтова кислота CH_3COOH , 0,1 М	Градуйовані піпетки ємністю 10 мл
Натрій ацетат CH_3COONa , 0,1 М	

Мета роботи: Розрахувати ступень набрякання желатини у розчинах з різними показниками рН і визначити залежність ступеню набрякання желатини від рН середовища.

Набрякання високомолекулярних сполук – процес, який супроводжується зміною їх маси і об'єму при контакті з рідкими низькомолекулярними або газоподібними речовинами, що пов'язане з поглинанням останніх полімерами і зміною їх структури при утворенні термодинамічно стійких систем. Для з сітчастих полімерів характерний процес обмеженого набрякання. Кількісною характеристикою набрякання – є ступінь набрякання, який визначається кількістю рідини, яка поглинається одиницею маси або об'єму полімеру. Ступінь набрякання можна визначити двома методами – ваговим і об'ємним. У ваговому методі зважують зразок полімеру до і після набрякання і розраховують ступінь набрякання за формулою:

$$\alpha_m = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

де m – наважка зразка після набрякання;

m_0 – наважка зразка до набрякання.

В об'ємному методі визначається об'єм зразка полімеру до і після набрякання і ступінь набрякання розраховують за формулою:

$$\alpha_v = \frac{V - V_0}{V_0} \cdot 100\%, \quad (4.2)$$

де V – об'єм зразка після набрякання;

V_0 – об'єм зразка до набрякання.

Ступінь набрякання змінюється з часом, кінетика процесу представлена на рис. 4.2.

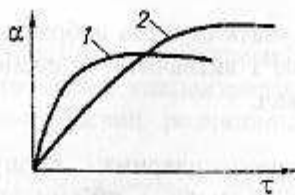


Рис. 4.2. Кінетика обмеженого набрякання полімерів:
1 – полімер, який швидко набрякає;
2 – полімер, який більш повільно набрякає.

Спочатку ступінь набухання швидко зростає, починаючи з деякого часу, досягає максимального значення і стає постійним.

На властивість ВМС набрякати або утворювати гомогенні розчини впливають такі фактори:

- природа полімеру і низькомолекулярної рідини (якщо розчиняється – розчинник);
- рухомість і гнучкість макромолекул;
- ступінь полімеризації або молекулярна маса;
- надмолекулярна маса полімерів;
- поперечні хімічні зв'язки між ланцюгами;
- температура і концентрація компонентів.

Набрякання і розчинення полімерів залежать від хімічної будови їх ланцюгів та молекул низькомолекулярних рідин і у першу чергу від їх полярності. Якщо ланки ланцюгів і молекул рідини близькі за полярністю, то відбувається необмежене або обмежене набрякання, а якщо вони сильно відрізняються за полярністю, тоді процес набрякання може не відбуватися. Наприклад, клітковина, желатина, полівініловий спирт – полярні полімери і добре набрякають у воді, але зовсім не взаємодіють з неполярними рідинами.

При збільшенні молекулярної маси полімеру, довжин макромолекулярних ланцюгів процес розсування ланцюгів стає важчим, що призводить до погіршення процесу набрякання і розчинення. Гнучкість макромолекулярних ланцюгів також сильно впливає на набрякання і розчинення полімерів. Ланки гнучкого ланцюга макромолекул під дією низькомолекулярної рідини достатньо легко розсуваються, поступово відбувається дифузія таких ланцюгів у розчинник в результаті послідовного переміщення груп ланок, тому

ступень набрякання збільшується. Зменшення гнучкості макромолекул приводить до зменшення ступеню набрякання полімеру.

Аморфні та кристалічні полімери по різному відносяться до набрякання. Для деяких полімерів руйнування поперечних зв'язків приводить до зміни властивості до набрякання.

На першій стадії набрякання зазвичай процес проходить екзотермічно, тому підвищення температури приводить до зменшення рівноважного набрякання. На другій стадії набрякання стає ендотермічним і для зсуву рівноваги у бік збільшення ступеню набрякання необхідно збільшити температуру.

Методика виконання

У шість градуйованих пробірок ємкістю на 10 мл помістіть сухий порошок желатини до мітки 1 мл. Додайте у пробірки оцтові буферні розчини, склад яких вказаний у таблиці 4.1. Розчини додавайте обережно по стінкам пробірки, щоб запобігти спливанню порошку на поверхню. Злегка постукайте пальцями по пробірці, щоб порошок повністю змочився буферним розчином.

Розрахуйте значення рН для кожного з шести розчинів за рівнянням:

$$pH = -\lg C_{H^+}, \quad (4.3)$$

$$C_{H^+} = K_o \cdot \frac{C_K}{C_C}, \quad (4.4)$$

де C_{H^+} – концентрація іонів гідрогену у буферних розчинах, моль/л;

C_K – концентрація оцтової кислоти після змішування у пробірках, моль/л;

C_C – концентрація натрій ацетату після змішування у пробірках, моль/л;

$K_o = 1,86 \cdot 10^{-3}$ – константа дисоціації оцтової кислоти.

Розрахуйте концентрації оцтової кислоти C_K та натрій ацетату C_C за допомогою формули:

$$C = \frac{n}{V_{p-ny}}, \quad (4.5)$$

де C – молярна концентрація кислоти (C_K) або солі (C_C), моль/л;

n – кількість молей розчиненої речовини, моль;

$V_{p-ny} = 10^{-2}$ л – об'єм розчину.

Кількість молей розчиненої речовини розраховують за формулою:

$$n = C_0 \cdot V_{проби}, \quad (4.6)$$

де C_0 – вихідна молярна концентрація кислоти або солі, моль/л;

$V_{проби}$ – об'єм проби розчину кислоти або солі, л.

Через одну годину виміряйте об'єм набряклого зразка желатини у кожній пробірці і розрахуйте за формулою (4.2) величину ступеню набрякання. Результати розрахунків занесіть до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Залежність ступеню набрякання желатини від рН буферного розчину

пробірки	Склад буферного розчину				рН	Об'єм желатини до набрякання, (V_1), мл	Об'єм желатини після набрякання, (V_2), мл	Ступінь набрякання, (α_v), %	рН ₁
	СН ₃ СООН,		СН ₃ СООNa,						
	$C_0 = 0,1$ моль/л		$C_0 = 0,1$ моль/л						
	$V_{проби}$, мл	C_K , моль/л	$V_{проби}$, мл	C_C , моль/л					
1	9		1		–	1			
2	7		3		–	1			
3	5		5		–	1			
4	3		7		–	1			
5	1		9		–	1			
6	–		–		10	1			

За одержаними результатами побудуйте графік залежності ступеню набрякання (α_v) від рН розчину. За цим графіком визначте рН₁ желатини, яке відповідає мінімальному значенню ступеню набрякання. Результат розрахунку занесіть до таблиці 4.1. Розрахуйте помилку експерименту (теоретичне значення рН₁ = 4,7):

$$\delta = \frac{pH_{(експ)} - 4,7}{4,7} \cdot 100\%$$

Занотуйте спостереження і зробіть висновки.

Контрольні завдання

1. Які сполуки називають високомолекулярними (ВМС)? Які з них відносяться до полімерів?
2. Як класифікують ВМС за походженням? Наведіть приклади.
3. Які шляхи одержання синтетичних полімерів ви знаєте? Наведіть приклади цих ВМС і відповідних мономерів для їх одержання.
4. Наведіть приклади синтетичних полімерів, які використовують для одержання пакувальних матеріалів для харчових продуктів і при виробництві одноразового посуду.
5. До яких ВМС відносяться білки? Які функціональні групи можуть входити до складу молекули білка? Наведіть приклади.
6. Який стан молекули білка називають ізоелектричним? У чому полягає особливість такого стану? Дайте визначення поняттю рН₁.
7. До якого типу ВМС відносяться нуклеїнові кислоти і полісахариди? Із залишків яких сполук можуть складатися такі ВМС? Наведіть приклади.
8. У чому полягають методи одержання синтетичних ВМС шляхом полімеризації і поліконденсації? Чим відрізняються продукти, одержані цими методами?
9. Як класифікують ВМС за складом? Наведіть приклади.
10. Як класифікують ВМС за будовою? Наведіть приклади і схеми будови цих полімерів.
11. Охарактеризуйте процес набрякання ВМС. Для яких ВМС характерне нескінченне набрякання?

12. У чому особливість процесу набрякання для ВМС, які мають сітчасту структуру? Наведіть приклади таких ВМС.
13. Які системи називають студнями? Для яких ВМС і при яких умовах може відбуватися утворення студенів? Охарактеризуйте стійкість цих систем.
14. Охарактеризуйте шляхи використання ВМС у харчовій промисловості. Наведіть приклади таких ВМС.
15. Поясніть фізіологічну роль ВМС. Наведіть приклади ВМС, які входять до складу харчової сировини і готових продуктів.
16. Для нижче наведених ВМС:
 - 1) Надайте класифікацію за походженням, складом, типом просторової будови ланцюга.
 - 2) Охарактеризуйте можливість використання у харчовій промисловості. Якщо полімер можна вживати у харчовому раціоні, визначте його харчову цінність.

Варіанти:

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1. Глікоген; | 7. Желатина; |
| 2. Полівінілхлорид; | 8. Поліпропілен; |
| 3. Агароїд; | 9. Фторопласт; |
| 4. Епоксидні смоли; | 10. Поліетарол; |
| 5. Клітковина; | 11. Крохмаль; |
| 6. Поліетилен; | 12. Нітроцелюлоза. |

РОЗДІЛ 5 ХАРЧОВІ КИСЛОТИ

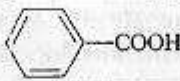
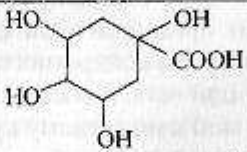
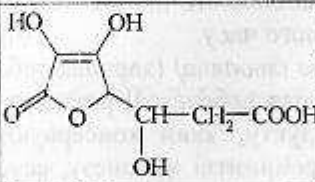
Харчові кислоти представляють собою різноманітну за властивостями групу речовин органічної і неорганічної природи. Склад і особливості хімічної будови харчових кислот різні і залежать від специфіки харчового об'єкту, а також природи утворення кислоти. Назви та формули деяких кислот, які найбільш часто зустрічаються у харчових продуктах, представлені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Основні харчові кислоти

Назва кислоти	Назва іонізованої форми	Структурна формула кислоти	Знаходження у харчовій сировині та готових продуктах
1	2	3	4
Мурашина	Форміат	$\text{H}-\text{COOH}$	Соки, нектари, цукор, продукти переробки фруктів та овочів, безалкогольні напої, м'ясо.
Оцтова	Ацетат	$\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$	Фініки, пиво, спиртні та безалкогольні напої, соки, нектари, продукти переробки фруктів та овочів, м'ясо, молочні продукти.
Гліколева	Гліколят	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Вишні, полуниця, помідори.
Молочна	Лактат	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Яблука, дієтичні продукти, дитяче харчування, пиво, спиртні та безалкогольні напої, соки, нектари, продукти переробки фруктів та овочів, яйця, молочні продукти, цукор, м'ясо.
Гліцеринова	Гліцерат	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	Вишні, полуниця.
Піровиноградна	Піруват	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{O} \end{array}$	Яблука.

1	2	3	4
Щавлева	Оксалат	$\text{HOOC}-\text{COOH}$	Помаранчі, груші, виноград, грейпфрути, лимони, сливи, картопля, помідори, соєві, нектари, продукти переробки фруктів та овочів, безалкогольні напої.
Яитарна	Сукцинат	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Вишні, полуниця, смородина, яблука, боби, морква, помідори, дієтичні продукти, дитяче харчування, пиво, спиртні та безалкогольні напої, соєві, нектари, продукти переробки фруктів та овочів, яйця, молочні продукти.
Фумароза	Фумарат	$\begin{array}{c} \text{HOOC} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{COOH} \end{array}$	Яблука, боби, гриби, морква, помідори.
Яблучна	Малат	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Абрикоси, айва, ананаси, помаранчі, банани, виноград, вишні, грейпфрути, груші, полуниця, лимони, персики, сливи, смородина, фініки, яблука, боби, горох, картопля, морква, помідори, спиртні та безалкогольні напої, пиво, соєві, нектари, продукти переробки фруктів та овочів, молочні продукти.
Винна	Таратрат	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	Авокадо, банани, виноград, вишні, грейпфрути, груші, лимони, сливи, смородина, помідори.
Лимонна	Цитрат	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{COOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Абрикоси, банани, ананаси, помаранчі, виноград, вишні, грейпфрути, лимони, груші, полуниця, фініки, персики, смородина, яблука, боби, картопля, морква, помідори, дієтичні продукти, дитяче харчування, пиво, спиртні та безалкогольні напої, соєві, нектари, продукти переробки фруктів та овочів, молочні продукти, цукор, м'ясо.

1	2	3	4
Аспарагінова	Аспарат	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Полуниця.
Глутамінова	Глутамат	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Дієтичні продукти, дитяче харчування, соєві, нектари, продукти переробки фруктів та овочів, безалкогольні напої, молоко, молочні продукти, харчові концентрати, м'ясо, м'ясні вироби.
Бензойна	Бензоат		Соєві, нектари.
Хінна	Хіннат		Вишні, яблука.
Аскорбінова	Аскорбат		Дієтичні продукти, дитяче харчування, пиво, спиртні та безалкогольні напої, соєві, нектари, продукти переробки фруктів та овочів.
Хлоридна	Хлорид	HCl	Помідори.
Сульфатна	Сульфат	H_2SO_4	Помідори.
Фосфатна	Фосфат	H_3PO_4	Картопля, помідори.

Органічні харчові кислоти містяться у великій кількості видів рослинних харчових об'єктів – ягодах, фруктах, овочах, коренеплодах. Ці кислоти наряду з вуглеводами і ароматичними сполуками формують смак і аромат плодів. Так яблучна кислота і лимонна містяться у абрикосах, ананасах, апельсинах, бананах, винограді, вишнях, грейпфруті, грушах, полуниці. У винограді, грушах, сливах, містяться також винна і щавлева. У полуниці – яитарна, гліцеринова, гліколева та аспарагінова.

К кислотам, що входять до складу фініків відноситься оцтова кислота. А помідори містять крім органічних такі неорганічні кислоти, як фосфорна, соляна, сірчана.

У складі молока і молочних продуктів основною органічною кислотою є молочна кислота, утворення якої пов'язано з біохімічним перетворенням молочного цукру – лактози під дією молочнокислих бактерій. В процесі бродіння також можуть утворюватися оцтова, пропіонова кислоти, етанол, діацетил, стиллоцтовий ефір.

Наявність харчових кислот у готових продуктах може бути результатом введення кислоти у харчову систему під час технологічного процесу для регулювання її рН. У цьому випадку харчові кислоти використовуються як технологічні харчові добавки. Виділяють три основні цілі додавання кислот у харчову систему:

- для надання потрібних органолептичних властивостей (смаку, кольору, аромату), які характерні для конкретного продукту;
- для впливу на колоїдні властивості, що обумовлюють формування консистенції, притаманні конкретному продукту;
- для підвищення стабільності, що забезпечує зберігання якості продукту протягом визначеного часу.

Оцтова кислота (льодяна) (харчова добавка E460) використовується як консервант і смакова добавка. Її роль пов'язують, головним чином, із зниженням рН продукту, який консервують, і дією проти бактерій. Застосовується у виробництві майонезу, соусів, при маринуванні рибної продукції, овочів, ягід, фруктів. В залежності від сировини, з якої одержують кислоту, розрізняють винну, фруктову, яблучну, спиртову і синтетичну оцтову кислоту. У якості харчових добавок використовують ацетати калію і натрію (E461 і E462).

Молочну кислоту одержують молочнокислим бродінням вуглеводів. Як харчова добавка E270 ця кислота використовується у виробництві безалкогольних напоїв, карамельних мас, кисломолочних продуктів.

Лимонна кислота – продукт лимоннокислого бродіння вуглеводів. Застосовується у кондитерській промисловості, при виробництві безалкогольних напоїв і деяких видів рибних консервів (E330).

Яблучна кислота – використовується у кондитерському виробництві та у виробництві безалкогольних напоїв.

Винна кислота – продукт переробки відходів винного виробництва (винні дріжджі, винний камінь) і застосовується у виробництві кондитерських виробів і безалкогольних напоїв (E334).

Янтарну кислоту одержують як додатковий продукт у виробництві адипінової кислоти. Можливо її виділення з відходів янтарю. Використовується у харчовій промисловості для регулювання рН харчових систем (E363).

Фумарова кислота міститься у багатьох рослинах і грибах, утворюється під час бродіння вуглеводів в присутності бактерій. Використовують фумарову кислоту як замітник лимонної і винної кислоти (E297). Фумарова кислота токсична і її вживання з продуктами харчування чітко обмежено – в добу 6 мг на 1 кг маси тіла.

Фосфатна кислота та її солі – фосфати калію, натрію, кальцію широко розповсюджені у харчовій сировині і продуктах її переробки. У великих концентраціях фосфати містяться у молочних, м'ясних і рибних продуктах, у деяких видах злаків і горіхів. Фосфати (E339 - E341) вводяться у безалкогольні напої, кондитерські вироби. Існують норми вживання цих харчових добавок, перевищення яких може викликати дисбаланс кальцію і фосфору.

Лабораторна робота № 7. Харчові кислоти

Реактиви і прилади:

Розчин хлоридної кислоти HCl , 0,1 М
Розчини сульфатної кислоти H_2SO_4 , 0,1 М і конц.
Розчини оцтової кислоти CH_3COOH , 0,1 М і конц.
Розчин олеїнової кислоти, 0,1 М
Розчин сорбінової кислоти, 0,1 М
Розчин масляної кислоти, 0,1 М
Розчин щавлевої кислоти, 0,1 М
Розчин натрій гідроксиду NaOH , 10%
Розчин фенолу $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, 5%
Розчин ферум (III) хлориду FeCl_3 , 0,1 н
Розчин гідроген пероксиду H_2O_2 , 0,3%
Розчин калій тетраоксоманганату (IV) KMnO_4
Бензойна кислота $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ (кристал.)

Саліцилова кислота (кристал.)
Ізоаміловий спирт
Бромна вода
Фруктовий сік
Кисле молоко
Фільтрувальний папір
Універсальний індикатор
Конічна колба ємністю 150 мл
Скляний шпатель
Скляні палички
Скляна лійка
Пробірки
Спиртівка
Водяна баня

Мета роботи: Дослідити властивості харчових кислот. Одержати ароматизатор ізоамілацетат. Навчитися якісно визначати вміст бензойної кислоти у фруктовому соку і вміст молочної кислоти у молочній сироватці.

Дослід 1. Порівняння рН розчинів органічних і неорганічних кислот

За кислотними властивостями органічні (карбонові) кислоти більш слабкі у порівнянні з неорганічними (мінеральними) кислотами. На силу органічних кислот впливає природа радикалу, пов'язаного з карбоксильною групою. Якщо вуглеводневий радикал містить замісники, які зміщують на себе електронну густину (наприклад, $-Cl$, $-C_6H_5$, інші $-COOH$) це приводить до підвищення сили карбонових кислот.

Методика виконання

За допомогою скляних паличок нанесіть на смужки індикаторного паперу по краплині розчинів мінеральних кислот (хлоридна та сульфатна кислоти) і органічних кислот (оцтова, бензойна, саліцилова, олеїнова, сорбінова, масляна і шавлева кислоти). За шкалою рН визначте величину рН для кожної з кислот.

Занотуйте спостереження, поясніть відмінності у величинах рН різних кислот і розташуйте кислоти у ряд збільшення ступеню кислотності.

Дослід 2. Порівняння розчинності оцтової і бензойної кислот у воді

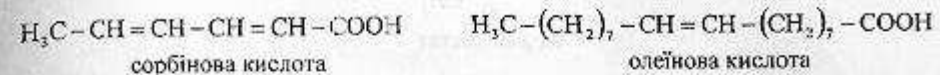
Методика виконання

У дві пробірки налийте по 2 мл дистильованої води і додайте у першу – 2–3 краплини концентрованої оцтової кислоти, а у другу – за допомогою шпателью декілька кристалів бензойної кислоти. Суміші у пробірках ретельно перемішайте. Відзначте відмінності у поведінці обох кислот. Пробірку з бензойною кислотою нагрійте у полум'ї спиртівки до розчинення. Охолодіть пробірку. Після охолодження додайте декілька краплин розчину натрій гідроксиду $NaOH$. Чим пояснюється розчинення осаду?

Занотуйте спостереження і запишіть реакцію взаємодії бензойної кислоти з натрій гідроксидом.

Дослід 3. Визначення ненасиченості сорбінової та олеїнової кислот

Сорбінова кислота та олеїнова кислоти відносяться до класу ненасичених карбонових кислот:



Сорбінова кислота пригнічує розвиток багатьох мікроорганізмів, особливо дріжджових грибків, має високу антимікробну дію, є фізіологічно безпечною і органолептично нейтральною речовиною. З цим пов'язане її широке використання як консерванту у виробництві багатьох харчових продуктів. Олеїнова кислота відноситься до жирних кислот, входить до складу триацилгліцеринів, складних ліпідів.

Методика виконання

А) У три пробірки прилийте по 1 мл розчинів кислот: у першу – сорбінової, у другу – олеїнової, у третю (для порівняння з попередніми кислотами) – розведеної оцтової кислоти. У кожен пробірку додайте 2–3 краплини бромної води. Суміші у пробірках добре перемішайте. Чим обумовлена різна поведінка кислот?

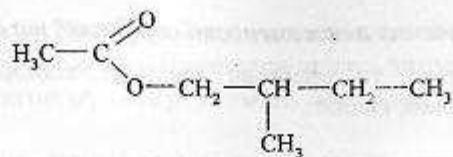
Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакцій взаємодії олеїнової і сорбінової кислот з бромною водою.

Б) У три пробірки прилийте по 1 мл розчинів кислот: у першу – сорбінової, у другу – олеїнової, у третю – оцтової кислоти. У кожен пробірку додайте по 1–2 краплині розчину калій тетраоксоманганату (IV). Суміші у пробірках добре перемішайте. У яких пробірках відбувається знебарвлення розчину калій тетраоксоманганату (IV)?

Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакцій взаємодії олеїнової і сорбінової кислот з калій тетраоксоманганатом (IV).

Дослід 4. Одержання ароматизатору – ізоамілацетату

Ізоаміловий ефір оцтової кислоти (ізоамілацетат) одержують взаємодією ізоамілового спирту і оцтової кислоти у присутності концентрованої сульфатної кислоти при нагріванні.



ізоамілацетат

Цей ефір має приємний запах груш і широко використовується у харчовому та парфумерному виробництві.

Методика виконання

У пробірку налийте 2 мл ізоамілового спирту, додайте 2 мл концентрованої оцтової кислоти та 0,5 мл концентрованої сульфатної кислоти. Пробірку нагрійте на киплячій водяній бані протягом декількох хвилин, періодично струшуючи. Потім охолодіть суміш у пробірці та додайте 2 мл дистильованої води. Відзначте виділення шару ізоамілацетату з характерним запахом грушевої есенції.

Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакції одержання ізоамілового ефіру оцтової кислоти.

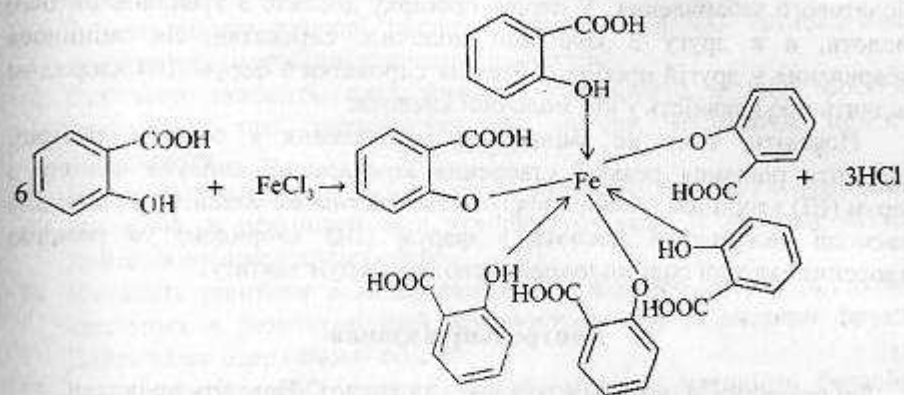
Дослід 5. Якісне визначення вмісту бензойної кислоти у фруктовому соку

Бензойна кислота має антимікробну дію, чим обумовлено її використання як консерванту у виробництві маргаринів, майонезу, делікатесних виробів, що містять майонез. Бензойна кислота широко використовується як консервант для кислої фруктової продукції. В зв'язку з поганою розчинністю у воді замість бензойної кислоти у фруктових соках використовують її сіль – натрій бензоат.

Методика виконання

В одну пробірку помістіть 0,5 г бензойної кислоти і додайте 1 мл води, а в іншу – 1 мл фруктового соку. В обидві пробірки додайте по 1-2 краплі 0,3% розчину H_2O_2 і 1-2 краплі 3% розчину ферум (III) хлориду. Обидві пробірки помістіть у киплячу водяну баню. При зануренні першої пробірки у киплячу воду швидко з'являється червоно-

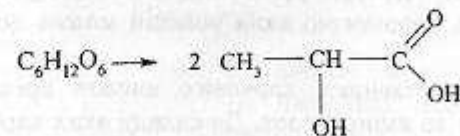
фіолетове забарвлення, що обумовлено реакцією саліцилової кислоти, що утворилася при окисненні бензойної кислоти, з ферум (III) хлоридом:



Відзначте, відбуваються чи ні зміни у другій пробірці при її зануренні у киплячу воду. Занотуйте спостереження і запишіть реакції утворення саліцилової кислоти при окисненні бензойної кислоти і взаємодії саліцилової кислоти с FeCl_3 . Зробіть висновки про вміст бензойної кислоти у фруктовому соку.

Дослід 6. Виявлення молочної кислоти у молочній сироватці

При зберіганні молока відбувається накопичення у ньому молочної кислоти. Молочна кислота утворюється результатом молочнокислого бродіння глюкози, яка утворюється при гідролізі лактози, що міститься у молоці:



Методика виконання

Зробіть з фільтрувального паперу складчастий фільтр і помістіть його у скляну ліжку (розділ 1.2. рис.1.13). У конічну колбу відфільтруйте кисле молоко і за універсальним індикатором визначте рН середовища

фільтрату. У дві пробірки помістіть по 2 краплини розчину ферум (III) хлориду і додайте у кожну по 3 краплини розчину фенолу до появи фіолетового забарвлення. У першу пробірку додайте 3 краплини оцтової кислоти, а в другу 3 краплини молочної сироватки. Як змінилося забарвлення у другій пробірці? Реакція сироватки з ферум (III) хлоридом свідчить про наявність у ній молочної кислоти.

Поясніть, чому не змінюється забарвлення у першій пробірці. Напишіть рівняння реакції утворення комплексної сполуки фенолу з ферум (III) хлоридом (реакція відбувається за тим же механізмом, що і для взаємодії саліцилової кислоти з ферум (III) хлоридом) та реакцію утворення залізної солі молочної кислоти – ферум лактату.

Контрольні завдання

1. Які речовини відносяться до харчових кислот? Наведіть приклади.
2. Назвіть найбільш розповсюджені харчові кислоти неорганічної природи. До складу яких харчових продуктів вони входять?
3. Назвіть найбільш розповсюджені харчові кислоти органічної природи. До складу яких харчових продуктів вони входять?
4. Які представники харчових кислот органічної природи відносяться до гідроксикислот? Наведіть приклади. До складу яких харчових продуктів вони входять?
5. Які представники харчових кислот органічної природи відносяться до двохосновних кислот? До складу яких харчових продуктів вони входять?
6. Які представники харчових кислот органічної природи відносяться до ненасичених кислот? До складу яких харчових продуктів вони входять? За допомогою яких реакцій можна доказати ненасиченість цих кислот.
7. Назвіть представники харчових кислот органічної природи, які відносяться до амінокислот. До складу яких харчових продуктів вони входять?
8. Яка харчова кислота є основною харчовою кислотою, що входить до складу молока? Запишіть реакції, за допомогою яких можна доказати наявність у молочному продукті цієї кислоти?
9. Які харчові кислоти можуть утворюватися при бродінні вуглеводів? Запишіть рівняння реакцій.

10. Назвіть харчові кислоти, які широко використовуються у кондитерському виробництві. До яких класів карбонових кислот вони відносяться?
11. З якою ціллю харчові кислоти додають під час технологічного процесу при одержанні харчових продуктів?
12. Від чого залежить сила кислот? Розташуйте в ряд зростання кислотності такі харчові кислоти: оцтова, мурашина, щавлева, гліцерінова.
13. Напишіть рівняння реакцій взаємодії бутилового спирту з мурашиною кислотою, в результаті якої утворюється ефір із запахом вишень. Дайте назву одержаному ефіру.
14. Напишіть рівняння реакцій взаємодії етилового спирту з оцтовою кислотою, в результаті якої утворюється ефір із запахом фруктів. Дайте назву одержаному ефіру.
15. За допомогою яких реакцій можна доказати наявність бензойної кислоти у харчовому продукті? Запишіть рівняння цих реакцій, дайте назви одержаним сполукам.
16. Для наведеної нижче кислоти запишіть:
 - 1) Структурну формулу, вкажіть, які функціональні групи входять до її складу.
 - 2) Охарактеризуйте її хімічні властивості. З якими з реагентів вона вступає в реакції: п'ятихлористий фосфор, етанол, натрій гідроксид, бромна вода (вказати умови перебігу реакції), метилхлорид, ферум хлорид? Запишіть ці реакції.
 - 3) До складу яких харчових продуктів вона входить? Якщо використовується як харчова добавка, то де використовується?

Варіанти:

- | | |
|-----------------|------------------|
| 1. Оцтова; | 9. Винна; |
| 2. Гліколева; | 10. Лимонна; |
| 3. Молочна; | 11. Бензойна; |
| 4. Гліцерінова; | 12. Аскорбінова; |
| 5. Щавлева; | 13. Хлоридна; |
| 6. Янтарна; | 14. Фосфатна; |
| 7. Фумарова; | 15. Хінна; |
| 8. Яблучна; | 16. Мурашина. |

РОЗДІЛ 6

АМІНОКИСЛОТИ ТА БІЛКОВІ РЕЧОВИНИ

Білками, або білковими речовинами (протеїнами, від грецької *protas* – перший, важливий), називають високомолекулярні (молекулярна маса в межах від 5–10 тис. до 1 млн. та більше) природні полімери, молекули яких побудовані залишками амінокислот. Кількість останніх може досягати декількох тисяч. Кожен білок має свою, притаманну тільки йому послідовність розташування амінокислотних залишків.

Фізіологічні функції білків дуже різноманітні. Вони виконують каталітичні (ферменти), регуляторні (інсулін підшлункової залози, гормон росту), структурні (колаген, фіброїн, кератин волосся, нігті), рушійні (міозин), транспортні (гемоглобін, міоглобін), захисні (імунглобуліни, інтерферон), запасні (казеїн, альбумін) та інші функції. Серед білків зустрічаються антибіотики та речовини, які мають токсичний вплив.

Білки складають головну частину біомембран, які є важливою складовою частиною клітини та її компонентів. Особлива властивість білка – самоорганізація структури, тобто його властивість самовільно утворювати відповідну просторову структуру, яка притаманна тільки цьому білку.

Послідовність послідовності амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюгу одержала назву первинної структури білка (рис. 6.1).

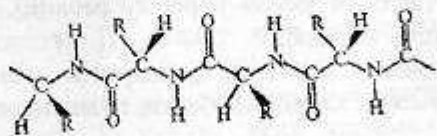


Рис. 6.1. Схематичне зображення первинної структури білка

Білкова молекула може складатися з одного або декількох поліпептидних ланцюгів, кожен з яких містить різну кількість амінокислотних залишків. Кількість можливих комбінацій амінокислотних залишків практично нескінченна, проте не всі комбінації існують у природі. Загальна кількість різних білків у живих організмах складає величину порядку $10^{10} - 10^{12}$.

Для білків, будова яких більш складна, окрім первинної структурної організації розрізняють вторинну, третинну, а іноді четвертинну

структуру. Вторинна структура утворюється завдяки водневим зв'язкам між пептидними групами амінокислотних залишків. Водневі зв'язки можуть утворюватися між групами у межах одного поліпептидного ланцюга (α -структура) та між групами, що відносяться до сусідніх ланцюгів (β -структура). На рис. 6.2 представлено схематичне зображення двох типів вторинної структури білка.

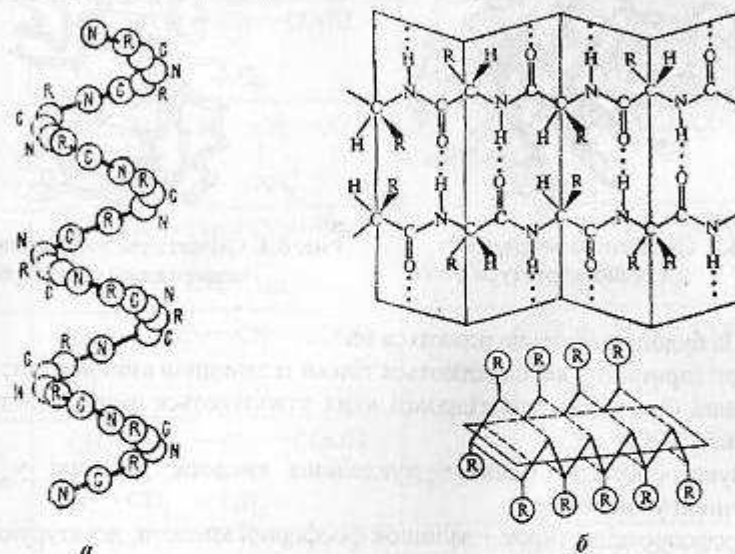


Рис. 6.2. Схематичне зображення вторинної структури білка:
а – α -структура, б – β -структура.

Поліпептидні ланцюги з вторинною структурою завдяки водневим, іонним та гідрофобним зв'язкам можуть бути по-різному розташовані у просторі. Таке просторове розташування одержало назву третинної структури (рис. 6.3). Розрізняють глобулярні (шароподібні) і фібрилярні (ниткоподібні) білки. В результаті згортання спіралеподібних (α -структура) поліпептидних ланцюгів макромолекули глобулярних білків мають сферичну форму. Більшість білків тваринного і рослинного походження відноситься до глобулярних. Для фібрилярних білків більш характерна β -структура поліпептидних ланцюгів. Прикладом таких білків можуть бути білки м'язової, рогової тканини.

Лабораторна робота № 8. Дослідження властивостей амінокислот і білків

Реактиви і прилади:

Розчин гліцину, 0,1%
Розчин аспарагінової кислоти, 0,1%
Розчин лізину, 0,1%
Розчин аргентум нітрату AgNO_3 , 1%
Розчин натрій нітрату NaNO_3 , насич.
Розчин нісгідрину, 0,1%
Розчини хлоридної кислоти HCl , 0,01 М і конц.
Розчин купрум (II) сульфату CuSO_4 , 1%
Розчин плюмбум (II) ацетату $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$, 1%
Розчини натрій гідроксиду NaOH , 30% і 10%
Розчин амоніаку NH_4OH , конц.
Розчин амоній сульфату NH_4SO_4 , насич.

Розчин яєчного білка
Розчин желатини, 1%
Оцтова кислота CH_3COOH , конц.
Сульфатна кислота H_2SO_4 , конц.
Нітратна кислота HNO_3 , конц.
Купрум (II) оксид (кристал.)
Фенолфталеїн
Універсальний індикатор
Дерев'яна лучинка
Скляні палички
Спиртівка
Пробірки

Мета роботи: Дослідити властивості амінокислот і білків.

Дослід 1. Порівняння рН розчинів амінокислот

Методика виконання

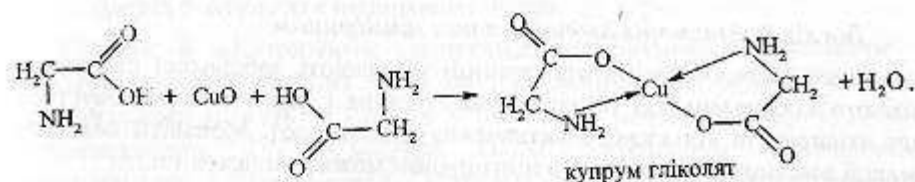
За допомогою скляних паличок нанесіть на смужки індикаторного паперу краплини розчинів різних амінокислот (гліцин, лізин та аспарагінова кислота). За шкалою рН визначте величину рН для кожної з кислот.

Занотуйте спостереження, запишіть реакції утворення цвітер-іонів для цих кислот і поясніть, чому рН розчинів амінокислот відрізняються.

Дослід 2. Одержання комплексної мідної солі амінокислот

Амінокислоти утворюють з іонами важких металів хелатні комплекси, із яких найбільш відомі темно-сині сполуки з іоном купруму (II).

Утворення хелатів типу CuA_2 використовується при комплексометричному титруванні ряду амінокислот. Так, наприклад, утворення хелату гліцину з купрум (II) можна записати так:



Методика виконання

У пробірку налейте 1 мл 10% розчину гліцину та додайте за допомогою скляного шпателя невелику кількість купрум (II) оксиду. Пробірку з сумішшю закріпіть у спеціальному затискувачі та нагрійте на спиртівці до кипіння. **Пам'ятайте:** спочатку прогрівається уся пробірка, потім гріється безпосередньо нижня частина пробірки, де знаходиться реакційна суміш. Інакше пробірка може тріснути.

Відзначте зміну кольору розчину у пробірці. Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакції утворення мідної солі гліцину.

Дослід 3. Взаємодія амінокислот з нітритною кислотою

Амінокислоти, як і первинні аміни реагують з нітритною кислотою HNO_2 з відщепленням азоту N_2 . При цьому аміногрупа заміщується гідроксилом. Визначення кількості виділеного азоту використовується для кількісного аналізу амінокислот по Ван Слайку (1910 р.)

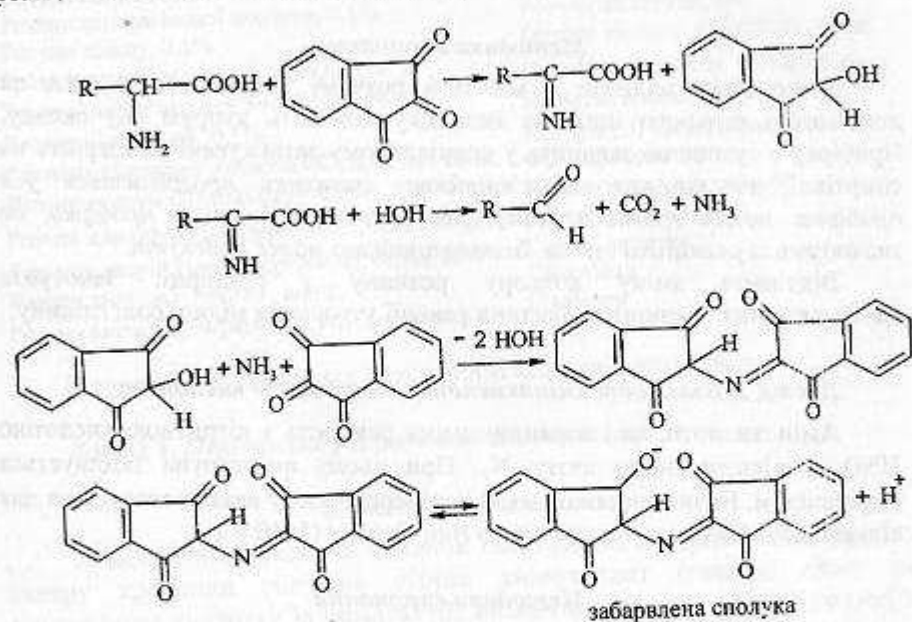
Методика виконання

У пробірку налейте 1 мл 10% розчину гліцину, додайте 1 мл концентрованої оцтової кислоти і перемішайте. До суміші у пробірці додайте по краплям 1 мл розчину натрій нітриту NaNO_2 . Підпаліть дерев'яну лучинку і піднесіть її до отвору пробірки. Чи підтримує горіння газ, який виділяється в результаті реакції?

Занотуйте спостереження. Запишіть рівняння реакцій взаємодії натрій нітриту з оцтовою кислотою з утворенням нітритної кислоти та взаємодії нітритної кислоти з гліцином.

Дослід 4. Взаємодія амінокислот з нінгідрином

Різні амінокислоти з нінгідрином утворюють забарвлені сполуки з різними відтінками. Ця реакція дуже чутлива і часто використовується для якісного та кількісного визначення амінокислот. Механізм перебігу реакції взаємодії амінокислот з нінгідрином можна записати так:



Методика виконання

У три пробірки налейте по 2 мл розчинів амінокислот: у першу – гліцин, у другу – аспарагінову кислоту, а в третю – лізин. Додайте у кожен пробірку по 2–3 краплі розчину нінгідрину. Суміші у пробірках прогрійте на спиртівці до кипіння. Зверніть увагу на появу забарвлення у кожній з них.

Занотуйте спостереження та запишіть рівняння реакції взаємодії амінокислот з нінгідрином.

Дослід 5. Буферні властивості білків

Білки є амфотерними сполуками, що обумовлено наявністю у радикалах амінокислотних ланок карбоксильних та аміногруп. Білки, як і амінокислоти можуть зв'язувати у розчині як іони гідрогену H^+ , так і гідроксид-іони OH^- . Завдяки своїм амфотерним властивостям амінокислоти і білки можуть використовуватися як буферні системи, реагуючи як слабкі кислоти або як слабкі основи.

Методика виконання

А) В пробірку налейте 1 мл розчину хлоридної кислоти з концентрацією 0,01 М і нанесіть краплину цього розчину на смужку універсального індикаторного паперу. Визначте рН розведеного розчину хлоридної кислоти. Додайте у пробірку 2 краплі індикатору конго червоного. У який колір забарвлюється розчин кислоти?

У чисту суху пробірку налейте 1 мл розчину білка і 1–2 краплі розведеного розчину хлоридної кислоти, для якого перевіряли рН середовища. Ретельно перемішайте. Як змінилося забарвлення розчину? Перевірте рН розчину за допомогою універсального індикаторного паперу. Відмітьте зміну рН середовища при додаванні білка і занотуйте спостереження.

Б) В пробірку налейте 1 мл розчину натрій гідроксиду з концентрацією 0,01 М. Визначте рН розчину за допомогою універсального індикаторного паперу. Додайте 2–3 краплі індикатору фенолфталеїну. Відмітьте забарвлення розчину у рожевий колір.

У чисту суху пробірку налейте 1 мл розчину білка і 2 краплі забарвленого розчину натрій гідроксиду. Рожевий колір зникає, це обумовлено зменшенням концентрації OH^- . Визначте рН розчину за допомогою універсального індикаторного паперу і порівняйте його з попереднім рН для розведеного розчину луку. Занотуйте спостереження.

Дослід 6. Кольорові реакції на білки

Для білків характерний ряд кольорових реакцій. Деякі з цих реакцій властиві для усіх білків, не залежно від їх амінокислотного складу. До таких реакцій відносяться: *біуретова* – якісна реакція на пептидний зв'язок (поява фіолетового забарвлення при додаванні до білку розчину

купрум (II) гідроксиду) та *нінгідрина* (виникнення синьо-фіолетового забарвлення при додаванні до білку нінгідрину). Нінгідрина реакція властива як амінокислотам так і білкам і була розглянута вище для амінокислот.

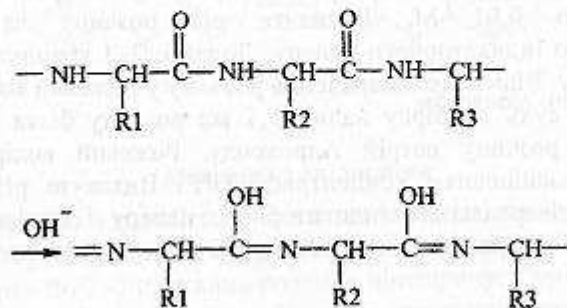
Інші кольорові реакції характерні для окремих амінокислот і відповідно для білків, що мають ланки цих амінокислот у своєму складі. До таких реакцій відносяться: *ксантопротеїнова* (поява жовтого забарвлення при додаванні азотної кислоти до амінокислоти або білку, які містять радикали з ароматичними кільцями) та *сульфгідрильна* (випадіння чорно-бурого осаду плумбум (II) сульфід у умовах нагрівання при взаємодії плумбіту з розчином білка або амінокислоти, що містять радикали з сульфгідрильними групами).

Методика виконання

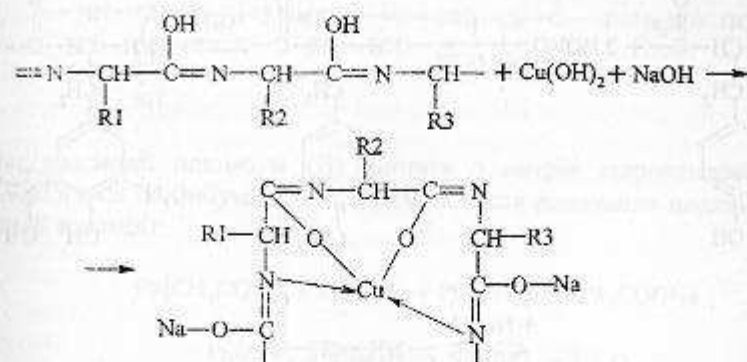
А) Біуретова реакція.

В одну пробірку налейте 1 мл розчину яєчного білка, а у другу – 1 мл розчину желатини. В обидві пробірки прилийте по 1 мл 30% розчину натрій гідроксиду та по 2 краплини 1% розчину купрум (II) сульфату.

Відмітьте появу забарвлення розчинів в пробірках. Занотуйте спостереження та запишіть рівняння реакції утворення біуретового комплексу:



енолізація пептидних груп у лужному середовищі



біуретовий комплекс

Б) Нінгідрина реакція.

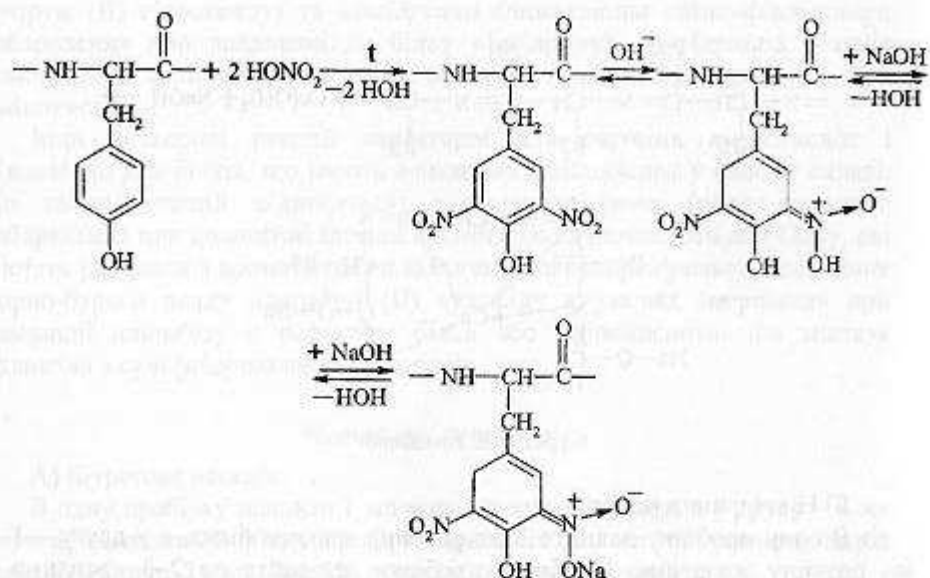
В одну пробірку налейте 1 мл розчину яєчного білка, а у другу – 1 мл розчину желатини. В обидві пробірки прилийте по 2-3 краплини розчину нінгідрину. Суміші у пробірках прогрійте на спиртівці до кипіння.

Відмітьте появу забарвлення розчинів в пробірках і занотуйте спостереження.

В) Ксантопротеїнова реакція.

У пробірку налейте 1 мл розчину яєчного білка та прилийте 1 мл концентрованої нітратної кислоти. Суміш у пробірці нагрійте на спиртівці до кипіння, а після охолодження додайте по краплям концентрований розчин амоніаку до появи оранжево-червоного забарвлення. Реакція обумовлена утворенням солей таутомерних ациформ нітросполук, що утворюються після нітрування ароматичних радикалів амінокислотних ланок у складі білка з подальшою обробкою лугом.

Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакції нітрування бензольного ядра фенілаланіну у фрагменті білкової молекули:

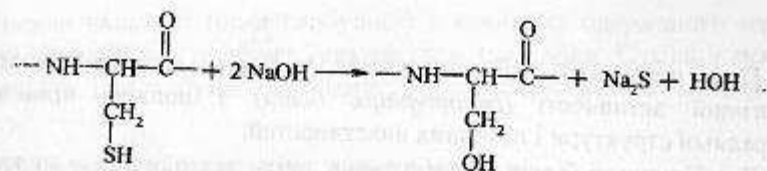


В) Сульфгидрильна реакція.

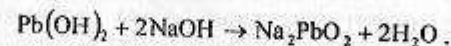
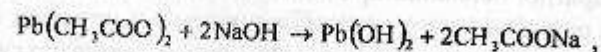
Налийте у пробірку 1 мл розчину яєчного білка та додайте 2 мл концентрованого розчину натрій гідроксиду. Суміш у пробірці прокип'ятіть на спиртівці протягом 2 хвилин. За запахом відмітьте виділення амоніаку (при дії лугу, крім часткового гідролізу пептидних зв'язків, відбувається відщеплення аміногруп у вигляді амоніаку).

До одержаного гарячого лужного розчину білка додайте 1 мл розчину п्लомбум (II) ацетату. Знову прокип'ятіть суміш протягом 2 хвилин. Відмітьте зміну кольору розчину, чим це обумовлено? Іноді може випадати чорно-бурий осад п्लомбум (II) сульфід.

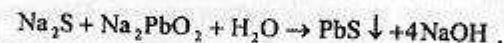
Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакцій, що описують весь процес. При взаємодії білка, який містить ланки сірковмісних амінокислот, із натрій гідроксидом в умовах нагрівання одним з продуктів реакції є натрій сульфід:



При взаємодії п्लомбум (II) ацетату з натрій гідроксидом спочатку утворюється п्लомбум (II) гідроксид, а після додавання надлишку лугу – натрій п्लомбіт:



Реакція натрій п्लомбіту з натрій сульфідом приводить до утворення осаду п्लомбум (II) сульфід:



Дослід 7. Осадження білків

Стійкість білків у біологічних рідинах організму людини обумовлена двома факторами: зарядом та гідратною оболонкою – для гідрофільних білків і тільки зарядом – для гідрофобних білків. Для кожного білка характерна стійка тривимірна конфігурація при якій він виявляє біологічну активність при фізіологічних умовах. Ця структура називається *нативною конформацією білка*.

Для білків характерні висока в'язкість розчинів, незначна дифузія, властивість до набрякання, оптична активність, рухомість в електричному полі та інші. При зміні зовнішніх умов нативна структура білків порушується. Зміна унікальної структури білкової молекули, яка приводить до втрати характерних властивостей білка (розчинність, електрофоретична рухомість та інші) називається *денатурацією*. Про денатурацію свідчить різке зниження біологічної активності білка, при цьому руйнуються невалентні водневі та дисульфідні зв'язки і не змінюються пептидні.

При нетривалій дії зовнішніх факторів можливе повернення біологічної активності (*ренатурація білка*) з повним відновленням попередньої структури і нативних властивостей.

Для більшості білків ізoeлектрична точка знаходиться у межах $pH = 5,5 - 7,0$. В ізoeлектричній точці білки менш стійкі і легко осаджуються. Стійкість білкової молекули визначається наявністю зарядів у поліпептидному ланцюгу і утворенням гідратної оболонки. Відсутність зарядів і гідратної оболонки приводить до зближення і злипання білкових молекул. В результаті чого вони збільшуються у розмірах і осаджуються під дією власної сили тяжіння. Це явище називається *коагуляцією*. Коагуляція буває зворотною, якщо після припинення дії зовнішніх факторів білок повертається у попередній стан, і незворотною, якщо відновлення не відбувається.

Коагуляція білків під дією солей мінеральних кислот (хлориди, сульфати та інші) є зворотною. Такі солі нейтралізують електричний заряд білка, руйнують його гідратну оболонку і білок осаджується. При додаванні до такого розчину води білок знову розчиняється. Такий процес називається *пептизацією*.

Незворотна коагуляція білка відбувається при нагріванні, під дією солей важких металів, концентрованих мінеральних кислот.

Методика виконання

А) Осадження білка при нагріванні.

У пробірку налийте 1 мл розчину яєчного білка та нагрійте на спиртівці до кипіння. Занотуйте спостереження та поясніть, які зміни структури білка відбуваються під час нагрівання.

Б) Осадження білка під дією мінеральних кислот.

У три пробірки налийте по 1 мл розчину білка та додайте по краплям: у першу – концентровану сульфатну кислоту, у другу – концентровану хлоридну кислоту, у третю – концентровану нітратну кислоту. Відзначте, як діють на білок перші краплі кислот та надлишок кожної кислоти. Перевірте, чи розчиняються у воді осадки, які утворилися та занотуйте спостереження.

В) Осадження білка солями мінеральних кислот.

У пробірку налийте 0,5 мл розчину яєчного білка та додайте 0,5 мл насиченого розчину амоній сульфату. Суміш у пробірці злегка струсіть.

Після появи каламуті (осад глобуліну) 1 краплину одержаного мутного розчину перелийте у пробірку, яка містить 1 мл води. Суміш у пробірці перемішайте. Що відбувається? Занотуйте спостереження на кожній стадії процесу.

Г) Осадження білка солями важких металів.

У дві пробірки налийте по 1 мл розчину яєчного білка та додайте: в першу пробірку – 3 краплини розчину купрум (II) сульфату, а у другу – 3 краплини розчину плюмбум (II) ацетату. Потім прилийте до кожної пробірки по 2 мл води. Занотуйте спостереження.

Контрольні завдання

1. Які сполуки відносяться до білків? Охарактеризуйте знаходження білків у природній сировині та їх роль у харчуванні людини.
2. Зазначте основні фізіологічні функції білків і визначте їх харчову цінність.
3. Які ступені ускладнення структури білка ви знаєте? Охарактеризуйте їх. У чому полягає особливість вторинної структури? Для молекул яких білків можливе існування четвертинної структури?
4. Які білки мають просту будову, а які до складну? Наведіть приклади.
5. Які амінокислоти відносяться до незамінних? У чому полягає їх особливість і які наслідки недостатку незамінних амінокислот в організмі людини?
6. Поясніть наявність оптичної активності у амінокислот. Наведіть приклади енантіомерів для тирозину і аспарагінової кислоти.
7. Охарактеризуйте фізичні властивості амінокислот. Поясніть існування ізoeлектричного стану для молекул амінокислот. На прикладі аспарагінової кислоти і цистеїну розгляньте утворення цвітер-іонів і визначте pH .
8. За допомогою яких реакцій можна доказати наявність аміногруп в молекулах амінокислот? Запишіть ці реакції для ізоейцину і серину. Назвіть одержані сполуки.
9. Чим обумовлені буферні властивості амінокислот і білків? Запишіть рівняння реакцій, що доводять наявність цих властивостей на прикладі лейцину.

10. Які кольорові реакції на білки ви знаєте? Про що свідчать ці реакції? Які кольорові реакції властиві для трипептиду тирозил-орнітил-валін. Запишіть рівняння цих реакцій.
11. Які фактори можуть приводити до денатурації білка? Який процес називають ренатурацією білка?
12. Поясніть у чому полягає коагуляція білка, що може привести до коагуляції. Який процес називається пептизацією?
13. У яких випадках коагуляція білка є зворотною, а у яких незворотною? Наведіть приклади.
14. Для приведеної нижче амінокислоти запишіть:
 - 1) Структурні формули антиподів і число оптичних ізомерів.
 - 2) Утворення цвітер-іону і визначте рН.
 - 3) Реакції, які доказують амфотерність кислоти (з розчином лугу і з соляною кислотою), реакцію з нітритною кислотою, етанолом, метил хлоридом, п'ятихлористим фосфором.
 - 4) Реакцію утворення трипептиду (назви додаткових амінокислот приведені у дужках). Дайте назву одержаного трипептиду, вкажіть його кольорові реакції і визначте рН.

Варіанти:

1. Валін (гліцин, лейцин);
2. Гліцин (валін, аланін);
3. Лейцин (аланін, аспарагінова кислота);
4. Ізолейцин (аланін, лізин);
5. Лізин (серин, орнітин);
6. Метіонін (триптофан, глютамінова кислота);
7. Тирозин (метіонін, валін);
8. Триптофан (треонін, гістидин);
9. Фенілаланін (аспарагінова кислота, лейцин);
10. Аланін (ізолейцин, лізин);
11. Серин (тирозин, орнітин);
12. Цистеїн (лізин, триптофан);
13. Треонін (фенілаланін, гліцин);
14. Орнітин (глютамінова кислота, аргінін);

15. Аспарагінова кислота (гістидин, тирозин);
16. Глютамінова кислота (триптофан, цистеїн);
17. Аргінін (лізин, аланін);
18. Гістидин (валін, тирозин).

РОЗДІЛ 7 ВУГЛЕВОДИ

Вуглеводи – складні природні сполуки переважно солодкі на смак, хімічна структура більшості з яких відповідає загальній формулі $C_n(H_2O)_n$. Вуглеводи утворюються у рослинах під час фотосинтезу під дією сонячного світла. До цього класу сполук відносяться як низькомолекулярні речовини, які містять декілька атомів карбону так і речовини, молекулярна маса яких досягає декількох мільйонів.

Згідно сучасній класифікації вуглеводи поділяють на три основні групи: моносахариди, олігосахариди та полісахариди. Моносахариди складаються з 3–9 атомів карбону, найбільш розповсюджені пентози та гексози. За функціональною групою вони поділяються на альдози (містять альдегідну групу) і кетози (містять кето-групу). Молекули олігосахаридів складаються з 2–10 залишків моносахаридів, поєднаних глікозидними зв'язками. Полісахариди бувають двох типів: гомополісахариди (складаються з моносахаридних одиниць одного типу) і гетерополісахариди (складаються з двох і більше типів моносахаридних ланок).

Основним джерелом вуглеводів у харчуванні є рослинні продукти. Потреба людини у вуглеводах пов'язана з енергетичними витратами організму. Але надлишок вуглеводів викликає ожиріння, порушення нервової системи та ін. Вуглеводи за вживанням і перетворенням в організмі умовно поділяють на ті, що перетравлюються (моносахариди – глюкоза, фруктоза, галактоза; дисахариди – сахароза, мальтоза; полісахариди – декстрини, крохмаль) і на баластні речовини (полісахариди – клітковина, геміцелюлоза, пектинові речовини). Крохмаль – основний полісахарид, що використовується у харчуванні (до 80% від усіх вуглеводів).

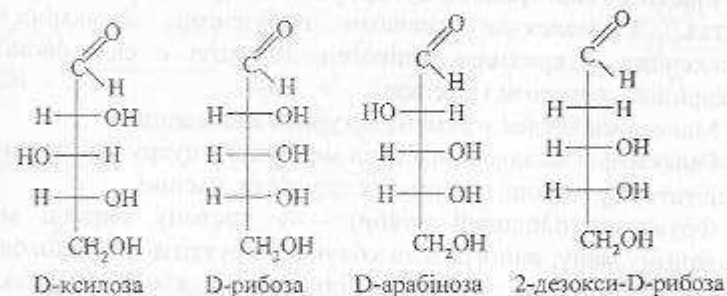
Серед важливих функцій вуглеводів слід відмітити:

1. **Енергетична функція.** При окисненні вуглеводів у процесі дихання виділяється енергія, що забезпечує значні енергетичні потреби організму.
2. **Пластична функція.** Вуглеводи використовуються при синтезі нуклеїнових кислот, амінокислот, білків та інших сполук.
3. **Захисна функція.** Вуглеводи – головні компоненти оболонок рослинних тканин, приймають участь в утворенні клітинних мембран.

4. **Опорна функція.** Клітковина та інші полісахариди утворюють міцний каркас рослини, її механічні та опорні тканини. Разом з білками вуглеводи входять до складу хрящових тканин, які виконують опорні функції у людини та тварин.

5. **Регуляторна функція.** Баластні речовини впливають на перистальтику кишечника, сприяють виведенню із організму холестерину, перешкоджають всмоктуванню отруйних речовин та покращують травлення. Моносахариди відіграють значну роль в регуляції осмотичних процесів.

Моносахариди (монози) за хімічною будовою відносяться до альдегідів і кето-спиртів. Фішером була запропонована зручна форма запису структурних формул вуглеводів, у якій символ атому карбону не записують, припускаючи що він знаходиться на місці перетину прямих, що показують хімічні зв'язки у молекулі. Серед пентоз (моносахариди, що містять 5 атомів карбону) найбільш розповсюдженими є альдопентози, наприклад:

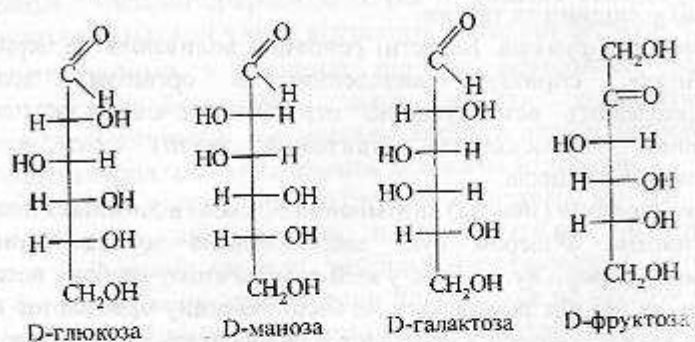


Ксилулоза (деревинний цукор) міститься у зулусі хлопка, кукурудзяних качанах. Ксилулоза входить до складу полісахаридів – пентозанів. У поєднанні з фосфором ксилулоза утворює активні сполуки, що відіграють важливу роль у взаємних перетвореннях вуглеводів.

Рибоза є універсальним компонентом головних біологічно активних молекул, які відповідають за передачу спадкової інформації (рибонуклеїнова (РНК) і дезоксирибонуклеїнова (ДНК) кислоти), входить до складу АТФ і АДФ, за допомогою яких в організмі запасується і переноситься хімічна енергія.

Арабіноза міститься в хвойних рослинах, буряковому жомі, входить до складу полісахаридів – пектинових речовин, гум (камеді), геміцелюлоз.

Серед представників гексоз (моносахариди, що містять 6 атомів карбону) слід відмітити такі сполуки:



Глюкоза (виноградний цукор) у вільному вигляді міститься у ягодах, фруктах. З молекули глюкози побудовані дисахарид мальтоза, полісахариди – крохмаль, глікоген. Глюкоза є складовою частиною дисахаридів – сахарози і лактози.

Манноза міститься у ячмені, шкурках апельсинів.

Галактоза – складова частина молочного цукру (дисахарид лактоза), яка міститься у молоці, рослинних тканинах, насінні.

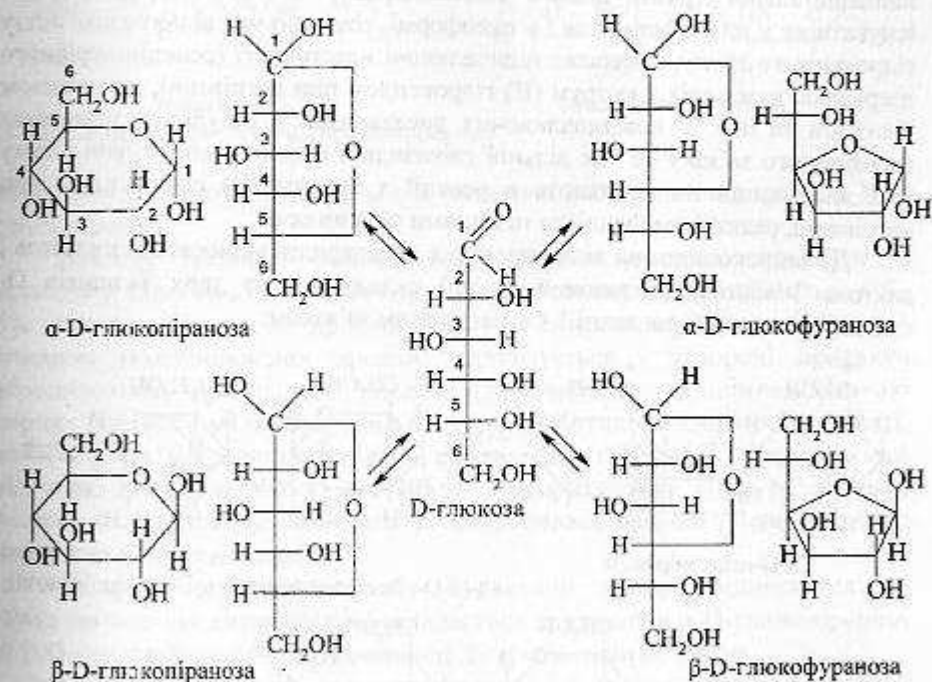
Фруктоза (плодовий цукор) – у чистому вигляді міститься у бджолиному меду, винограді та яблуках. Фруктоза є складовою частиною дисахариду сахарози. Фруктоза більш солодка ніж глюкоза, тому для одержання продуктів з тією ж солодкістю необхідна менша кількість фруктози ніж глюкози. Перетворення фруктози в організмі протікає інакше, ніж глюкози, що дуже важливо для хворих на цукровий діабет.

Наявність у моносахаридах асиметричних атомів карбону обумовлює існування оптичних ізомерів, що можуть обертати площину коливань лінійно поляризованого світла. Моносахариди, у молекулах яких гідроксильна група у найбільш віддаленого від альдегідної групи асиметричного атому карбону розташована ліворуч, відносяться до L-ізомерів, якщо праворуч – до D-ізомерів.

Моносахариди можуть існувати як у відкритій (оксоформа) так і в циклічній формі. Циклічні форми вуглеводів зручно записувати за допомогою формул Хеуоса (формула записується плоскою, атоми і групи,

які у формулах Фішера розташовані праворуч записують під площиною кільця, а ті, що ліворуч – над площиною кільця).

Циклізація може відбуватися з утворенням піранози або фуранози. При утворенні циклічної форми карбонільна група, яка лежить в одній площині, перетворюється у систему тетраедричного атому карбону. Виникає новий асиметричний центр і тому можливі дві конфігурації: якщо полуацетальний гідроксил розташований над площиною кільця (в формулі Хеуоса) утворюється β-форма для D-ізомерів, а для L-ізомерів – α-форма, а якщо полуацетальний гідроксил розташований під площиною кільця утворюються α-форма для D-ізомерів, а для L-ізомерів – β-форма. Покажемо утворення циклічних форм на прикладі молекули D-глюкози:



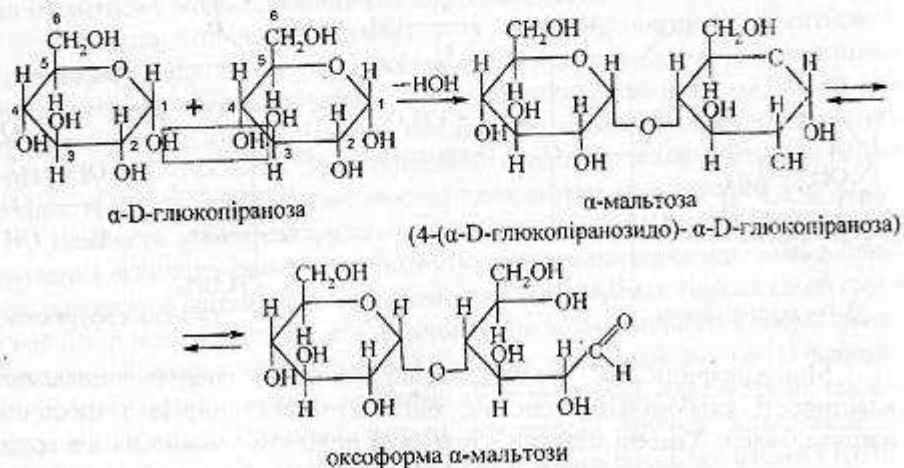
Моносахариди як полігідроксикарбонільні сполуки виявляють властивості карбонільних сполук, багатоатомних спиртів і циклічних напівацеталей. Хімічні властивості можна поділити умовно на дві групи:

реакції за участю відкритих форм (оксоформи) моносахаридів, і реакції, у яких приймають участь циклоформи моносахаридів.

Олігосахариди складаються із залишків моносахаридів (від 2 до 10 залишків), поєднаних глікозидними зв'язками. В залежності від кількості цих залишків розрізняють дисахариди, трисахариди та ін.

Молекули дисахаридів містять два залишки одного моносахариду або різних моносахаридів. В залежності від способу утворення глікозидного зв'язку дисахариди поділяють на два типи: відновлюючі та невідновлюючі. У відновлюючих дисахаридах глікозидний зв'язок утворюється в результаті взаємодії глікозидної (напіацетальної) групи одного і будь-якої, але не напіацетальної групи іншого моносахариду. Такий дисахарид може існувати як у циклоформі так і в оксоформі, тому що має вільну глікозидну гідроксильну групу, і виявляє відновлюючі властивості (реакція «срібного дзеркала», взаємодія з купрум (II) гідроксидом при нагріванні, з реактивом Феллінга та ін.). У невідновлюючих дисахаридах в результаті утворення глікозидного зв'язку не має вільної глікозидної гідроксильної групи і тому такі дисахариди не вступають в реакції з купрум (II) гідроксидом при нагріванні, реактивом Феллінга та іншими окисниками.

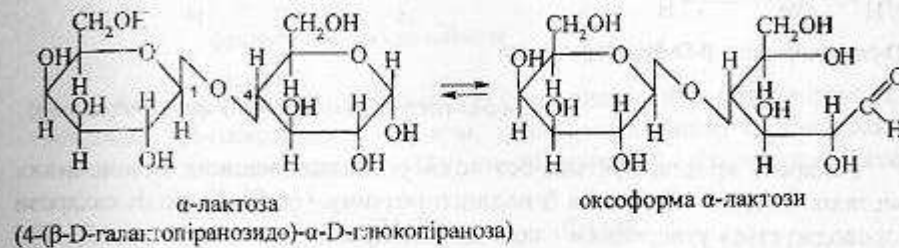
До широко відомих відновлюючих дисахаридів відносяться мальтоза і лактоза. Мальтоза (солодовий цукор) складається із двох залишків D-глюкопіранози, що поєднані 1,4-глікозидним зв'язком:



Молекула β -мальтози складається з двох залишків β -D-глюкопіранози.

Мальтоза (maltum – солод) широко розповсюджена у природі і міститься у пророслому зерні, у солоді і солодових екстрактах, є одним з основних компонентів крохмальної патоки, яка широко використовується у харчовій промисловості.

Молекула лактози (молочний цукор) складається із залишків β -D-галактопіранози та D-глюкопіранози, що поєднані 1,4-глікозидним зв'язком:



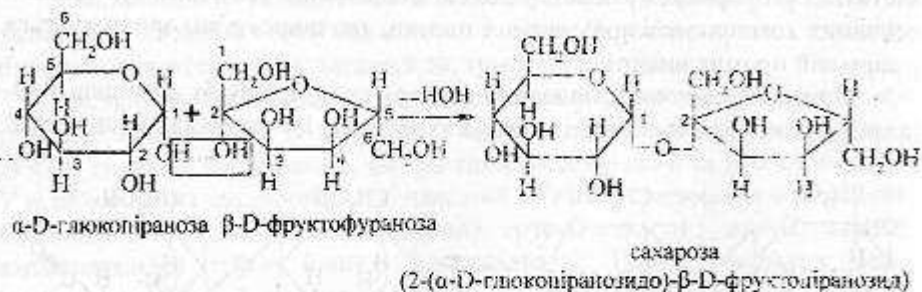
Молекула β -лактози складається із залишків β -D-галактопіранози та β -D-глюкопіранози.

Лактозу (laktum – молоко) одержують з молочної сироватки та відходів у виробництві масла і сиру. У коров'ячому молоці міститься 4%–6% лактози. Лактоза не приймає участі у спиртовому бродінні, але під впливом молочнокислих дрозів гідролізується і утворені продукти зброджуються до молочної кислоти (молочнокисле бродіння). Лактоза сприяє розвитку молочнокислих бактерій у шлунково-кишковому тракті, антагоністів мікроорганізмів, що викликають гниття. У деяких людей відсутня або недостатня активність ферменту, що сприяє гідролізу лактози в організмі, це приводить до хвороби, пов'язаною з неможливістю вживання молока.

Сахароза (тростинний, або буряковий цукор) відноситься до невідновлюючих дисахаридів і складається із залишків α -D-глюкопіранози та β -D-фруктофуранози, що поєднані 1,2-глікозидним зв'язком.

Сахароза широко використовується у харчуванні і харчовій промисловості. Її застосовують при виготовленні кондитерських, хлібобулочних виробів, варення і солодких продуктів. Сахароза є сировиною для одержання етилового спирту. Кількість сахарози у цукрі – 99,8%. Сахароза міститься у листі, стеблі, насінні, плодах рослин.

Цукровий буряк (містить 15–22% сахарози), цукровий тростин (містить 12–15% сахарози) – основні джерела одержання сахарози.

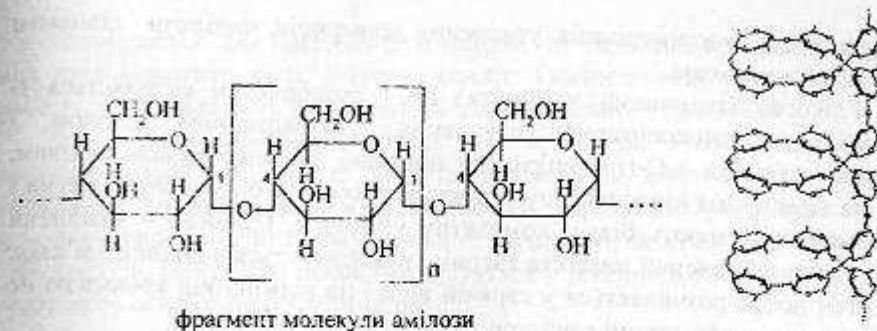


Сахароза кристалізується без води у вигляді великих моноклінних кристалів. Питоме обертяння її водного розчину $+66,5^\circ$. Гідроліз сахарози супроводжується утворенням глюкози (має правий кут обертяння $+52,5^\circ$) і фруктози (має лівий кут обертяння -92°). Тому при гідролізі сахарози кут обертяння змінюється. Гідроліз сахарози отримав назву інверсії (обертяння), а суміш різної кількості глюкози і фруктози – інверсійного цукру. Сахароза зброжується дріжджами (після гідролізу), а при нагріванні до 160 – 186°C карамелізується, тобто перетворюється на суміш складних продуктів: карамелана, карамелена та інших сполук. Ці продукти під назвою «колер» використовують у виробництві напоїв та у кон'ячному виробництві для забарвлення готових продуктів.

Полісахариди складаються з декількох сотень, тисяч монсахаридних залишків і можуть мати як лінійну так і розгалужену структуру. До геміполісахаридів відносяться крохмаль, глікоген, клітковина та ін.

Крохмаль – неоднорідний полісахарид, представляє собою суміш двох гомополісахаридів – амілози (має лінійну будову) і амілопектину (має розгалужену будову). Їх кількісне співвідношення у крохмалі залежить від джерела його знаходження. Амілоза складається із залишків α -D-глюкопіранози, що поєднані 1,4-глікозидним зв'язком, і має спіралеподібну будову.

В структурі амілози утворюється канал, куди можуть проникати молекули інших сполук, наприклад, йоду



Амілопектин складається із залишків α -D-глюкопіранози, що поєднані 1,4-глікозидним зв'язком, і має розгалужену будову внаслідок поєднання деяких залишків α -D-глюкопіранози 1,6-глікозидним зв'язком:



Молекули амілопектину мають сферичну форму і молекули йоду або інших сполук, як і для амілози, можуть проникати у середину, про що свідчить поява фіолетового забарвлення.

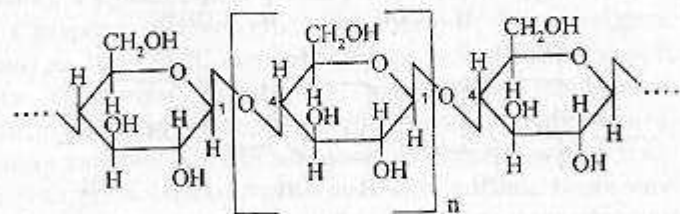
Крохмаль – найбільш важливий за своєю харчовою цінністю і використанню у харчовій промисловості полісахарид. Він є головним складовим компонентом зерна, картоплі та багатьох інших видів харчової сировини. Під час технологічної обробки крохмаль під дією вологи і тепла може адсорбувати вологу, набрякати, клейстеризуватися, підлягати деструкції. В залежності від умов проведення гідролізу крохмалю

поступово іде деполімерізація, утворення декстринів, мальтози і кінцевим продуктом є глюкоза.

Глікоген (тваринний крохмаль) як і амілопектин складається із залишків α -D-глюкопіранози, поєднаних 1,4-глікозидним зв'язком, і частина залишків α -D-глюкопіранози поєднані 1,6-глікозидним зв'язком. Але на відміну від амілопектину структура глікогену більш розгалужена і його молекули мають більш компакту упаковку. Глікоген – важливий енергетичний запасний матеріал тварин і накопичується у печінці і м'язах. Глікоген добре розчиняється у гарячій воді і на відміну від крохмалю не утворює при охолодженні клейстер.

У харчовій промисловості на теперішній час широко використовуються модифіковані крохмалі, властивості яких під дією фізичних, хімічних та біологічних факторів відрізняються від властивостей звичайних крохмалів. Модифіковані крохмалі використовуються у хлібопекарному, кондитерському виробництві, для одержання безбілкових продуктів харчування.

Клітковина (целюлоза) складається із залишків β -D-глюкопіранози, що поєднані 1,4-глікозидним зв'язком:



фрагмент молекули клітковини

Клітковина виконує роль опорного матеріалу і є складовою частиною оболонки рослинних клітин. Клітковина має високу механічну міцність, розщеплюється спеціальним ферментом целюлазою в організмі травоядних тварин. Ферменти шлунково-кишкового тракту людини не розщеплюють клітковину, тому вона є баластною речовиною.

До геміцелюлоз відносять гетерополісахариди, які утворюють разом з клітковиною клітинні стінки рослинних тканин. Геміцелюлозами є глюкоманани, галактоманани, ксилани, що містять у бокових ланцюгах залишки арабінози, глюкози та інших моносахаридів. Геміцелюлози широко

використовуються для одержання кормових та харчових продуктів, серед яких слід відмітити агар, агарозу, ксиліт. Геміцелюлози відносяться до групи харчових волокон, які необхідні для нормального травлення.

До полісахаридів відносяться також слизи, гуми (камеді) та пектинові речовини. Камеді завдяки підвищеній в'язкості, клейкості, набряканню та іншим цінним властивостям широко використовуються у харчовому виробництві як емульгатори, згущувачі, зв'язуючі речовини та стабілізатори. Пектинові речовини містяться у рослинних соках та плодах і складають основу фруктових гелів.

Лабораторна робота № 9. Дослідження властивостей вуглеводів Реактиви і прилади:

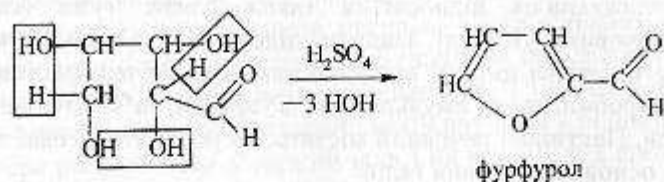
Розчин аргентум нітрату AgNO_3 , 1%	Мед
Розчин Фелінг-I	Молоко
Розчин Фелінг-II	Білий хліб
Розчини амоніаку NH_4OH , 10% і конц.	Картопля
Розчин купрум (II) сульфату CuSO_4 , 10%	Рис
Розчини натрій гідроксиду NaOH , 10%	Кефір
Розчин йоду (1%) у калій йодиді (2%), I_2 у KI	Піпетка
Спиртовий розчин α -нафтолу, 10%	Конічна колба ємкістю 250 мл
Розчин глюкози, 5%	Мірний циліндр ємкістю 50 мл
Розчин лактози, 5%	Сіляні палички
Розчин сахарози, 5%	Скляний стакан ємкістю 50 мл
Розчин крохмального клейстеру, 5%	Скляна лійка
Глюкоза (кристал.)	Фільтрувальний папір
Мальтоза (кристал.)	Порцелянова ступка
Сахароза (кристал.)	Товкачик
Гліцин (кристал.)	Електроплитка
Сульфатна кислота H_2SO_4 , конц.	Водяна баня
Оцтова кислота CH_3COOH , конц.	Спиртівка
	Пробірки

Мета роботи: Дослідити властивості вуглеводів. Навчитися якісно визначати вуглеводи у складі харчової сировини та готових продуктів.

Дослід 1. Загальна якісна реакція на вуглеводи (реакція Подобедєва-Моліша)

При дії на вуглеводи концентрованої сульфатної кислоти та α -нафтолу спостерігається червоно-фіолетове забарвлення розчину,

обумовлене розкладенням вуглеводів з утворенням фурфуролу та його похідних, які конденсуються з α -нафтолом утворюючи забарвлені сполуки:



Фурфурол є одним з компонентів, який входить до складу речовин, що обумовлюють аромат хліба.

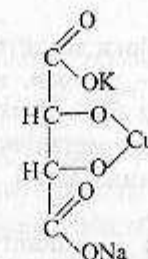
Методика виконання

У п'ять пробірок прилийте по 0,5 мл розчинів вуглеводів: у першу – глюкози, у другу – фруктози, в третю – лактози, в четверту – сахарози і в п'яту – крохмалю. У кожен пробірку додайте по одній краплині розчину α -нафтолу. Розчин не перемішуйте! Потім обережно, по стінці пробірки долийте по 1 мл концентрованої сульфатної кислоти у кожен пробірку так, щоб кислота опускалася на дно пробірок, практично не змішуючись з водним шаром. Відмітьте утворення червоно-фіолетового кільця на межі розподілу фаз в усіх пробірках.

Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакції утворення фурфуролу при дії на вуглеводи сульфатної кислоти.

Дослід 2. Окиснення вуглеводів

Моносахариди альдози і відновлюючі дисахариди можуть окиснюватися під дією окисників різної природи. Ці вуглеводи можуть окиснюватися завдяки наявності у них альдегідної групи. Відновлюючі дисахариди (мальтоза, лактоза, целобіоза та інші) переходять в результаті цикло-оксо таутомерії в оксо-форму і вступають також в реакції окиснення. Подібно альдегідам ці вуглеводи окиснюються аміачним розчином аргентум оксиду $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ (реактив Толленса), купрум (II) гідроксидом у лужному середовищі (реактив Троммера), реактивом Феллінга. Реактив Феллінга представляє собою комплексну сполуку купрум (II) і сегнетової солі:



Методика виконання

А) Окиснення вуглеводів купрум (II) гідроксидом при нагріванні.

У п'ять пробірок прилийте по 1 мл розчинів вуглеводів: у першу – глюкози, у другу – фруктози, в третю – лактози, в четверту – сахарози і в п'яту – крохмалю. У кожен пробірку додайте по 0,5 мл купрум (II) сульфату і по 1 мл натрій гідроксиду. Прогрійте пробірки на водяній бані і відмітьте зміни, які відбуваються у забарвленні розчинів. У яких пробірках змін не відбулося?

Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакції утворення купрум (II) гідроксиду при взаємодії купрум (II) сульфату і натрій гідроксиду та рівняння реакцій взаємодії купрум (II) гідроксиду з вуглеводами. Поясніть, чому не всі вуглеводи вступають у реакцію.

Б) Окиснення вуглеводів реактивом Феллінга.

У п'ять пробірок прилийте по 1 мл розчину Феллінга – I та по 1 мл розчину Феллінга – II. У пробірки додайте по 1 мл розчинів вуглеводів: у першу – глюкози, у другу – фруктози, в третю – лактози, в четверту – сахарози і в п'яту – крохмалю. Суміші в пробірках прогрійте на водяній бані і відмітьте зміни, які відбуваються у забарвленні розчинів. У яких пробірках змін не відбулося?

Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакцій взаємодії реактиву Феллінга з вуглеводами. Поясніть, чому не всі вуглеводи відновлюють купрум (II) до купрум (I).

В) Реакція «срібного дзеркала».

У три ретельно вимиті сухі пробірки налейте по 5 краплин аргентум нітрату та додавайте по краплинам розчин амоніаку до утворення прозорого аміачного розчину гідрату аргентум оксиду $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$

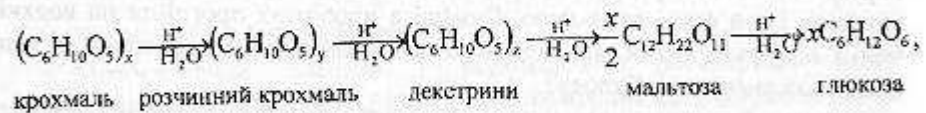
(реактив Толленса). Далі у пробірки додайте по 0,5 мл розчинів вуглеводів: у першу – глюкози, у другу – лактози, в третю – сахарози. Суміші в пробірках прогрійте на водяній бані. У яких розчинах відбулася зміна? Відмітьте виділення тонкого шару металічного срібла на стінках пробірок. Якщо пробірки були недостатньо чисті та сухі, може спостерігатися випадіння чорного осаду срібла.

Занотуйте спостереження і запишіть рівняння реакцій взаємодії реактиву Толленса з вуглеводами. Поясніть, чому не всі вуглеводи відновлюють аргентум (I) до металічного срібла.

Дослід 3. Кислотний гідроліз крохмалю

В багатьох харчових виробництвах використовується гідроліз олігосахаридів та полісахаридів. Гідроліз важливий як для процесів одержання харчових продуктів так і для процесів їх зберігання.

При гідролізі крохмалю під дією кислот відбувається ослаблення і розрив асоціативних зв'язків між макромолекулами амілози і амілопектину. Це приводить до утворення гомогенної маси. Далі розриваються α -D-(1,4)- та α -D-(1,6)- глікозидні зв'язки і по місцям розриву приєднуються молекули води. В процесі гідролізу збільшується кількість вільних альдегідних груп і зменшується ступень полімеризації, концентрація мальтози, трисахаридів, тетрасахаридів спочатку збільшується, а потім зменшується і зростає концентрація глюкози. Кінцевим продуктом є глюкоза. Кислотний гідроліз тривалий час був головним шляхом одержання глюкози з крохмалю. Схематично гідроліз крохмалю записується так:



де $x > y > z$.

Методика виконання

У термостійку конічну колбу ємкістю 250 мл налийте за допомогою мірного циліндру 50 мл розчину крохмального клейстеру, додайте за допомогою піпетки 3 мл розведеної сульфатної кислоти та помістіть у колбу 2 кипілки (керамічні шматочки). Суміш у колбі прокип'ятить на електроплитці протягом 15 хвилин, періодично через кожні 2 хвилини

відбираючи за допомогою піпетки проби суміші по 2 мл. Кожну пробу помістіть в окрему пробірку. Ці пробірки розташуйте у штативі по порядку.

Після охолодження проб долийте у кожную пробірку по 1 мл води і додайте по 1 краплині розчину Люголя (розчин I_2 у KI). Якщо розчин містить крохмаль, при додаванні I_2 він забарвлюється у синьо-фіолетовий колір. Протягом кип'ятіння крохмалю з кислотою відбувається ступінчатий гідроліз крохмалю і тому при додаванні I_2 до проб, відібраних протягом гідролізу у різний час, біде спостерігатися різне забарвлення. Відбирання проб слід припинити, якщо проба перестане давати забарвлення з I_2 .

Після охолодження суміші, яка залишилася у колбі, відберіть 1 мл проби і помістіть її у пробірку. Додайте до проби по краплинам розчин натрій гідроксиду. Після кожної краплини перевіряйте pH середовища за допомогою універсального індикаторного паперу. Припиніть додавати натрій гідроксид, якщо $pH > 7$. Одержаний лужний розчин продуктів гідролізу крохмалю назовемо розчин №1.

У пусту пробірку налийте по 1 мл розчинів Феллінг-I та Феллінг-II. До одержаного темно-синього розчину додайте 1 мл приготованого розчину №1. Пробірку з сумішшю прогрійте на водяній бані. Відмітьте, які зміни в забарвленні розчину відбуваються.

Занотуйте спостереження та запишіть схему кислотного гідролізу крохмалю.

Дослід 4. Перетворення вуглеводів при нагріванні – карамелізація та мелаїдиноутворення

Вуглеводи при зберіганні харчової сировини, його технологічній переробці у готові продукти підлягають різним перетворенням. Це процеси кислотного, ферментного гідролізу оліго- та полісахаридів, бродіння моносахаридів, мелаїдиноутворення та карамелізація та ін.

Процес мелаїдиноутворення пов'язаний із взаємодією відновлюючих вуглеводів (альдози та відновлюючі дисахариди) з амінокислотами, пептидами та білками, в результаті чого утворюються темно-забарвлені продукти – мелаїдини (меланос (грецьк.) – темний). Механізм мелаїдиноутворення складний, представляє собою сукупність послідовних і

паралельних реакцій. Відбувається утворення значної кількості проміжних продуктів, які далі взаємодіють як між собою, так і з вихідними речовинами.

Реакції мелаїдиноутворення мають важливе значення у процесах переробки харчової сировини і впливають на якість готових продуктів. Особливо інтенсивно такі процеси відбуваються при високих температурах, наприклад, при випіканні хліба, сушці овочів, фруктів, одержанні сухого молока та ін. Утворення смачної, хрусткої, золотисто-коричневої скоринки хліба, зовнішній вигляд, смак і запах готових м'ясних продуктів пов'язані з мелаїдиноутворенням.

Нагрівання моносахаридів і дисахаридів при 100°C і вище приводить до змін їх хімічного складу, стає яскравішим колір продуктів, збільшується кількість редуційованих речовин. У харчовому виробництві важливе місце займає карамелізація сахарози, глюкози та фруктози. Основний вуглеводний компонент кондитерських виробів – сахароза, при нагріванні в ході технологічного процесу у слабоекислому або нейтральному середовищі підлягає частковій інверсії з утворенням глюкози та фруктози, які далі також підлягають перетворенню. При відщепленні двох молекул води від сахарози утворюється карамелан (розчинна у воді сполука жовтого кольору), при відщепленні трьох молекул води – карамелен (має яскраво-коричневий колір) і потім – карамелин (важко розчинна у воді сполука). Ступінь полімеризації утворених продуктів може бути різним. Схематично процес перетворень вуглеводів при нагріванні можна записати так:



Методика виконання

А) Мелаїдиноутворення.

Помістіть у дві пробірки по 0,5 г кристалічних вуглеводів: у першу – глюкози, у другу – мальтози. У кожену пробірку додайте по 0,5 г кристалічної амінокислоти гліцину та по 3 краплі води. Суміші у кожній пробірці обережно прогрійте на спиртівці до появи коричневого кольору. Після охолодження розчинів додайте у кожену пробірку по 2 мл води.

Занотуйте спостереження, відмітьте колір, запах мелаїдинів і зробіть висновки щодо їх розчинення у воді.

Б) Карамелізація.

Помістіть у два сухих тигля по 0,2 г кристалічних вуглеводів: у перший – глюкози, у другий – сахарози. Підігрійте суміші у тиглях на електроплитці. Які зміни відбуваються?

Занотуйте спостереження і запишіть схему перетворень вуглеводів при нагріванні.

Дослід 5. Вуглеводи у складі харчової сировини та готових продуктів

Методика виконання

А) Якісне визначення глюкози у складі меду.

Невелику кількість меду помістіть у скляний стакан, додайте 20 мл дистильованої води і перемішайте до розчинення. Для якісного визначення глюкози у складі меду в одну пробірку налейте 1 мл розчину меду, а в іншу – 1 мл розчину глюкози. У кожену пробірку додайте по 0,5 мл купрум (II) сульфату і по 0,5 мл натрій гідроксиду. Прогрійте пробірки на водяній бані і відмітьте зміни, які відбуваються у забарвленні розчинів.

Занотуйте спостереження, зробіть висновки про наявність глюкози у складі меду і запишіть рівняння реакції взаємодії купрум (II) гідроксиду з глюкозою.

Б) Якісне визначення лактози у складі молока.

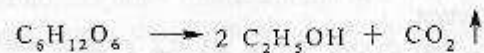
У скляний стакан налейте 5 мл молока, додайте 0,5 мл оцтової кислоти для денатурації білка і перемішайте суміш скляною паличкою. Зробіть складчастий фільтр з фільтрувального паперу (рис. 1.13.), помістіть у скляну лійку та відфільтруйте сироватку у чисту пробірку. Налийте 1 мл сироватки у пробірку, додайте 1 мл розчину Фелінга-I і 1 мл

розчину Фелінга-II. Суміш добре перемішайте і нагрійте на водяній бані. Відзначте зміни кольору розчину протягом нагрівання.

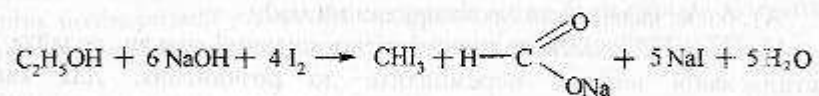
Занотуйте спостереження, поясніть, чим обумовлені відновлюючі властивості у лактози. Напишіть рівняння реакції взаємодії лактози з реактивом Феллінга.

В) *Якісне визначення етанолу у кефірі.*

Лактоза молока при гідролізі утворює β -D-галактопіранозу і α -D-глюкопіранозу. Глюкоза під дією ферментів дрожів може бродити – окиснюватися до етанолу і карбон (IV) оксиду.



Для виявлення етанолу у кефірі налейте у скляний стакан 5 мл кефіру, зробіть складчастий фільтр з фільтрувального паперу (рис. 1.13.), помістіть у скляну лійку та відфільтруйте кефір у чисту пробірку. В іншу пробірку налейте по 1 мл фільтрату кефіру. Додайте до фільтрату 5 краплин 10%-го розчину натрій гідроксиду та 1–2 краплини розчину Люголя. У присутності етанолу у рідині повинна з'явитися біла каламуть і відчувається запах хлороформу:



Занотуйте спостереження, зробіть висновки про наявність спирту у кефірі. Запишіть рівняння реакцій окиснення глюкози до етанолу і карбон (IV) оксиду та взаємодії етанолу з натрій гідроксидом та йодом.

Г) *Якісне визначення крохмалю у хлібі, картоплі та рисі.*

Підготуйте продукти для дослідження: відріжте скибку білого хліба, розріжте сиру картоплю навпіл, 5 зернин рису помістіть у порцелянову чашку і за допомогою товчачика подрібніть та розітріть рис у порошок. На зразки продуктів (скибка білого хліба, половина картоплі та порошок рису) нанесіть піпеткою одну краплину розчину Люголя. Поява характерного синьо-фіолетового забарвлення свідчить про наявність крохмалю у зразках цих продуктів.

Занотуйте спостереження та зробіть висновки про наявність крохмалю у хлібі, картоплі та рисі.

Лабораторна робота № 10. Фотометричне визначення концентрації розчинів глюкози

Реактиви і прилади:

Розчин глюкози, 2 мг/мл	Мірні колби ємністю 50 мл
Розчин калій гексацианоферату (III) $K_3[Fe(CN)_6]$	Піпетки градуйовані ємністю 10 мл, 20 мл
Розчин калій гідроксиду KOH, 1,25 М	Конічні колби ємністю 150 мл
	Скляні лійки
	Електроплитка
	Фотоелектроколориметр КФК-2

Мета роботи: За допомогою фотометричного методу аналізу визначити концентрації розчинів глюкози.

Фотометричний метод аналізу оснований на здатності розчинів речовин поглинати випромінювання певної довжини хвилі. За допомогою фотоелектроколориметра КФК-2 (рис.1.21, розділ 1) можна виміряти оптичну густину розчину. Залежність оптичної густини від концентрації речовини і товщини поглинаючого шару визначається законом Бугера-Ламберта-Бера:

$$I = I_0 \cdot e^{-\epsilon \cdot c \cdot l}$$

де I_0 - інтенсивність пучка випромінювання, який пройшов через розчин;

I - інтенсивність первинного пучка випромінювання;

ϵ - молярний коефіцієнт поглинання (стала величина для даної речовини)

c - концентрація розчину, моль/л;

l - товщина поглинаючого шару, см.

Оптична густина D дорівнює:

$$D = \lg \frac{I_0}{I} = \epsilon \cdot c \cdot l$$

Розчини вуглеводів (глюкози, фруктози, сахарози) безбарвні, тому фотометричне визначення їх концентрації ґрунтується на здатності вуглеводів відновлювати в лужному середовищі калій гексаціаноферат (III) ($K_3 [Fe(CN)_6]$) до калій гексаціаноферату (II) ($K_4 [Fe(CN)_6]$). Вміст вуглеводу можна визначити за кількістю калій гексаціаноферату (III), що не прореагував, оскільки він додається до розчину вуглеводів у надлишку. Максимум поглинання світла розчином калій гексаціаноферату (III) відповідає довжині хвилі 400 – 440 нм.

Методика виконання

У сім конічних колб (рис.1.2.а, розділ 1) ємкістю 150 мл за допомогою піпеток (рис.1.10.в, розділ 1) внесіть по 20 мл розчину калій гексаціаноферату (III) та 10 мл розчину калій гідроксиду. У шість колб додайте різні об'єми стандартного розчину глюкози з відомою концентрацією: у першу – 6,5 мл; у другу – 7,0 мл; у третю – 7,5 мл; у четверту – 8,0 мл; в п'яту – 8,5 мл та в шосту – 9,0 мл. У сьому колбу додайте 8 мл розчину глюкози з невідомою концентрацією.

Суміші в колбах прокип'ятити на електроплитці протягом 1 хвилини. Після охолодження розчини за допомогою скляної лійки (рис.1.12, розділ 1) перенесіть у сім мірних колб ємкістю 50 мл (рис.1.10.а, розділ 1), об'єм розчинів доведіть водою до позначок на мірних колбах.

За допомогою фотоелектроколориметру КФК-2 виміряйте оптичну густину розчинів глюкози при довжині хвилі 400 – 450 нм. Розчином порівняння є дистильована вода. Правила роботи на КФК-2 представлені у розділі 1.

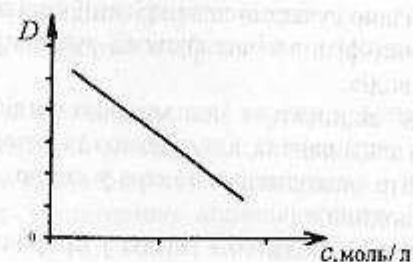
Результати вимірювання оптичної густини розчинів з відомою концентрацією глюкози занесіть у таблицю 7.1 та побудуйте калібрувальний графік в координатах оптична густина – концентрація глюкози. Молярні концентрації розчинів визначені, враховуючи, що 1 л вихідного стандартного розчину містить 2 г глюкози.

Таблиця 7.1.

Значення оптичної густини стандартних розчинів

$C \cdot 10^3$, моль/л	1,44	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00
D						

Графік залежності оптичної густини від концентрації для розчинів глюкози повинен мати такий вигляд:



Такий нахил прямої обумовлений тим, що поглинання світла відбувається розчином калій гексаціаноферату (III), що не прореагував з глюкозою у розчині.

Використовуючи виміряну оптичну густину D_x для розчину з невідомою концентрацією глюкози, за калібрувальним графіком знайдіть концентрацію C_x .

Одержана концентрація C_x відповідає розведеному розчину, тому для вихідного розчину з невідомим змістом глюкози концентрацію можна розрахувати за формулою, в якій враховується розведення:

$$C_{\text{вихідний}} = C_x \cdot \frac{50}{x},$$

де C_x – концентрація розведеного розчину глюкози, одержана за допомогою калібрувального графіка, моль/л;

50 мл – об'єм розведеного розчину;

$x = 8$ мл – об'єм проби вихідного розчину з невідомою концентрацією глюкози.

Запишіть розрахунки концентрації розчину з невідомим змістом глюкози. Зробіть висновки щодо виконаної роботи, запишіть у чому полягає метод фотометричного визначення концентрації розчинів глюкози.

Контрольні завдання

1. Які сполуки відносяться до вуглеводів? Охарактеризуйте основні групи, на які згідно сучасній класифікації поділяють вуглеводи.
2. Зазначте основні фізіологічні функції вуглеводів і визначте харчову цінність вуглеводів.
3. Які вуглеводи відносяться до моносахаридів? Наведіть триклади представників альдопентоз, альдогексоз та кетогексоз.
4. Охарактеризуйте знаходження пентоз у природній сировині та їх роль у харчуванні людини.
5. Охарактеризуйте знаходження гексоз у природній сировині та їх роль у харчуванні людини.
6. Поясніть існування оптичних ізомерів для моносахаридів на прикладі глюкози та фруктози.
7. Які вуглеводи відносяться до олігосахаридів? Наведіть триклади відновлюючих і невідновлюючих дисахаридів.
8. Охарактеризуйте знаходження дисахаридів у природній сировині та їх роль у харчуванні людини.
9. Дайте визначення поняттю «інверсійний цукор», поясніть харчову цінність сахарози.
10. Які вуглеводи відносяться до полісахаридів? Наведіть приклади найбільш розповсюджених у природі полісахаридів.
11. Визначте особливості структури крохмалю. Поясніть його харчову цінність та наведіть приклади харчової сировини, що багата на крохмаль.
12. Порівняйте будову і властивості крохмалю та глікогену.
13. Визначте особливості структури клітковини. Поясніть її роль у харчуванні людини.
14. Яка реакція є якісною на всі вуглеводи? Запишіть її на прикладі фруктози і галактози.
15. За допомогою яких реакцій можна розрізнити манозу і фруктозу, лактозу і сахарозу?
16. Поясніть роль гідролізу олігосахаридів і полісахаридів у харчовому виробництві. Наведіть схему кислотного гідролізу крохмалю.
17. Які перетворення відбуваються з вуглеводами при нагріванні?
18. У чому полягає фотометричний метод визначення концентрації розчинів глюкози?

19. Для приведеного нижче вуглеводу запишіть:

- 1) Структурну формулу, вкажіть асиметричні атоми карбону, їх кількість, визначте кількість стереоізомерів.
- 2) Всі можливі циклічні форми з піранозними і фуранозними циклами і дайте їм назви.
- 3) Якісні реакції на функціональні групи, реакції окиснення до альдонових, уранових та альдарових кислот (для альдоз), взаємодії з етанолом, оцтовою кислотою, метил хлоридом.
- 4) Реакції утворення з глюкозою відновлюючого і невідновлюючого дисахаридів.
- 5) Реакцію утворення полісахариду і його гідроліз.

Варіанти:

- | | |
|----------------------|-----------------|
| 1. D-Глюкоза | 9. L-Глюкоза |
| 2. D-Фруктоза | 10. L-Фруктоза |
| 3. D-Маноза | 11. L-Маноза |
| 4. D-Галактоза | 12. L-Галактоза |
| 5. D-Рибоза | 13. L-Рибоза |
| 6. D-Арабіноза | 14. L-Арабіноза |
| 7. D-Ксиліоза | 15. L-Ксиліоза |
| 8. 2-деокси-D-рибоза | |

РОЗДІЛ 8

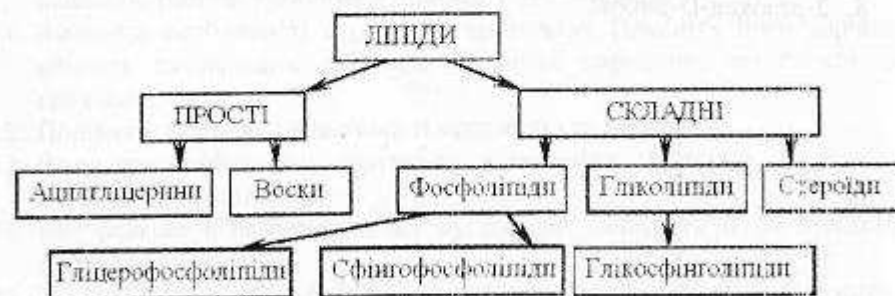
ЛІПІДИ

Ліпіди (lipos (грецк.) – ефір) – ефіроподібні органічні сполуки з близькими фізико-хімічними властивостями, які містяться у клітинах рослин, тварин та мікроорганізмів. Ліпіди – гідрофобні речовини (не розчиняються у воді та добре розчиняються в органічних розчинниках). Разом з вуглеводами та білками ліпіди складають основну масу органічних речовин усіх живих організмів та виконують роль структурних компонентів клітин, запасних та захисних речовин. У рослинах ліпіди накопичуються, в основному, у насінні та плодах, а у тварин та риб – в підшкірних, мозкових і нервових тканинах та тканинах, що сточують важливі органи (серце, нирки). Вміст ліпідів в окремих видах рослин залежить від сорту, місця та умов зростання; у тварин – від виду, складу кормів, умов життя та інших факторів.

До ліпідів відносяться різноманітні хімічні сполуки. Класифікацію можна представити у вигляді схеми:

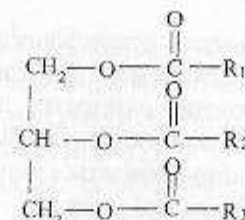
Схема 8.1.

Класифікація ліпідів за будовою



До простих ліпідів (не містять атомів нітрогену, фосфору, сульфуру) відносяться похідні вищих жирних кислот та спиртів: ацилгліцерини, воски, ефіри холестерину та інші сполуки.

Ацилгліцерини – найбільш розповсюджена група ліпідів. Ці сполуки представляють собою складні ефіри гліцерину та жирних кислот. Загальна формула ацилгліцерину:



де $\text{---}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{---}\text{E}_1$, $\text{---}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{---}\text{R}_2$, $\text{---}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{---}\text{R}_3$ – залишки жирних кислот (ацили). Перелік основних жирних кислот представлений у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1.

Основні карбонові кислоти, які входять до складу природних олій та жирів

Насичені кислоти		Ненасичені кислоти	
Назва	Формула	Назва	Формула
Масляна	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$	Пальміто- лейнова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
Капронова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_6 - \text{COOH}$	Олеїнова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
Каприлова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_8 - \text{COOH}$	Лінолева	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - (\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH})_2 - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
Капринова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_8 - \text{COOH}$	Ліноленова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH})_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
Лауринова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{COOH}$	Арахідонова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - (\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH})_4 - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
Міристинова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{12} - \text{COOH}$	Ерукова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_{11} - \text{COOH}$
Пальмітинова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$	Нервонова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_{10} - \text{COOH}$
Стеаринова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$	Раціно- ленова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
Арахідова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{18} - \text{COOH}$		
Бегенова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{20} - \text{COOH}$		
Лігно- циринова	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{22} - \text{COOH}$		

В залежності від кількості естерифікованих гідроксилів гліцерину існують моно-, ди- та триацилгліцерини. Триацилгліцерини, молекули яких містять залишки однієї кислоти, називають простими, різних кислот – змішаними. Природні жири та олії містять переважно змішані тригліцериди. Консистенція жирів в основному визначається типом кислотних залишків, що входять до його складу. У складі твердих жирів переважають ацили насичених кислот, а рідких (олії) – ацили ненасичених кислот.

Ацилгліцерини мають високу калорійність і являються енергетичним та будівничим резервом організму, який використовується при недостатньому харчуванні та хворобах. Запасні ліпіди є захисними речовинами, які допомагають рослинам переносити несприятливі умови, наприклад, низькі температури. Запасні ліпіди тварин, риби, концентруються у підшкірній жировій тканині, захищають організм від травм.

Воски представляють собою складні ефіри високомолекулярних одноосновних карбонових кислот та одноосновних високомолекулярних спиртів. У таблиці 8.2. приведені високомолекулярні спирти, що можуть входити до складу восків.

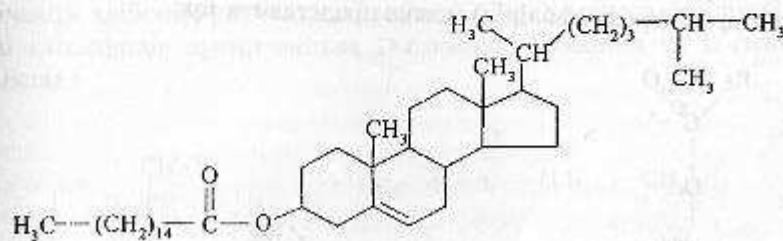
Таблиця 8.2.

Основні багатоатомні спирти у складі ліпідів

Назва	Формула
Міристиловий	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{12} - \text{CH}_2\text{OH}$
Цетиловий	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{CH}_2\text{OH}$
Стеариловий	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{CH}_2\text{OH}$
Карнаубіловий	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{22} - \text{CH}_2\text{OH}$
Цериловий	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{24} - \text{CH}_2\text{OH}$
Мірициловий	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{28} - \text{CH}_2\text{OH}$
Меліциловий	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{26} - \text{CH}_2\text{OH}$
Олеїловий	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}_2\text{OH}$

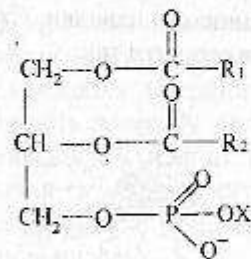
Воски широко розповсюджені у природі. У рослин вони вкривають тонким шаром листя, стеблі, плоди і оберігають їх від змочування водою, висихання та дії мікроорганізмів. В оболонках зерна та плодах – їх мало.

До простих ліпідів відносяться ефіри холестерину. Холестерин частково у вигляді складних ефірів міститься у складі речовин майже всіх органів людини. Він є структурним компонентом клітин і синтезується у печінці та інших тканинах організму. Здатність холестерину осаджуватися і накопичуватися на стінках кровоносних судин може приводити до важкого захворювання – атеросклерозу. Холестерин за будовою відноситься до циклічних ліпідів і є вторинним спиртом, може утворювати складні ефіри з жирними кислотами:

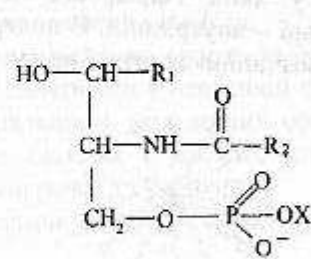


ефір холестерину та пальмітинової кислоти

Важливими представниками складних ліпідів є фосфоліпіди. Їх відносять до структурних ліпідів. Вони утворюють складні комплекси з білками, вуглеводами, з яких побудовані мембрани клітин та клітинних структур. Молекули фосфоліпідів побудовані із залишків спиртів (гліцерин, сфінгозин), жирних кислот, фосфатної кислоти і можуть містити азотисті основи (холін $[\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{CH}_3)_3]^+\text{OH}^-$, етаноламін $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$), залишки амінокислот та інших сполук. Загальні формули фосфоліпідів, які містять залишки гліцерину та сфінгозину і мають такий вигляд:



гліцерофосфоліпід



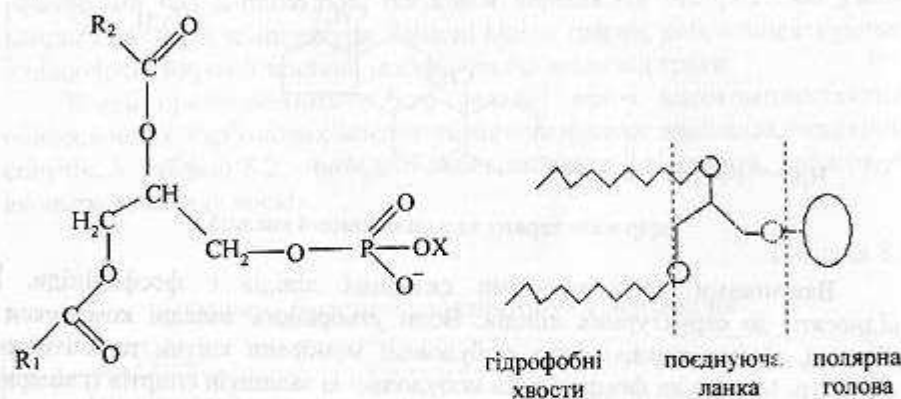
сфінголіпід

де R_1 та R_2 – вуглеводневі радикали;

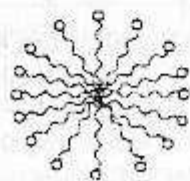
$X = -H, -CH_2-CH_2-N^+(CH_3)_3, -CH_2-CH_2-NH_2$ та ін.

Молекули (для більшості фосфоліпідів) побудовані так, що до їх складу входять, з одного боку, гідрофобні (неполярні) групи, а з іншого – гідрофільні (полярні) групи. Полярними є залишки фосфатної кислоти і азотистої основи, а неполярними – вуглеводневі радикали. Тому фосфоліпід є амфифілами (мають спорідненість як до полярних розчинників так і до неполярних).

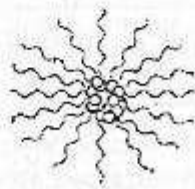
Враховуючи амфифільну будову, схематично структуру фосфоліпиду (наприклад, гліцерофосфоліпід) можна представити так:



З одного боку в молекулі розташовані гідрофобні вуглеводневі залишки («гідрофобні хвости»), а з іншого – гідрофільні групи («полярна голова»). В неполярних розчинниках молекули фосфоліпідів утворюють міцели, у яких гідрофобні частини утворюють зовнішній шар, а гідрофільні – внутрішній. В полярних розчинниках – навпаки. Структуру міцел у розчинниках різної природи можна представити так:



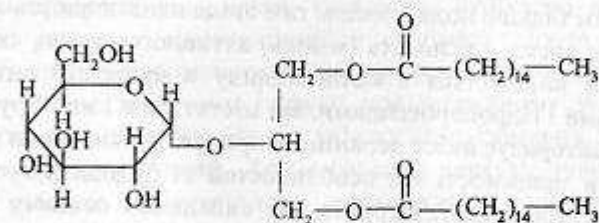
у неполярних розчинниках



у полярних розчинниках

Завдяки амфифільній природі фосфоліпідів можуть утворювати емульсії. Фосфоліпідів, одержані як побічні продукти при одержанні олій, використовуються як емульгатори у хлібопекарному та кондитерському виробництві і для одержання маргаринової продукції.

Гліколіпіди – різноманітна за будовою група ліпідів, до складу яких входять залишки моносахаридів. Гліколіпіди у невеликій кількості входять до складу ліпідів рослин, тварин та мікроорганізмів. Гліколіпіди виконують структурні функції, приймають участь у побудові мембран, їм належить важлива роль у формуванні клейковинних білків пшениці, які визначають хлібопекарну якість борошна. Серед моносахаридів часто у складі гліколіпідів зустрічаються D-глюкоза, D-маноза та D-галактоза, наприклад:



глюкозил-дипальмітил-гліцерин

Забарвлення олій та жирів обумовлене наявністю жиророзчинних пігментів. Серед них найбільш розповсюджені каротиноїди та хлорофіли. **Каротиноїди** – червоно-жовті пігменти і визначають колір багатьох жирів, овочів, фруктів, яєчного жовтка та багатьох інших продуктів. Серед них слід відмітити β -каротин. Каротиноїди мають вітамінні властивості і в живому організмі вони перетворюються на вітамін А. Зелене забарвлення олій, жирам, овочам надають **хлорофіли**.

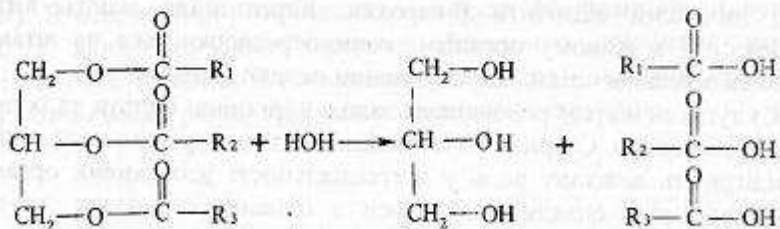
Супутніми жирам речовинами також є циклічні спирти та їх ефіри – **стероли** і **стерини**. Стерини та їх похідні містяться у невеликій кількості, але відіграють важливу роль у життєдіяльності усіх живих організмів. Вони створюють складні комплекси з білками і входять до складу протоплазми та мембран, регулюють обмін речовин у клітинах.

Для характеристики властивостей жирів використовують константи або «жиріві числа»:

- *кислотне число* – маса калій гідроксиду (мг), яка необхідна для нейтралізації вільних жирних кислот в 1 г жиру. Кислотне число для ряду харчових продуктів нормується стандартами і є одним з показників, які характеризують якість жиру;
- *число омилення* – маса калій гідроксиду, необхідна для гідролізу нейтральних ліпідів (омилення) та нейтралізації усіх жирних кислот (у тому числі вільних), які містяться в 1 г жиру. Чим вище число омилення, тим більше низькомолекулярних кислот входить до складу жиру;
- *йодне число* – маса йоду (г), який зв'язується 100 г жиру. Йодне число характеризує ступінь ненасиченості жиру, тому що приєднання йоду відбувається за місцем розриву кратних зв'язків у залишках жирних кислот. Чим більше йодне число, тим вище ненасиченість жиру;
- *пероксидне число* – кількість (ммоль) активного кисню, еквівалентного йоду, який виділяється з калій йодиду в крижаній оцтовій кислоті пероксидами і гідропероксидами, які містяться в 1 кг жиру. Пероксидне число характеризує вміст первинних продуктів окиснення у жирі.

Ліпіди в залежності від особливостей їх будови вступають у різні перетворення. Для ацилгліцеринів, які складають основну масу олій та жирів, характерні гідроліз, переестерифікація (обмін ацилів жирних кислот у складі молекул жирів), окиснення та гідратування ненасичених ацилгліцеринів.

При гідролізі під дією лугів, кислот, ферментів відбувається гідролітичне розщеплення триацилгліцеринів з утворенням жирних кислот та гліцерину. Схема повного гідролізу має такий вигляд:



Лужний гідроліз одержав назву омилення, тому що в результаті утворюються гліцерин та солі жирних кислот (калійні солі жирних кислот – рідкі мила, а натрієві солі – тверді мила). Гідролітичний розпад жирів та

олій, ліпідів зерна та продуктів його переробки, м'яса, риби є однією з причин погіршення їх якості та псування. Кількість вільних жирних кислот, які утворюються при гідролізі визначається кислотним числом.

В результаті переестерифікації ацилгліцеринів під дією каталізаторів (натрій метилат та етилат, натрій гідроксид, ферменти) відбувається обмін ацилів жирних кислот у складі жиру. Зміна ацилгліцеринового складу приводить до зміни фізико-хімічних властивостей жиру і дозволяє одержувати жири з необхідними для харчової технології властивостями без зміни їх жирнокислотного складу.

Гідрогенізація (приєднання водню по місцю подвійних зв'язків у залишках ненасичених жирних кислот) приводить до зміни жирнокислотного складу жирів та олій і дозволяє одержати продукт з більшою температурою плавлення, твердістю, стійкістю до окиснення, пластичністю (продукт гідрогенізації – саломас). Проте в результаті гідрогенізації можуть утворюватися транс-ізомери ацилів жирних кислот. Це пов'язано з тим, що атоми і групи при подвійному зв'язку можуть розташовуватися як по один бік від зв'язку (цис-ізомери), так і по різні боки від неї (транс-ізомери). Транс-ізомери можуть утворюватися як природним шляхом (в результаті життєдіяльності бактерій шлунку жуйних тварин), так і в результаті промислової гідрогенізації рослинних олій. Джарелами транс-ізомерів є молочні продукти, м'ясо та жир крупного рогатого скота і продукти техногенного походження.

В організмі в результаті метаболізму перетворення транс-ізомерів жирних кислот відбуваються інакше, ніж для цис-ізомерів. Дослідження показали, що вживання тільки транс-ізомерів приводить до дефіциту незамінних жирних кислот. Тому склалося поняття о неповноцінності транс-ізомерів жирних кислот, яку можна скоректувати шляхом додавання рослинних олій. Одержання багатьох видів маргаринової продукції базується саме на цьому принципі.

З 1995 року у 14 європейських країнах у рамках проекту TRANSFAIR почали проводитися фундаментальні дослідження з ціллю визначення ролі транс-ізомерів у харчуванні сучасної людини. Було виявлено, що більша частина транс-жирів попадає в наш організм в результат вживання гідрогенізованих жирів, одержаних в процесі промислової переробки рослинних олій. Транс-ізомери містяться у значній кількості у фритюрних жирах та продуктах, одержаних на їх основі, порошкоподібних гідратованих жирах, які використовуються у

приготуванні різних блюд у системі суспільного харчування. Значна кількість транс-ізомерів міститься у жирах, які використовуються у кондитерській промисловості, у виробництві морозива.

За результатами досліджень останніх років транс-ізомери блокують дію ліпопротеїдів високої густини, що ініціює відкладення холестеринових бляшок на стінках кровоносних судин людини, провокують розвиток атеросклерозу, впливають на зміни структури фосfolіпідів мембран. Одержана інформація про негативний вплив транс-ізомерів жирних кислот на організм обумовлює необхідність контролю за їх вмістом у харчових продуктах і відповідного маркування продукції із відзначенням кількісного вмісту транс-ізомерів.

Жири нестійкі при зберіганні. Під дією кисню повітря, світла, ферментів вони поступово міняють властивості. Характер змін смаку і запаху залежить від виду жиру і пов'язаний з накопиченням у ньому речовин різної природи, до яких відносяться шкідливі для організму продукти окиснення жирів. До таких змін відносять згірнення, осалювання, наявність «металічного», сирного, рибного присмаку, знижується харчова та фізіологічна цінність жирів.

В залежності від характеру згірнення розрізняють – гідролітичне і окисне згірнення. При гідролітичному відбувається гідроліз жиру з утворенням вільних жирних кислот. Під дією кисню повітря олії та жири, які містять ацили ненасичених жирних кислот, на першій стадії утворюють пероксида та гідропероксида (первинні продукти окиснення), на другій – спирти, альдегіди, кетони, кислоти з вуглеводневим ланцюгом меншої довжини, ніж у вихідному жирі, та похідні цих кислот (вторинні продукти окиснення). Вторинні продукти окиснення дають неприємний присмак і погіршення запаху жиру.

Жири та харчові продукти із вмістом жиру мають різну стійкість при зберіганні. Вона залежить від їх жирнокислотного складу, характеру домішок, наявності та активності ферментів. Усі ці фактори повинні визначати умови пакування продуктів, режими та допустимі строки зберігання. Найменш стійкими при зберіганні є вершкове масло, маргарин та курячий жир.

Лабораторна робота № 11. Дослідження властивостей ліпідів

Реактиви і прилади:

Розчин аргентум нітрату AgNO_3 , 1%
Розчин амоніаку NH_4OH , 1%
Розчин натрій карбонату Na_2CO_3 , 30%
Розчин мила
Розчин синтетичного миючого засобу
Розчин бром у тетраклорметані, Br_2 у CCl_4
Розчин натрій гідроксиду NaOH , 35%
Спирт, розчин кадмій хлориду CdCl_2 , 10%
Етанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
Толуол $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$
Ацетон $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$
Хлороформ CHCl_3
Оцтовий ангідрид $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$
Петролейний ефір
Сульфатна кислота H_2SO_4 , конц.
Калій гідросульфат KHSO_4 (крисст.)
Холестерин (крисст.)

Соняшникова олія
Свинячий жир
Касторова олія
Курячий жовток
Порцелянова чашка
Піпетки градуйовані ємкістю 2 мл
Мірний циліндр ємкістю 50 мл
Конічна колба ємкістю 250 мл
Скляні стакани ємкістю 50 мл
Скляна лійка
Скляні палички
Фільтрувальний папір
Електроплитка
Водяна баня
Піщана баня
Спиртівка
Тримач для пробірок
Пробірки

Мета роботи: Дослідити фізико-хімічні властивості ліпідів. Навчитися якісно визначати вміст ненасичених жирних кислот у складі олії, лецитину у жовтці курячого яйця та холестерину у складі харчових продуктів.

Дослід 1. Дослідження розчинності жирів та олій

Методика виконання

У п'ять пробірок помістіть по невеличкому шматочку свинячого жиру. В інші п'ять пробірок прилийте по 5 краплин соняшникової олії.

У пробірки зі свинячим жиром прилийте по 1 мл розчинників: у першу – воду, у другу – етанолу, в третю – толуолу, у четверту – петролейного ефіру, в п'яту – ацетону. У пробірки з соняшниковою олією також прилийте по 1 мл розчинників: у першу – воду, у другу – етанолу, в третю – толуолу, у четверту – петролейного ефіру, в п'яту – ацетону. Відмітьте у яких пробірках відбувається розчинення жиру та олії. Занотуйте спостереження у таблицю 8.3.

Пробірки, де жир та олія не розчинилися, прогрійте на водяній бані та перевірте розчинність жиру та олії при нагріванні. Спостереження запишіть у таблицю 8.3.

Таблиця 8.3.

Розчинність жирів

Жир	Розчинники									
	Вода		Етанол		Толуол		Петролейний ефір		Ацетон	
	20°C	80°C	20°C	80°C	20°C	80°C	20°C	80°C	20°C	80°C
Свинячий жир										
Соняшникова олія										

Дослід 2. Омилення жиру

Гідроліз жиру концентрованими водними розчинами натрій гідроксиду (омилення) є основою процесу одержання мила. На швидкість гідролізу ацилгліцерину впливають будова, розташування ацилів, температура та наявність каталізаторів.

Методика виконання

У порцелянову чашку (рис.1.15 в, розділ 1) помістіть близько 0,5 мл касторової олії та додайте 4 краплі 35% розчину натрій гідроксиду. Суміш добре перемішайте скляною паличкою до одержання однорідної емульсії. Чашку прогрійте на піщаній бані, продовжуючи ретельно перемішувати суміш до утворення прозорої світло-жовтої рідини.

Додайте до рідини у порцеляновій чашці 2 мл дистильованої води і суміш знову нагрійте, ретельно перемішуючи до повного випаровування води. В результаті утворюється шматок твердого білого мила.

Занотуйте спостереження та запишіть рівняння реакції взаємодії диолеопальмітину з натрій гідроксидом.

Дослід 3. Емульгування жиру

Методика виконання

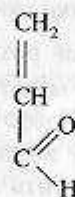
У три пробірки налейте по 2 мл води, додайте по 2 краплі соняшникової олії та добре перемішайте. Відзначте, чи утворилася при цьому стійка емульсія?

У пробірки додайте по 5 краплі таких речовин: у першу – розчину Na_2CO_3 , у другу – розчину мила, у третю – розчину синтетичного миючого засобу. Кожну суміш добре перемішайте.

Занотуйте спостереження та поясніть, чим обумовлена емульгуюча дія соди мила та синтетичного миючого засобу. Намалюйте схему орієнтації молекул емульгатора (мила) навколо крапельки жиру у емульсії типу «масло – вода».

Дослід 4. Якісне визначення гліцерину у жирі (акролейнова проба)

Акролейнова проба проводиться для виявлення у ліпідах гліцерину. При нагріванні у присутності відщеплюючих воду речовин (калій гідросульфат KHSO_4 , магній сульфат MgSO_4 та інші) гліцерин перетворюється на ненасичений альдегід – акролейн (пропеналь):



Акролейн

Методика виконання

У дві сухі пробірки помістіть: у першу – невеличкий шматок свинячого жиру, а в другу – 5 краплі соняшникової олії. В обидві пробірки додайте по 0,5 г кристалічного калій гідросульфату.

В окрему ретельно вимиту суху пробірку налейте 5 краплі аргентум нітрату та додавайте по краплям розчин амоніаку до утворення прозорого аміачного розчину гідрату аргентум оксиду $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ (реактив Толленса). Змочіть одержаним реактивом Толленса два шматка фільтрувального паперу.

Пробірки з сумішами жирів і калій гідросульфату закріпіть у тримачі для пробірок і прогрійте у полум'ї спиртівки до виникнення густих білих випаровувань (нагрівання проводити під витяжною шафою!). Фільтрувальний папір, змочений реактивом Толленса внесіть у випаровування з пробірок. Що відбувається з фільтрувальним папером?

Занотуйте спостереження, зробіть висновки про наявність гліцерину у свиначому жирі та соняшниковій олії. Запишіть рівняння реакцій утворення акролеїну і його взаємодії з $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, приймаючи до уваги, що відбувається відновлення Ag^+ до Ag .

Дослід 5. Якісне визначення ненасичених жирних кислот у складі соняшникової олії

До складу більшості олій входять ненасичені карбонові кислоти, які містять 1–3 подвійних зв'язки: олеїнова, лінолева та ліноленова. Для якісного визначення цих кислот у складі олії можна використовувати реакцію бромовання або реакцію Вагнера (взаємодія з калій тетраоксоманганатом (IV) KMnO_4). Це якісні реакції на подвійний зв'язок.

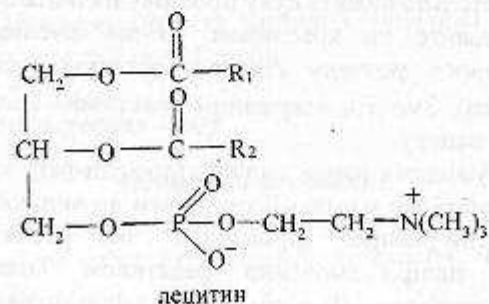
Методика виконання

В пробірку помістіть 0,5 мл розчину Br_2 у CCl_4 та додайте 10 крапель соняшникової олії, яка містить велику кількість ненасичених жирних кислот. Суміш у пробірці добре перемішайте.

Занотуйте спостереження та запишіть рівняння реакції приєднання броду до ацилгліцерину, який містить два залишки олеїнової кислоти та один залишок стеаринової (диолеостеарин).

Дослід 6. Якісне визначення лецитину у жовтці курячого яйця

Лецитини відносяться до групи фосфоліпідів. Це гліцерофосфоліпід, які містять у своєму складі фосфохолінову групу та два ацили карбонових кислот. Загальна формула лецитину має вид:



Лецитини у значній кількості містяться у жовтку курячого яйця (lekithos (грецьк.) – жовток). Вони не розчиняються у воді і ацетоні, але добре розчиняються в етанолі, ефірі і хлороформі. У воді лецитини набрякають і можуть створювати емульсії, чим обумовлено їх використання як емульгаторів у виробництві маргарину та майонезу.

Методика виконання

У скляний стакан налейте 40 мл етанолу і нагрійте його на електронплитці. В інший стакан помістіть половину жовтка курячого яйця і додавайте поступово гарячий етанол постійно перемішуючи суміш скляною паличкою. Розчин охолодіть і за допомогою складчастого фільтру в дфільтруйте у суху конічну колбу. Проведіть дослідження з цим відфільтрованим спиртовим розчином жовтка:

а) в суху пробірку помістіть 0,5 мл ацетону і додайте 2 краплі відфільтрованого розчину жовтка. Відмітьте випадіння білого осаду;

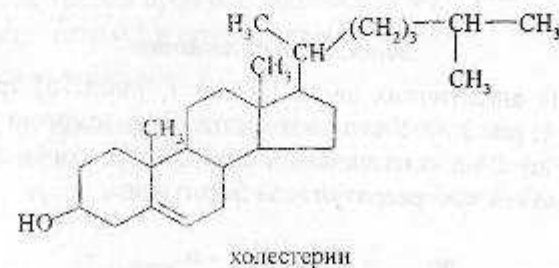
б) у пробірку помістіть 0,5 мл відфільтрованого розчину жовтка і додайте по краплям дистильовану воду до утворення стійкої емульсії;

в) у суху пробірку помістіть 10 крапель відфільтрованого розчину жовтка і додайте 5 крапель насиченого спиртового розчину кадмій хлориду CdCl_2 . Відмітьте випадіння білого осаду.

Занотуйте спостереження, запишіть формулу лецитину і зробіть висновок о наявності лецитину у жовтці курячого яйця.

Дослід 7. Якісне визначення стеринів

Холестерин у чистому виді а також у вигляді естерів присутній у м'ясі, головному мозку, є структурним компонентом клітин і приймає участь в обміні жовчних кислот та гормонів. Структурна формула холестерину:



Методика виконання

У суху пробірку помістіть декілька кристаликів холестерину та додайте 1 мл хлороформу. До розчину прилийте 5 крапель оцтового ангідриду та обережно по стінці пробірки прилийте 0,5 мл концентрованої сульфатної кислоти.

Відмітьте утворення забарвлення, зазначте що ця реакція використовується для якісного визначення холестерину у харчових продуктах та біологічних об'єктах та запишіть формулу холестерину.

Лабораторна робота № 12. Визначення кислотного числа жиру

Реактиви і прилади:

Розчин калій гідроксиду КОН, 0,1 н	Конічні колби ємкістю 250 мл
Етанол C_2H_5OH	Піпетки ємкістю 2 мл, 10 мл
Петролейний ефір	Аналітичні терези
Соняшникова олія	Бюретки
Фенолфталеїн	Штативи для бюрето

Мета роботи: Визначити кислотне число соняшnikової олії.

На початковій стадії псування жирів відбувається їх прокисання. Цей процес пов'язаний із гідролізом жиру і в результаті накопиченням вільних жирних кислот. Ці кислоти надають жиру кислуватий присмак.

Кислотним числом (КЧ) називають масу калій гідроксиду КОН (мг), яка необхідна для нейтралізації вільних жирних кислот в 1 г жиру. Кислотне число для ряду харчових продуктів нормується стандартами і є показником, що характеризує свіжість жиру. Для різних сортів жиру та олій кислотне число коливається у межах від 0,4 мг до 6 мг калій гідроксиду на 1 г жиру.

Методика виконання

Зважте на аналітичних вагах (розділ 1, рис.1.18) три сухі конічні колби (розділ 1, рис.2.а). У колби помістіть за допомогою піпетки (розділ 1, рис.1.10.в) по 2 мл соняшnikової олії. Зважте колби з пробами олії. Точні маси наважок олії розрахуйте за формулою:

$$m_{(олія)} = m_{(колба + олія)} - m_{(колба)}, \text{ г.}$$

В окрему конічну колбу налейте за допомогою піпетки 20 мл етанолу та додайте 20 мл петролейного ефіру. Суміш у колбі добре перемішайте, відберіть піпеткою по 10 мл одержаної суміші ефіру зі спиртом і додайте її у конічні колби з пробами олії. Також у колби помістіть 1–2 краплі індикатору фенолфталеїну.

Закріпіть бюретку (розділ 1, рис.10.з) в штативі (розділ 1, рис.14) і промийте її розчином калій гідроксиду. Заповніть бюретку калій гідроксидом так, щоб у носіку бюретки не було бульбашок повітря і нижній меніск рідини знаходився на лінії нульової позначки бюретки (розділ 1, рис.11). Відтитруйте суміш (олія+ефір+етанол+фенолфталеїн) у першій конічній колбі розчином калій гідроксиду до появи блідо-рожевого забарвлення, яке не буде зникати протягом 1 хвилини. Відмітьте об'єм калій гідроксиду, який пішов на титрування першої проби олії. Далі знову наповніть бюретку розчином калій гідроксиду і повторіть дослід з другою пробною олією, а потім з третьою. Знайдіть середню величину об'єму розчину калій гідроксиду, що пішов на титрування, і розрахуйте кислотне число соняшnikової олії:

$$\bar{V} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3},$$

$$\text{КЧ} = \frac{\bar{V} \cdot T}{m_{(олія)}}, \text{ (мг КОН/г)},$$

де \bar{V} – середній об'єм розчину калій гідроксиду, що пішов на титрування олії, мл;

V_1, V_2, V_3 – об'єми розчину калій гідроксиду, які пішли на титрування першої, другої, третьої проб олії відповідно, мл;

$T = 5.6 \text{ мг/мл}$ – титр 0,1 н розчину калій гідроксиду;

$m_{(олія)}$ – маса наважки олії, г.

Запишіть результати розрахунків кислотного числа соняшnikової олії. Зробіть висновки про якість олії. Напишіть рівняння реакції гідролізу ацилгліцерину, який містить два залишки олеїнової та один залишок

пальмітинової кислоти та рівняння взаємодії одержаних жирних кислот з калій гідроксидом.

Лабораторна робота № 13. Визначення йодного числа жиру

Реактиви і прилади:

Розчин натрій тіосульфату $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 0,01 н.	Ковічні колби ємкістю 200 мл
Розчин крохмалю	Піпетки ємкістю 2 мл
Спиртовий розчин йоду I_2 , 0,2 н.	Мірні циліндри ємкістю 25 мл і 100 мл
Етанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Аналітичні терези
Соняшникова олія	Електроплитка
	Бюретки
	Штативи для бюреток

Мета роботи: Визначити йодне число соняшникової олії.

Йодним числом (ЙЧ) називають кількість йоду (г), який приєднується за місцем подвійних зв'язків в ацилах жирних кислот у складі жиру, масою 100 г. Йодне число характеризує ступінь ненасиченості жиру, здатність його до окиснення та висихання.

ЙЧ визначають шляхом додавання до спиртового розчину жиру надлишку йоду з подальшим титруванням йоду, який не приєднався по місцю подвійних зв'язків в ацилах жирних кислот у складі жиру, розчином натрій тіосульфату:



Методика виконання

Зважте на аналітичних вагах (розділ 1, рис.1.18) три сухі конічні колби (розділ 1, рис.2.а). У колби помістіть за допомогою піпетки (розділ 1, рис.1.10.в) по 3 краплі соняшникової олії. Зважте колби з пробами олії. Точні маси наважок олії розрахуйте за формулою:

$$m_{\text{олія}} = m_{\text{(колба + олія)}} - m_{\text{(колба)}} \text{, (г)}$$

В колби з пробами олії додайте за допомогою мірного циліндра 25 мл етанолу. Якщо олія логано розчиняється у спирті, колби злегка нагрійте на електроплитці.

Закріпіть бюретку (розділ 1, рис.10.з) в штативі (розділ 1, рис.14) і промийте 0,2 н спиртовим розчином йоду. Заповніть бюретку розчином йоду так, щоб у носіку бюретки не було бульбашок повітря і нижній меніск рідини знаходився на лінії нульової позначки бюретки (розділ 1, рис.11). Додайте у колби зі спиртовим розчином олії по 12,5 мл спиртового розчину йоду з бюретки та прилійте по 100 мл дистильованої води за допомогою мірного циліндру. Суміші у колбах перемішуйте протягом 5 хвилин. Для більш точного визначення ЙЧ олії у колби додайте за допомогою піпетки по 1 мл розчину крохмалю. Відмітьте появу синього забарвлення розчинів.

Закріпіть ще одну бюретку в штативі і промийте її 0,01 н розчином натрій тіосульфату. Заповніть бюретку розчином натрій тіосульфату, щоб у носіку бюретки не було бульбашок повітря і нижній меніск рідини знаходився на лінії нульової позначки бюретки. Суміш (олія+спирт+йод+крохмаль) у першій колбі відтитруйте розчином натрій тіосульфату до зникнення синього забарвлення. Відмітьте об'єм (V) розчину натрій тіосульфату, що пішов на титрування.

Далі знову наповніть бюретку розчином натрій тіосульфату і повторіть дослід з другою пробю олії, а потім з третьою. Знайдіть середню величину об'єму розчину натрій тіосульфату, що пішов на титрування:

$$\bar{V} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

де \bar{V} – середній об'єм розчину натрій тіосульфату, що пішов на титрування олії, мл;

V_1, V_2, V_3 – об'єми розчину натрій тіосульфату, які пішли на титрування першої, другої, третьої проб олії відповідно, мл.

Далі проведіть контрольний дослід -- по вище приведеній методиці приготуйте та відтитруйте суміш без додавання олії (спирт+йод+крохмаль), розчином натрій тіосульфату. Відмітьте об'єм (V_0) розчину натрій тіосульфату, що пішов на титрування.

Розрахуйте йодне число соняшникової олії за формулою:

$$\text{ЙЧ} = \frac{(V_0 - \bar{V}) \cdot T}{m_{\text{олія}}} \cdot 100\%$$

де V_0 – об'єм розчину натрій тіосульфату, який пішов на титрування суміші у контрольному досліді, мл;
 $T = 0,00127$ г/мл – титр 0,01 н розчину натрій тіосульфату по йоду;
 $m_{\text{олія}}$ – маса наважки олії, г.

Запишіть результати розрахунків йодного числа соняшникової олії. Зробіть висновки про ненасиченість олії та її здатність до окиснення. Напишіть рівняння реакції взаємодії ацилгліцерину, який містить два залишки олеїнової та один залишок пальмітинової кислоти, з йодом та рівняння взаємодії залишку йоду з натрій тіосульфатом.

Лабораторна робота № 14. Визначення пероксидного числа жиру

Реактиви і прилади:

Розчин калій йодиду KI, насич.	Конічні колби з притертим корком
Розчин натрій тіосульфату $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 0,01 н.	ємністю 200 мл
Розчин крохмалю, 1%	Піпетки ємністю 1 мл і 10 мл
Оцтова кислота CH_3COOH , конц.	Мірні циліндри ємністю 100 мл
Хлороформ CHCl_3	Скляні шпателі
Соняшникова олія	Аналітичні терези
Вершкове масло	Електроплитка
	Бюретки
	Штативи для бюреток

Мета роботи: Визначити пероксидне число соняшникової олії.

Пероксидне число (ПЧ) характеризує вміст у жирі первинних продуктів окиснення: пероксидів і гідрпероксидів. Пероксидним числом називають кількість (ммоль) активного кисню, еквівалентного йоду, який виділяється з калій йодиду в крижаній оцтовій кислоті пероксидами і гідрпероксидами, які містяться в 1 кг жиру. За величиною ПЧ можна зробити висновок про ступінь окиснення жиру.

Для визначення пероксидних чисел жирів застосовують переважно йодометричний метод. ПЧ виражають кількістю грамів йоду, що виділився

у кислому середовищі з калій йодиду під дією пероксидів, які містяться у 100 г жиру. В таблиці 8.4. наведені пероксидні числа деяких жирів.

Таблиця 8.4.

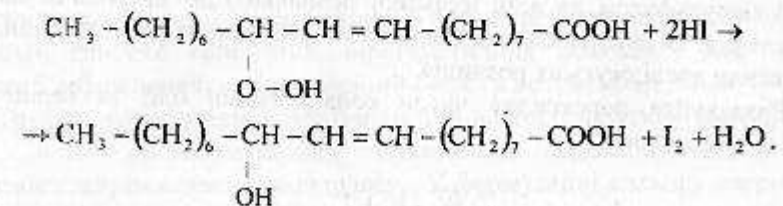
Пероксидні числа жирів

Жири та масла	Пероксидні числа, %I ₂		
	Свіжі жири	Сумівної свіжості жири	Прогірклі жири
Вершкове масло	0,02	0,06	0,10
Пряжене масло	0,02	0,08	0,50
Свинячий жир	0,08	0,15	3,00
Яловичий жир	0,02	0,08	0,15
Баранячий жир	0,08	0,15	3,00
Соняшникова олія (нерафінована)	0,16	0,40	3,50
Соняшникова олія (рафінована)	0,15	0,50	6,00
Гідрожир	0,10	–	0,50

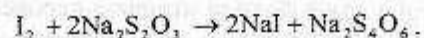
При взаємодії жиру з насиченим водним розчином калій йодиду у кислому середовищі гідрпероксиди та пероксиди окислюють I⁻ до I₂, який відтитровується 0,01 н розчином натрій тіосульфату у присутності крохмалю. Реакція перебігає у кислому середовищі. При цьому оцтова кислота взаємодіє з насиченим розчином калій йодиду з утворенням HI:



Далі гідрпероксиди вступають у реакцію з HI за рівнянням:



Йод, який виділився відтитровують натрій тіосульфатом:



Методика виконання

Зважте на аналітичних вагах (розділ 1, рис.1.18) чотири сухі конічні колби (розділ 1, рис.2.а). У перші дві колби помістіть за допомогою піпетки (розділ 1, рис.1.10.в) 5 краплин соняшникової олії, а в інші дві за допомогою шпателя 1 г вершкового масла. Зважте колби з пробами олії та масла. Точні маси наважок жирів розрахуйте за формулою:

$$m_{\text{жир}} = m_{\text{(колба + жир)}} - m_{\text{(колба)}} \text{ , (г)}$$

В чотири колби з пробами жиру та в ще одну порожню колбу додайте за допомогою піпетки по 10 мл хлороформу так, щоб у колбах з жиром олія і масло розчинилися у хлороформі. Після цього прилийте у колби по 10 мл оцтової кислоти та по 0,5 мл насиченого розчину калій йодиду. Колби закрийте пробками, суміші в колбах ретельно перемішайте і помістіть у темне місце на 10 хвилин. Колба з розчином баз проби жиру використовується як контрольна.

До сумішей в колбах додайте за допомогою мірного циліндру по 100 мл дистильованої води та піпеткою по 1 мл розчину крохмалю. Відмітьте появу синього забарвлення розчинів.

Закріпіть бюретку (розділ 1, рис.10.з) в штативі (розділ 1, рис.14) і промийте її 0,01 н розчином натрій тіосульфату. Заповніть бюретку розчином натрій тіосульфату, щоб у носіку бюретки не було бульбашок повітря і нижній меніск рідини знаходився на лінії нульової позначки бюретки. Суміші у колбах по черзі відтитруйте розчином натрій тіосульфату (перед кожним титруванням знову наповнюйте бюретку натрій тіосульфатом до лінії нульової позначки!) до зникнення синього забарвлення. Відмітьте об'єми розчину натрій тіосульфату, що пішли на титрування досліджуваних розчинів.

Розрахуйте пероксидне число соняшникової олії та вершкового масла за формулою:

$$ПЧ = \frac{(\bar{V} - V_0) \cdot T}{m_{\text{жир}}} \cdot 100\%$$

де V_0 – об'єм розчину натрій тіосульфату, який пішов на титрування суміші у контрольному досліді, мл;

\bar{V} – середній об'єм (за результатами титрувань двох проб жиру) розчину натрій тіосульфату, який пішов на титрування проби соняшникової олії (або вершкового масла), мл;

$T = 0,00127$ г/мл – титр 0,01 н розчину натрій тіосульфату по йоду;

$m_{\text{жир}}$ – маса наважки соняшникової олії (або вершкового масла), г.

Запишіть результати розрахунків пероксидних чисел соняшникової олії та вершкового масла. Зробіть висновки про ступені окиснення цих жирів. Напишіть рівняння реакцій взаємодії гідропероксидів з HI та взаємодії йоду з натрій тіосульфатом.

Лабораторна робота № 15. Рефрактометричний метод визначення якості фритюрного жиру

Реактиви і прилади:

Соняшникова олія (свіжа)
Соняшникова олія (окислена)
Діетиловий ефір (або етанол)

Скляні стаканчики ємкістю 50 мл
Скляні лійки
Скляні палички
Фільтрувальний папір
Пробірки
Рефрактометр РЛ-2

Мета роботи: За допомогою рефрактометричного методу визначити якість фритюрного жиру.

На харчових підприємствах широко використовується така теплова обробка продуктів, як жарка у великій кількості жиру (фритюр). Часто використовують періодичний спосіб жарки (співвідношення жиру та продукту від 4:1 до 6:1), при якому з жиром відбуваються істотні зміни: гідроліз, глибоке окиснення, пірогенетичний розклад і жир набуває темного забарвлення, має пригорілий смак та неприємний запах.

Тривале використання рослинної олії в якості фритюру приводить до змін його органолептичних показників, консистенції, фізичних властивостей, окиснення та гідролізу. У формуванні кольору нагрітої олії приймають участь вторинні продукти окиснення (наприклад, продукти конденсації дикарбонільних сполук). Зростання коефіцієнту заломлення

свідчить про утворення в олії в результаті окиснення нових функціональних груп (карбонільних, карбоксильних, оксигрун) та формування нових просторових та інших ізомерів.

Можна зробити висновок, що глибину змін, які виражаються сумарною кількістю продуктів окиснення та полімеризації, можна визначити за допомогою вимірювання показника заломлення жирів (метод придатний тільки для рослинних олій). Жир з масовою часткою продуктів окиснення більше ніж 1% вважається непридатним для харчового використання.

Методика виконання

Помістіть у два скляних стаканчика по 10 мл соняшникової олії: у перший – свіжу, у другий – окислену олію. Ретельного перемішайте скляними паличками олії в стаканчиках. Відфільтруйте окислену (використану в технологічних цілях) олію в окрему пробірку.

Спочатку перевірте правильність роботи рефрактометра РЛ-2 (розділ 1. рис. 1.21.), визначив показник заломлення дистильованої води. Правила роботи на РЛ-2 приведені у розділі 1.

Показник заломлення жирів більший за показник заломлення води і може коливатися у межах від 1,448 до 1,482 (при 20°C). На призму рефрактометра за допомогою скляної палички нанесіть декілька краплин свіжої олії. Замірявши показник (з точністю до 0,0002), призму витріть тканиною, змоченою ефіром (або етанолом), а потім сухою. На сухій призмі нанесіть декілька крапель профільтрованої окисленої олії і визначте для неї показник заломлення.

Різниця між показниками заломлення свіжої олії та олії, використаної в технологічних цілях, не повинна бути більшою за 0,001. Якщо різниця показників перевищує 0,001, це свідчить про накопичення 1% та більше продуктів окиснення.

Запишіть одержані величини показників заломлення свіжої олії та олії, використаної в технологічних цілях. Зробіть висновок щодо придатності для подальшого харчового використання окисленої олії.

Контрольні завдання

1. Які сполуки відносяться до ліпідів? Охарактеризуйте знаходження ліпідів у природній сировині та їх роль у харчуванні людини.

2. Які ліпіди відносяться до простих. Наведіть приклади.
3. Охарактеризуйте знаходження ацилгліцеринів у природній сировині та їх харчову цінність.
4. Які сполуки відносяться до восків? Наведіть приклади і охарактеризуйте їх знаходження у природній сировині.
5. До якого класу ліпідів відноситься холестерин. Запишіть його структурну формулу і охарактеризуйте його роль у харчуванні людини.
6. Які сполуки відносяться до фосфоліпідів? Наведіть приклади. Чим обумовлені амфифільні властивості цих ліпідів.
7. Які сполуки відносяться до гліколіпідів? Наведіть приклади. Охарактеризуйте їх роль у харчуванні людини.
8. Дайте визначення супутнім жирам сполукам. Наведіть приклади.
9. Які константи або «жирові числа» використовуються для характеристики якості ліпідів?
10. Запишіть реакції гідролізу і переестерефікації ацилгліцерину α -арахідоно- β -лінолео- α' -пальмітину. Дайте назви одержаним продуктам.
11. Запишіть реакції окиснення і гідрування ацилгліцерину α -олеїно- β -стеарано- α' -лінолеїну. Дайте назви одержаним продуктам.
12. Запишіть реакції омилення і гідрування ацилгліцерину α -еруко- β -пальміто- α' -олеїну. Дайте назви одержаним продуктам.
13. Запишіть реакції переестерефікації і омилення ацилгліцерину α -міристино- β -арахідоно- α' -лаурину. Дайте назви одержаним продуктам.
14. Поясніть роль гідрогенізації ліпідів у харчовому виробництві. Чим обумовлений шкідливий вплив на організм людини транс-ізомерів жирних кислот, що можуть утворюватися під час гідрогенізації?
15. Охарактеризуйте перетворення, що відбуваються з жирами під час зберігання. Від чого залежить стійкість жирів при зберіганні?
16. Поясніть механізм за яким відбувається згірнення жирів.
17. За допомогою якої реакції можна доказати наявність гліцерину у складі жиру? Запишіть цю реакцію.
18. На чому ґрунтується визначення кислотного числа жиру? Який метод використовується для цього дослідження?
19. На чому ґрунтується визначення йодного числа жиру? У чому полягає метод, який використовується для цього дослідження?

20. На чому основане визначення пероксидного числа жиру? Який метод використовується для цього дослідження?
21. У чому полягає рефрактометричний метод визначення якості фритюрного жиру?
22. Для приведених нижче жирних кислот запишіть:
 - 1) Структурні формули двох ізомерних триацилгліцеринів, дайте їм назви та визначте їх консистенцію.
 - 2) Реакції гідролізу, переестерифікації та омилення для одного з ізомерних триацилгліцеринів.
 - 3) Чи є ненасиченим одержаний триацилгліцерин? Якщо так, то запишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна доказати ненасиченість триацилгліцерину.
 - 4) Структурні формули фосфо- і гліколіпіда (назва моносахариду приведена у дужках), які містять залишки двох з приведених нижче жирних кислот.

Варіанти:

1. Пальмітинова, ліноленова, стеаринова, (D-глюкоза).
2. Стеаринова, ліолева, масляна, (D-маноза).
3. Олеїнова, стеаринова, ліолева, (D-галактоза).
4. Ліноленова, пальмітинова, пальмітинова, (D-глюкоза).
5. Олеїнова, ліноленова, арахідонова, (D-маноза).
6. Масляна, капронова, пальмітинова, (D-галактоза).
7. Каприлова, ліолева, арахідонова, (D-глюкоза).
8. Лауринова, ерукова, нервонова, (D-маноза).
9. Бегенова, нервонова, ліолева, (D-галактоза).
10. Лігноцеринова, арахідонова, ліолева, (D-глюкоза).
11. Каприлова, ерукова, олеїнова, (D-маноза).
12. Міристинова, ерукова, нервонова, (D-галактоза).
13. Стеаринова, раціноленова, ліноленова, (D-глюкоза).
14. Лауринова, пальмітолеїнова, олеїнова, (D-маноза).
15. Капронова, міристинова, пальмітинова, (D-галактоза).
16. Раціноленова, пальмітинова, ліолева, (D-глюкоза).
17. Нервонова, стеаринова, олеїнова, (D-маноза).
18. Бегенова, лауринова, лігноцеринова, (D-галактоза).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 2005.
2. Левітін Є.Я., Бризицька А.М., Ключева Р.Г. Загальна та неорганічна хімія: Підручник. Вінниця: Нова книга, 2003.
3. Рейли К. Металлические загрязнения пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1985.
4. Минделл, Эрл. Справочник по витаминам и минеральным веществам. – М.: Медицина и питание, 2000.
5. Алексеев В.Н. Курс качественного химического полумикроанализа. – М.: Химия, 1978.
6. Васильев В.П. Аналитическая химия. Т. 2. Физико-химические методы анализа. – М.: Высшая школа, 1989.
7. Кострицкий А.И., Калинин О.Ю., Тищенко В.М., Берегова О.М. Фізична та колоїдна хімія: Навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2008.
8. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: Учебник для вузов. – М.: Химия, 1988.
9. Тагер А.А. Физикохимия полимеров. – М.: Химия, 1978.
10. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. – М.: Высшая школа, 1992.
11. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – Л.: Химия, 1984.
12. Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии / Под ред. К. Миттела. – М.: Мир, 1980.
13. Евстратова К.И. и др. Практикум по физической и коллоидной химии. – М.: Химия, 1988.
14. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии / Под ред. Ю.Г. Фролова и А.С. Гродского. – М.: Химия, 1986.
15. Мухаян Е.А. Физико-химические методы анализа. – М.: Химия, 1995.
16. Пищевая химия / Под ред. А. П. Нечаева. – 3 изд., испр. – Спб.: Гюрд, 2004.
17. Ластунін Ю. О. Хімія природних органічних сполук: Навч. посібник. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2005.
18. Химический состав пищевых продуктов / Под ред. М.Ф. Нестерина, И.М. Скуркина. – М.: Пищевая промышленность, 1979.
19. Эмануэль Н.М., Замков Г.Е. Химия и пища. – М.: Наука, 1986.

20. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высш.шк., 1998.
21. Скуратовская О. Д. Контроль качества продукции физико-химическими методами. – М.: Делли принт, 2001.
22. Нечаев А.П., Кочеткова А.А., Зайцев А.Н. Пищевые добавки. – М.: Колос-Пресс, 2002.
23. Пономарьов П.Х., Сирохман І.В. Безпека харчових продуктів та продовольчої сировини. – К.: Лібра, 1999.
24. Плахотин В.Я. Контроль качества пищевых продуктов. – Киев: Урожай, 1988.
25. Методы анализа пищевых, сельскохозяйственных продуктов и медицинских препаратов / Под ред. В. Горвица. – М.: Пищ. пром-ть., 1974.
26. Донченко Л.В., Надыкта В.Д. Безопасность пищевой продукции. – М.: Пищепромиздат, 2001.
27. Безвредность пищевых продуктов / Под ред. Г.Р. Робертса. – М.: Агропромиздат, 1986.
28. Тютюнников Б.Н. Химия жиров. – М.: Пищевая промышленность, 1966.
29. ГОСТ 5476-80. Масла растительные. Методы определения кислотного числа.
30. ГОСТ 26593-85. Масла растительные. Метод определения перекисного числа.
31. Дудкин М.С., Щелкунов Л.Ф. Новые продукты питания. – М.: Наука, 1998.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пищевая химия / Под ред. А. П. Нечаева. – 3 изд., испр. – Спб.: Гиорд, 2004. – 640 с. – Библиогр.: С. 607 – 625.
2. Гордієнко В.І. Теоретичні основи загальної хімії : Навч. посібник. – Х., 2001. – 255 с.
3. Ромагова Н.В. Загальна та неорганічна хімія. – Київ, Ірпінь: ВТФ Перун, 1998. – 480 с.
4. Савгіра Ю.О., Самойленко С.О., Добровольська О.В., Аксьонова О.Ф. Фізична та колоїдна хімія: Навч. посібник. – Харків, 2006. – 162 с. .
5. Химический состав пищевых продуктов. / Под ред. И.М. Скурихина, В.А. Шатерникова – М.: Легкая и пищевая промышленности, 1984. – 325 с.
6. Потапов В.М., Татаринчик С.Н. Органическая химия. – М.: Химия, 1990. – 503с.
7. Кравченко Е.Ф., Мурликіна Н.В. Органічна хімія. В 2-х ч.: Навч. підручник. – Харків: ХДУХТ, 2006.
8. Тютюнников Б.Н. Химия жиров. – М.: Колос, 1992. – 448 с.

ЗМІСТ

Передмова.....	4
Розділ 1	
Техніка виконання лабораторних робіт.....	6
1.1. Правила техніки безпеки при роботі у хімічній лабораторії та надання першої допомоги.....	6
1.2. Лабораторний хімічний посуд, обладнання та прилади.....	21
1.3. Правила оформлення лабораторної роботи.....	9
Розділ 2	
Мінеральні речовини.....	23
Лабораторна робота № 1. Якісне визначення іонів металів.....	29
Лабораторна робота № 2. Якісне визначення іонів неметалів.....	39
Лабораторна робота № 3. Кількісне визначення мінеральних речовин у харчовому продукті шляхом обвуглювання.....	43
Лабораторна робота № 4. Визначення твердості води.....	45
Контрольні завдання.....	51
Розділ 3	
Дисперсні системи.....	53
Лабораторна робота № 5. Одержання колоїдних розчинів.....	55
Контрольні завдання.....	58
Розділ 4	
Високомолекулярні сполуки.....	60
Лабораторна робота № 6. Визначення залежності ступеню набування желатини від рН розчинника.....	63
Контрольні завдання.....	68
Розділ 5	
Харчові кислоти.....	70
Лабораторна робота № 7. Харчові кислоти.....	74

Контрольні завдання.....	79
Розділ 6	
Амінокислоти та білкові речовини.....	81
Лабораторна робота № 8. Дослідження властивостей амінокислот і білків.....	87
Контрольні завдання.....	96
Розділ 7	
Вуглеводи.....	99
Лабораторна робота № 9. Дослідження властивостей вуглеводів.....	108
Лабораторна робота № 10. Фотометричне визначення концентрації розчинів глюкози.....	116
Контрольні завдання.....	119
Розділ 8	
Ліпіди.....	121
Лабораторна робота № 11. Дослідження властивостей ліпідів.....	130
Лабораторна робота № 12. Визначення кислотного числа жиру.....	135
Лабораторна робота № 13. Визначення йодного числа жиру.....	137
Лабораторна робота № 14. Визначення пероксидного числа жиру.....	139
Лабораторна робота № 15. Рефрактометричний метод визначення якості фритюрного жиру.....	142
Контрольні завдання.....	143
Список використаної літератури.....	146
Список рекомендованої літератури.....	148