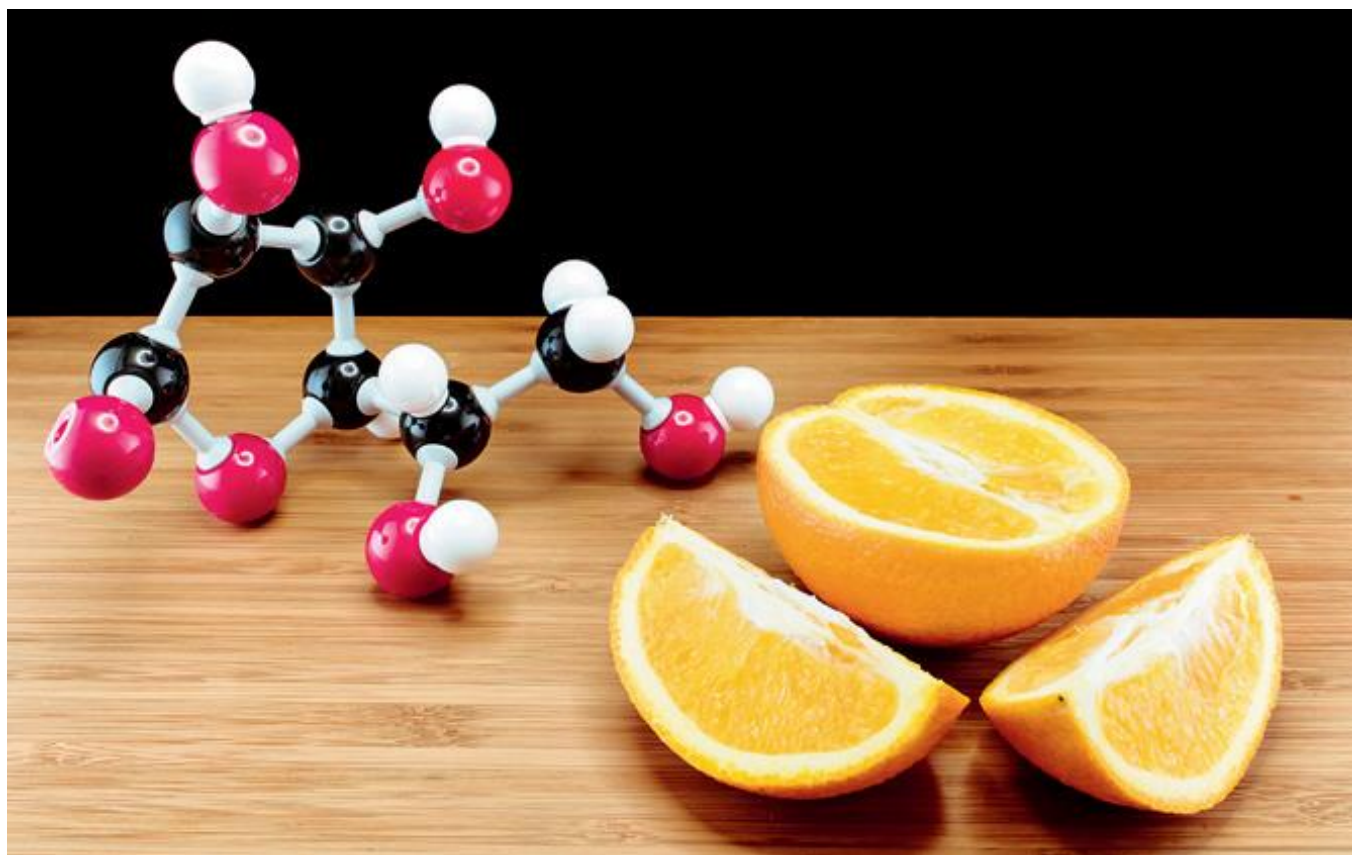


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

**Кафедра харчової  
біотехнології і хімії**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни  
«ХАРЧОВА ХІМІЯ»**



для студентів всіх форм навчання  
**спеціальності 181 «Харчові технології»**

ТЕРНОПІЛЬ - 2020

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Харчова хімія» для студентів всіх форм навчання спеціальності 181 «Харчові технології» Ч.1. / укладачі Назарко І.С., Покотило О. С. / Тернопіль: ТНТУ, 2020. 64 с.

Відповідальний за випуск: к. пед. н., доц. І. С. Назарко

Рецензент : к. хім. н., доц. Г. Я. Загричук

Методичні вказівки розглянуті і затверджені на засіданні кафедри харчової біотехнології і хімії.

Протокол № 9 від 07.02.2020р.

Схвалені і рекомендовані до друку методичною комісією ФМТ Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Протокол № 6 від 07.02.2020р.

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
Правила техніки безпеки під час роботи в лабораторії .....	6
Перша допомога при нещасних випадках у лабораторії .....	8

### Модуль 1.

#### Харчові нутрієнти

##### Лабораторна робота № 1

«Визначення масової частки вологи в харчових продуктах» .....	9
---	---

##### Лабораторна робота № 2

«Визначення масової частки нітрогеновмісних речовин в харчових продуктах» .....	22
---	----

##### Лабораторна робота № 3

«Дослідження фізико-хімічних характеристик харчових жирів» .....	33
--	----

##### Лабораторна робота № 4

«Визначення масової частки вуглеводів в харчових продуктах»	
А. «Визначення масової частки лактози у молоці» .....	44
Б. «Визначення масової частки сахарози в хлібобулочних виробах» .....	54

Рекомендована література .....	63
--------------------------------	----

## ВСТУП

Запропоновані методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Послідовність тем лабораторних робіт складена згідно робочої програми для даного напрямку підготовки бакалаврів. Курс «Харчова хімія» має важливе значення у підготовці студентів спеціальності 181 «Харчові технології», оскільки є базовою дисципліною для виробництва харчових продуктів, інструментом подальшого вдосконалення технологічних процесів, створення нових продуктів харчування підвищеної біологічної та харчової цінності.

Харчова хімія є необхідною для більш глибокого розуміння теоретичних основ харчових технологій, що в свою чергу, є підґрунтям для підготовки високоякісних та компетентних фахівців. Ефективність засвоєння цієї навчальної дисципліни залежить від змісту та підготовки лабораторних робіт. **Метою виконання курсу лабораторних робіт** є ознайомлення з методами визначення вмісту в сировині та продуктах харчування нутрієнтів; оволодіння навичками системного аналізу якості сировини та продуктів, навичками проведення лабораторних дослідів, виконуючи які, студенти освоюють техніку поводження з хімічними реактивами і приладами, прийоми проведення хімічних операцій, методи обробки дослідних даних, навчаються зіставляти та аналізувати результати дослідів і робити висновки.

Кожне лабораторне заняття поділяється на дві частини:

**I. Теоретична частина** передбачає підготовку до заняття за теоретичними питаннями та вивчення методики проведення дослідів.

**II. Практична частина** базується на належній домашній підготовці до заняття і включає проведення дослідів, їх аналіз та узагальнення результатів.

Перед лабораторною роботою студентам слід ознайомитись з її змістом та обсягом, вивчити теоретичні основи методу та

необхідні для проведення роботи методики. Ступінь підготовленості до заняття студент повинен перевірити, відповівши на запитання для самоконтролю, подані до кожної теми. До виконання лабораторної роботи студенти допускаються після співбесіди з викладачем, яку проводять з метою виявлення знань студентів з теорії методів і методики виконання аналізів та наявності підготовленого протоколу лабораторної роботи. Протокол кожного лабораторного заняття має містити такі дані:

- номер і тема роботи;
- дата проведення заняття;
- мета роботи;
- стислий конспект теоретичної частини;
- перелік приладів, обладнання, матеріалів;
- суть методу аналізу, що вивчається, та умови його проведення (точність зважування, необхідна температура, додаткові розрахунки, допустимі розходження між паралельними визначеннями та інше);
- результати спостережень (оформлення переважно у вигляді таблиць);
- необхідні формули та пояснення прийнятих умовних позначень;
- необхідні розрахунки (або статистичне опрацювання);
- аналіз одержаних даних та висновки.

Кожний студент виконує роботу самостійно або в групі. Виконана робота зараховується викладачем наприкінці заняття (або у поза аудиторний час до наступного заняття) після того, як студентом виконані усі необхідні розрахунки, зроблено висновки і захищено подані матеріали.

Кожне лабораторне заняття *оцінюється* за трьома рівнями:

- 1) високий – 4 бали; 2) достатній – 3 бали; 3) середній – 2 бали.

Непідготовленість студента до заняття або його відсутність без поважних причин оцінюється в 0 балів. Незалежно від причин пропуску, пропущені лабораторні роботи повинні бути відпрацьовані та захищені.

## ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ

Лабораторні роботи проводяться в лабораторії кафедри харчової біотехнології і хімії під керівництвом викладача та лаборанта. Під час роботи в лабораторії треба бути особливо уважним, акуратним і обережним, оскільки в дослідах використовується різний хімічний посуд, реактиви та обладнання. Студенти повинні дотримуватись вимог з охорони праці, техніки безпеки та протипожежної профілактики. У разі їх недотримання студенти несуть дисциплінарну відповідальність.

Перед початком лабораторних робіт студенти проходять інструктаж з техніки безпеки, який оформлюється у спеціальному журналі. Крім того, під час кожної роботи вони одержують усний інструктаж від викладача (лаборанта). Працювати в лабораторії студенти повинні на постійному робочому місці в халатах, застебнутих на всі гудзики. Волосся має бути підібране під косинку чи шапочку.

Проведення дослідів у брудному лабораторному посуді забороняється. Мити посуд потрібно відразу після виконання дослідів. Кожен студент повинен пам'ятати, що більшість хімічних речовин та реактивів отруйні, і невиконання правил роботи з ними наносить шкоду здоров'ю. Тому під час роботи з хімічними реактивами необхідно дотримуватись обережності, уникати потрапляння цих речовин на руки, не торкатися ними обличчя та очей, після роботи слід ретельно мити руки.

Хімічні реактиви не можна пробувати на смак. Реактиви для дослідів слід брати лише в тих кількостях, які зазначені в методиці. Усі речовини слід нюхати дуже обережно, не нахилиючись над посудиною та не вдихаючи на повні груди, а спрямовуючи до себе пари чи газу рухом руки. Не слід нахилитися над посудом, в якому щось кипить чи в котрій наливається рідина, оскільки бризки можуть потрапити в очі. Під час нагрівання розчинів у пробірці слід користуватися дерев'яним тримачем, уважно стежити за тим, щоб отвір

пробірки чи колби був спрямований у бік від усіх працюючих, оскільки існує загроза викиду рідини з посудини внаслідок перегріву та потрапляння її на обличчя та руки. Коли необхідно перенести посуд з гарячою рідиною треба користуватися рушником, посудину тримати обома руками: однією – за дно, другою – за горловину. Великі хімічні стакани з рідиною потрібно піднімати лише двома руками так, щоб відігнуті краї склянки опиралися на вказівні пальці.

Категорично забороняється нагрівати або охолоджувати будь – які розчини у герметично закритих місткостях, а також закривати колби з гарячою рідиною. Роботу з леткими речовинами (спиртом, ефіром, бензином тощо), концентрованими лугами та кислотами проводити акуратно і під витяжною шафою, не зливати їх в каналізацію без попереднього розведення. Роботу з легкозаймистими рідинами проводити у витяжній шафі та подалі від нагрівальних приладів. У разі загорання легкозаймистих рідин не гасити полум'я водою, а скористатися піском.

У дослідах з використанням електроприладів необхідно переконатися в їх справності, правильності підключення до електромережі та контуру заземлення. Під час виконання роботи не можна переносити увімкнуті електроприлади та залишати їх без нагляду. У разі перерви в подачі електроенергії всі пристрої мають бути негайно вимкнуті.

У разі використання скляного лабораторного посуду, що легко б'ється, треба бути дуже обережним. Рештки побитого лабораторного скляного посуду слід ретельно замести у спеціальний збірник. Сировину чи напівфабрикати, у які могли потрапити скляні уламки, необхідно викинути у спеціальний збірник. Категорично забороняється приймати їжу в лабораторії.

Після закінчення роботи в лабораторії необхідно вимкнути всі електроприлади, якими користувалися, витяжну шафу, воду, прибрати свої робочі місця та здати їх черговому, а черговий – лаборанту або викладачу. Обов'язково ретельно вимити руки.

## ПЕРША ДОПОМОГА ПРИ НЕЩАСНИХ ВИПАДКАХ У ЛАБОРАТОРІЇ

Порушення правил техніки безпеки, недодержання інструкцій та правильних прийомів виконання лабораторної роботи можуть призвести до нещасних випадків (опіки, поранення, отруєння). Кожен студент повинен вміти надати першу долікарську допомогу потерпілому. Для цього у лабораторії повинна бути аптечка першої допомоги.

1. При попаданні на шкіру кислот, це місце слід інтенсивно промити водою, а потім 1-3% розчином соди ( $\text{NaHCO}_3$ ). При попаданні концентрованої сульфатної кислоти перед промиванням пошкоджену шкіру необхідно витерти сухим ватним тампоном.

2. При попаданні на шкіру розчинів лугів пошкоджене місце промивають водою, а потім 2% розчином оцтової чи лимонної кислоти або насиченим розчином борної кислоти.

3. При попаданні на шкіру фенолу, бромом і подібних їм речовин необхідно негайно пошкоджене місце промити відповідними органічними розчинниками (спирт, ефір тощо).

4. При отруєнні хлором, бромом, оксидами нітрогену потерпілому необхідно вдихати пари 10% розчину нашатирного спирту і випити молоко.

5. При опіках тіла полум'ям необхідно негайно промити місце опіку 1% розчином калію перманганату і покласти на пошкоджене місце компрес із спиртового розчину таніну. У разі отримання сильних опіків обпечене місце змащують жиром.

6. При порізах рану необхідно обробити спиртовим розчином йоду (або засобом, який його замінює), забинтувати або заклеїти лейкопластиром. У разі надмірної кровотечі накладати джгут.

7. Чужорідні тіла, що потрапили в око, видаляють струменем розчину борної кислоти або чистої води, спрямовуючи його від виска до носа, і якщо не вдається видалити чужорідне тіло – негайно звернутися до лікаря.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

**ТЕМА.** Методи визначення масової частки вологи в харчових продуктах.

**МЕТА.** Ознайомитись з різними методами визначення вмісту вологи у харчових продуктах: висушуванням до постійної маси, прискореним та експресним методами.

### I. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### *Вміст вологи у матеріалі*

Вміст вологи у матеріалі характеризується показником *масової частки вологи* ( $W$ ) – відношення маси вологи до маси наважки продукту, виражене у відсотках. Масова частка вологи в харчових продуктах змінюється в широких межах, %: м'ясо – 65...75; молоко – 87...88; часник – 65; огірки – 90; хліб – 35...50; мед -20; фрукти, овочі – 65...95; маргарин - 16...17; борошно – 12...14; кава у зернах – 5; сухе молоко – 4; цукор-пісок – 0,14...0,15; пиво, соки – 87...90; олія – 0,1; сир твердий – 37; вершкове масло – 16...20; сир м'який – 65...80.

Показник масової частки вологи є важливим для оцінки якості сировини, напівфабрикатів та готових виробів. Кількість вологи в продукті зумовлює консистенцію і структуру, визначає його енергетичну цінність (чим більше в ньому міститься води, тим менше корисних сухих речовин (білка, жиру, вуглеводів та ін.) в одиниці маси). З вмістом води тісно пов'язані стійкість продукту під час зберігання, його транспортабельність та придатність до подальшої переробки. Адже надлишок вологи сприяє перебігу ферментативних та хімічних реакцій, активує діяльність мікроорганізмів, в тому числі тих, які викликають псування продуктів, зокрема пліснявіння. У зв'язку з цим вміст вологи у харчових продуктах зумовлює умови та терміни їх зберігання. Кількість води в сировині також впливає на техніко-економічні показники роботи підприємств.

Вміст вологи у готових виробках впливає на вихід продукції. Зі збільшенням кількості вологи вихід виробів зростає. Особливо цей фактор необхідно враховувати на хлібопекарських

підприємствах, тому що збільшення масової частки вологи борошна на 1 % знижує вихід хліба на 1,5...2 %, а підвищення вологості м'якушки хліба на 1 % призводить до підвищення його виходу на 2...3 %. Враховуючи важливість цього показника, відповідні ГОСТи та ТУ встановлюють норми вмісту вологи, а також методи її визначення, що робить обов'язковим знаходження цього показника під час контролю якості сировини та готових виробів.

### ***Методи визначення масової частки вологи***

Для визначення масової частки вологи існують прямі та непрямі методи. До **прямих методів** відноситься: ***відгонка*** (дистиляція) води з наважки із застосуванням висококиплячих органічних рідин (мінеральне масло, ксилол та ін.) з наступним визначенням об'єму перегнаної води та ***хімічні методи***, в основі яких лежить взаємодія води з яким-небудь реагентом. Ці методи доцільно використовувати для визначення масової частки вологи в харчових продуктах, які містять багато жиру, легколетких речовин, вуглеводів, здатних до карамелізації (***наприклад***, прянощі, риба копчена і солоня, морські водорості, сухофрукти).

Прямі методи, як правило, потребують великих затрат часу та праці, непридатні для оперативного контролю. Тому використовують непрямі методи, які дозволяють швидко отримувати інформацію про масову частку вологи у матеріалі та автоматизувати процес вимірювання масової частки вологи. До **непрямих методів** відносяться: ***термогравіметричні*** (методи висушування), ***фізичні*** (визначення масової частки сухих речовин за величиною відносної густини чи рефрактометрично), ***електричні***, в яких про масову частку вологи судять за електропровідністю чи електричною проникністю.

В непрямих методах визначається не сама волога в дослідному об'єкті, а показник, функціонально пов'язаний з масовою часткою вологи матеріалу. Найпоширенішим серед непрямих методів є ***метод визначення масової частки вологи за сухим залишком***, тобто коли кількість вологи встановлюють за різницею у масі наважки до та після сушіння. Існує багато

модифікацій цього методу, які відрізняються тривалістю та температурою нагрівання наважки цілого чи подрібненого зразку, а також ступеню його подрібнення.

Всі варіанти висушування повинні забезпечувати можливість найбільш повного зневоднення продукту без суттєвих втрат його сухих речовин. Під час висушування харчових продуктів під дією теплоти видаляється волога та одночасно деяка кількість сухих речовин внаслідок розкладання органічних речовин під дією високої температури. Внаслідок окисних та гідролітичних процесів збільшується маса об'єкту.

### ***Нові методи висушування***

**Експрес-метод.** Для швидкого видалення вологи використовують сушіння в інфрачервоних променях, які сприймаються не тільки поверхнею, але й проникають в продукт на глибину до 2...3 мм, що зумовлює його інтенсивне прогрівання. Одним з джерел інфрачервоних променів можуть бути нагріті металеві поверхні, які дають опромінення в діапазоні довжин хвиль 0,76...343 нм.

Експрес-метод визначення масової частки вологи передбачає використання для висушування паперових пакетів та приладу Чижової. Попередньо вирізають з газети квадрати розміром 16×16 см, складають їх по діагоналі та загинають бокові сторони. Підготовлені 2 пакети просушують у приладі Чижової за температури 160 °С протягом 3 хв, охолоджують в ексикаторі 3 хв та зважують. Далі їх розкривають та поміщають в них наважки борошна по 5 г кожна з відхиленням не більше 0,01 г (проводять два паралельних визначення). Пакети закривають та розміщують у приладі для висушування за температури 160 °С на 4 хв (пресовані дріжджі на 7 хв, солод - на 10 хв).

Після висушування пакети охолоджують в ексикаторі, зважують і за різницею мас наважки до та після висушування розраховують масову частку вологи за формулою 1.9. Розбіжність між двома паралельними визначеннями не повинна перевищувати 1 %. Використання цього методу ефективно для оперативного контролю масової частки вологи в різних галузях

харчової промисловості (хлібопекарської, макаронної, кондитерської, дріжджової, крохмально-патокової та ін.).

### **Висушування за допомогою ваг-вологоміра ADS.**

Застосовують для швидкого та точного аналізу продукції на масову частку вологи у лабораторіях, в процесі виробництва для контролю якості продукції. Метод базується на висушуванні зразка інфрачервоними променями. Ваги-вологомір складаються з двох поєднаних приладів: ваги та сушарки. Завдяки вагам можна визначити масу зразка матеріалу, який знаходиться на шальці. Сушарка зчитує результати вимірів ваги; здійснює процес сушіння зразка, вираховує та висвітлює на цифровому індикаторі кінцевий результат (вологість матеріалу).

Щоб виміряти вологість, зразок слід помістити на шальці одноразового використання, яка далі вкладається в камеру вагосушарки. Зразок повинен наноситися рівномірним шаром 2...5 мм, що відповідає масі 5...15 г, залежно від виду досліджуваного зразка. Зразок слід викладати якнайшвидше, щоб він не втратив вологу. Фільтри забезпечують рівномірне розташування рідини на шальці. У випадку аналізу твердих тіл фільтри запобігають згорянню зразків.

Перед початком процедури визначення масової частки вологи необхідно:

- встановити необхідні режими та параметри процесу сушіння (M);
- встановити на ваги порожню одноразову шальку;
- відтарувати ваги з порожньою одноразовою шалькою натисненням кнопки [T/ON];
- вийняти одноразову шальку та покласти на неї підготовлений зразок;
- поставити шальку зі зразком на вантажоприймальну триногу, закрити кришку сушарки та натиснути кнопку [O], при цьому на індикаторі висвітлюються значення пункту меню «Стан роботи ваг»;

- повторно натиснути кнопку [O] сушарки, на індикаторі висвічуються: номер режиму, час роботи, розраховане значення вологості, температура в сушильній камері;

- кінець процедури супроводжується звуковим сигналом та надписом «Кінець» на індикаторі сушарки. Значення вологості, отримане на цей момент, запам'ятовується та зберігається до натискання кнопки [C] або до запуску наступної процедури сушіння;

- роздрукування на принтері і виведення кінцевого звіту про параметри та результати процесу сушіння зразка на комп'ютері здійснюються після натискання кнопки [O].

### ***Вологість та вологовміст***

Будь-який харчовий матеріал складається з твердої, рідкої та газоподібної фаз. **Тверда фаза** має твердий скелет у вигляді кристалічної решітки або каркасу. **Рідка фаза** характеризується рухомістю частинок та майже незмінною густиною, яка мало залежить від тиску і температури. **Газоподібна фаза** відрізняється стисканням і високим значенням об'ємного розширення. Газу в харчових матеріалах можуть займати значний об'єм, але маса їх незначна в порівнянні з масою твердої речовини і рідини. Тому в сушильних процесах **вологий матеріал** розглядають як суміш абсолютно сухої речовини і вологи:

$$M = M_c + W, \quad (1.1)$$

де  $M$  – маса вологого матеріалу, кг;

$M_c$  – маса абсолютно сухого матеріалу, кг;

$W$  – маса вологи, кг.

**Вологість** будь-якого матеріалу ( $w^0$ ) визначають співвідношенням маси вологи до загальної маси вологого матеріалу:

$$w^0 = \frac{W}{M} = \frac{W}{M_c + W} \cdot 100\%, \quad (1.2)$$

якщо  $w^0$  змінюється від 0 (при  $W = 0$  – сухий матеріал) до 100% (при  $M_c = 0$  – чиста вода).

**Кількість випареної вологи** можна визначити таким чином:

$$W = M_1 - M_2, \quad (1.3)$$

де  $W$  – кількість випареної вологи, кг;

$M_1$  – маса матеріалу вологістю  $w_1^0$ , до сушіння, кг;

$M_2$  – маса матеріалу вологістю  $w_2^0$ , після сушіння, кг.

Тоді **маса абсолютно сухої речовини** до сушіння:

$$M_{c1} = \frac{M_1(100 - w_1^0)}{100}, \quad (1.4)$$

І після сушіння:

$$M_{c2} = \frac{M_2(100 - w_2^0)}{100}. \quad (1.5)$$

Якщо  $M_c$  залишається незмінною в процесі сушіння, тоді

$$M_{c1} = M_{c2} \Rightarrow \frac{M_1(100 - w_1^0)}{100} = \frac{M_2(100 - w_2^0)}{100} \quad (1.6)$$

Підставивши значення у рівняння (1.3), одержимо **кількість випареної вологи**:

$$W = M_1 \frac{w_1^0 - w_2^0}{100 - w_2^0} = M_2 \frac{w_1^0 - w_2^0}{100 - w_1^0} \quad (1.7)$$

**Вологість матеріалу** ( $w^0$ ) характеризує матеріал у стаціонарних умовах, але в процесі сушіння цією величиною не можна користуватися, тому що маса матеріалу в процесі сушіння постійно зменшується, а незмінною залишається тільки маса абсолютно сухої речовини  $M_c$ . Тому в сушильній техніці використовують таке поняття як **вологовміст матеріалу**:

$$w_0^c = \frac{100W}{M_c}, \quad (1.8)$$

якщо вологовміст матеріалу  $w_0^c$  змінюється від 0 при  $W = 0$  (абсолютно сухий матеріал) до нескінченності при  $M_c = 0$  (чиста вода).

Визначення у виробничих умовах фізико-хімічних показників продукції, яка випускається даним підприємством, дає можливість оперативно судити про його харчову цінність та споживчі властивості. Кількість вологи в харчових продуктах обумовлює їх стійкість в процесі зберігання, так як з підвищенням вологості інтенсивно будуть протікати гідролітичні та окислювальні процеси, активізуються мікроорганізми. Тому вологість в харчових продуктах завжди нормується.

## II. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Методи визначення масової частки вологи висушуванням належать до термогравіметричних методів (термогравіметрія з латинської thermo – тепло, gravi – вага, metry – метод). **Гравіметричний метод** визначення масової частки вологи базується на вимірюванні втрати маси продукту або речовини після висушування при певній температурі. При цьому стверджують, що частка втраченої маси відповідає масі води в даному харчовому концентраті. При визначенні вологості харчових концентратів цим методом при температурі 105°C з продукту видаляється в основному адсорбована волога, більша частина сорбованої вологи.

Гравіметричні методи є найбільш поширеними та універсальними. Існує два основних методи визначення масової частки вологи висушуванням: **висушування до постійної маси** за температури 100...105 °C та **прискорене висушування** за підвищених температур (130...160 °C). Перший метод дає найбільш точні результати, оскільки сушіння відбувається необмежений час, на відміну від прискореного способу, а до повного видалення вологи. Однак він досить тривалий та трудомісткий, тому під час контролю виробництва використовують ряд прискорених методів. Недоліком методів визначення вологи термічним способом є те, що дуже важко видалити всю воду з харчового продукту, особливо колоїдно-зв'язану.

**Прилади, обладнання, матеріали:** сушильна шафа з терморегулятором, ваги лабораторні з похибкою зважування  $\pm 0,01$ г, аналітичні ваги, скляні палички, бюкси алюмінієві, ексікатор, лопатка або шпатель, годинник, зразок продукту за вибором студентів (наприклад «Суп овочевий», «Желе фруктове», «Сушені овочі та фрукти»).

**Дослід 1. Визначення вологи висушуванням до постійної маси**

Визначення вологості продуктів, в рецептуру яких входить цукор, проводять з додаванням піску, який очищають завчасно. А для тих, які не містять цукру, допускається визначати без додавання піску.

### **Методика виконання роботи**

1. Приготувати наважку для висушування.
2. Провести відповідні розрахунки.

#### ***Приготування наважки***

Чистий порожній бюкс зі скляною паличкою та з 5-10 г піску висушують разом з кришкою (у відкритому вигляді) при 100-105 °С в сушильній шафі до постійної маси. Відважують в бюкс 5,000 ± 0,001 г аналітичної проби харчового матеріалу, обережно перемішують з піском та ставлять у відкритому вигляді з кришкою в сушильну шафу на 4 год при температурі 103 ± 2°С. Кожне повторне зважування проводять через 1 год., а під кінець аналізу – через кожних 30 хв. Під час зважування бюкси з наважкою кришка повинна бути закрита, висушують об'єкт з відкритою кришкою.

Масу досліджуваної наважки, що висушують, вважають постійною тоді, коли різниця між двома останніми зважуваннями не перевищує 0,001 г. За кінцевий результат приймають середнє арифметичне 2...3-х паралельних визначень. Розбіжність між паралельними визначеннями за цим методом повинна бути в межах 1 %. Розрахунки здійснюють з точністю до 0,01 %. Після висушування бюкс обережно виймають, закривають кришкою, охолоджують в ексикаторі протягом 20-30 хв та зважують.

#### ***Опрацювання результатів***

**Масову частку вологи (в %)** знаходять за формулою:

$$x = \frac{(m_1 - m_2)}{m} 100\% , \quad (1.9)$$

де  $m_1$  – маса бюкса з наважкою до висушування, г;

$m_2$  – маса бюкса з наважкою після висушування, г;

$m$  – маса наважки дослідного концентрату, г.



Результатом аналізу є середнє арифметичне двох паралельних визначень, відхилення між якими не повинно перевищувати 0,5%.

## **Дослід 2. Визначення вологи методом пришвидшеного (разового) висушування**

Для пришвидшення процесу висушування для деяких харчових продуктів встановлюють фіксований час висушування, протягом якого видаляється основна маса вологи, а подальше висушування веде лише до незначного зменшення маси. На результати аналізу впливають: коливання температури, тривалість сушіння, конструктивні особливості сушильної шафи, розміри та форма бюкси тощо.

*Прискореними методами* визначають масову частку вологи в зерні (ГОСТ 13586.5-85), крохмалі (ГОСТ 7699-78 та ГОСТ 7697-82), макаронних виробах (ГОСТ 14849-69) і т.д. Для кожного продукту залежно від фізико-хімічних властивостей підібрані свої температура висушування та тривалість процесу. Частіше тривалість висушування складає 50 хв. Застосування прискореного методу сушіння до об'єктів з підвищеною вологістю дає занижені результати через недосушування продукту (наприклад для хліба).

### **Методика виконання роботи**

1. Приготувати наважку для висушування.
2. Провести відповідні розрахунки. Дані розрахунків занести в таблицю 1.1 та порівняти їх зі стандартними.
3. Зробити висновок про відповідність масової частки вологи в продукті вимогам стандарту.

### ***Приготування наважки***

В бюкс, попередньо висушений до постійної маси та зважений (з піском чи без піску в залежності від виду концентрату), поміщають  $5,00 \pm 0,01$ г аналітичної проби концентрату. Відкритий бюкс з наважкою поміщають разом з кришкою в сушильну шафу, попередньо нагріту до температури  $143 \pm 2^\circ\text{C}$ . Температуру в шафі після поміщення бюкса протягом

10хв доводять до 130°C і цей момент вважають початком сушіння. Тривалість сушіння при 130 ± 2°C: для молочних концентратів та концентратів дитячого харчування – 40хв, для інших – 45хв. Після закінчення висушування бюкс закривають кришкою, охолоджують в ексікаторі та зважують з похибкою ± 0,01г.

*Для в'язких речовин* (патока, цукрові сиропи та ін.) висушування ускладнюється внаслідок утворення на поверхні матеріалу твердої кірки. Для полегшення та прискорення процесу сушіння в таких випадках застосовують наповнювачі (на 1 г в'язкого продукту беруть 25 г наповнювача), під час змішування з якими в'язкі продукти стають крихкими. В якості наповнювачів використовують прожарений кварцовий пісок або звичайний річковий пісок. Іноді для висушування в'язких рідин використовують ролики з фільтрувального паперу.

### **Опрацювання результатів**

**Масову частку вологи** (в %) знаходять за формулою:

$$x = \frac{(m_1 - m_2)}{m} 100\% , \quad (1.10)$$

де  $m_1$  – маса бюкса з наважкою до висушування, г;

$m_2$  – маса бюкса з наважкою після висушування, г;

$m$  – маса наважки дослідного концентрату, г.

**Таблиця 1.1.** Визначення масової частки вологи прискореним методом

Ном ер зразк а	Ном ер бюкс и	Маса бюкси, г			Мас а нава жки, г	Масова частка вологи в продукті, %	
		порожнь ої, висушен ої до постійної маси	з наважк ою до висушу вання	з наважк ою після висушу вання		дослід жуван ий зразок	норма за стандар том

### **Дослід 3. Визначення вологи методом висушування до досягнення заданого часу сушіння при заданій температурі**

Цей метод є об'єктивним для визначення вмісту вологи, так як при розрахунках необхідно брати до уваги поправочний коефіцієнт, який враховує неповне видалення вологи.

#### **Методика виконання роботи**

1. Приготувати наважку для висушування.
2. Провести відповідні розрахунки.
3. Зробити висновок про ефективність та точність різних методів висушування.

#### **Приготування наважки**

Підготовлені бюкси з пробами (аналогічно досліді 1 чи 2) безперервно витримують в сушильній шафі певний час (табл. 1.2), потім охолоджують в ексікаторі протягом 20хв і зважують.

**Таблиця 1.2.** Режим дослідження та орієнтовний час сушіння продуктів до постійної маси

№ п/п	Режим дослідження	Назва продукту	Орієнтовний час сушіння, год
1.	Температура 88 <sup>0</sup> С, тиск атмосферний	Сушені овочі	4,5-6,5
2.	Температура 70 <sup>0</sup> С, тиск 3 кПа (вакуумна шафа з вимушеною циркуляцією)	Сушені фрукти	7-30

#### **Опрацювання результатів**

**Масову частку вологи** в продукті  $x$  (в %) розраховують за формулою:

$$x = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \cdot K \cdot 100\% , \quad (1.11)$$

де  $m_1$  – маса бюкса з кришкою, паличкою і піском (або без них) і пробєю до висушування, г;

$m_2$  – маса бюкса з кришкою, паличкою і піском (або без них) і пробою після висушування, г;

$m_3$  – маса бюкса з кришкою, паличкою і піском (або без них);

$K$  – поправочний коефіцієнт (табл. 1.3).

**Таблиця 1.3.** Поправочні коефіцієнти, які враховують неповне видалення вологи з продукту або втрату летких сполук, які є в продукті або можуть утворитися

Метод дослідження	Режими дослідження	Назва продукту	Поправочний коефіцієнт, $K$
1. Висушування до постійної маси в сушильній шафі зі звичайною циркуляцією	Температура сушіння 98°C, тиск атмосферний	Морква сушена	0,7
		Буряк сушений	0,9
2. Висушування в сушильній шафі зі звичайною циркуляцією або вимушеною вентиляцією за встановлений час	Температура сушіння 98°C, тиск атмосферний тривалість 3 год	Сушені фрукти	1,0

### Запитання для самоконтролю

1. Що таке вологість матеріалу?
2. Який показник характеризує вміст вологи у харчовому матеріалі?
3. На що впливає кількість вологи в продукті?
4. Яке значення має вміст вологи у матеріалі при зберіганні?
5. Назвіть параметри, які характеризують стан вологого повітря.
6. Який фізичний зміст вологовмісту матеріалу? Як його визначити?

7. Охарактеризуйте метод визначення вологи висушуванням до постійної маси. Які він має переваги та недоліки?
8. Чим відрізняється метод пришвидшеного висушування і гравіметричного?
9. Які особливості визначення вологи методом висушування до досягнення заданого часу сушіння при заданій температурі?
10. Чому необхідно дуже ретельно дотримуватись умов зберігання харчових продуктів?
11. Назвіть переваги та недоліки різних методів висушування.
12. Які особливості прискореного методу висушування для в'язких продуктів?
13. У чому суть експрес – методу висушування?
14. Як визначають масову частку вологи за допомогою ваг – вологоміру?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

**ТЕМА.** Визначення масової частки нітрогеновмісних речовин в харчових продуктах.

**МЕТА.** Ознайомитись з методами визначення загальної кількості Нітрогену в харчових продуктах; визначити масову частку білка в харчовому продукті біуретовим методом.

### I. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### *Значення білків*

Харчова цінність продуктів значною мірою залежить від вмісту в них нітрогеновмісних речовин, в основному, білків. Їх основне значення полягає в незамінності іншими компонентами їжі. Білки складають основу процесів життєдіяльності організму. Необхідність їх постійного оновлення лежить в основі обміну речовин. Вміст вільних амінокислот та інших форм Нітрогену – результат ферментативних процесів, що проходять під час зберігання або перероблення продуктів. Білки в організмі виконують структурну (побудова тканин та клітинних компонентів) та функціональну (ферменти, гормони, дихальні пігменти) роль.

Дефіцит білка в харчовому раціоні знижує стійкість організму до інфекційних захворювань, порушує процеси кровотворення, обмін ліпідів, вітамінів та ін. У дітей у разі білкової недостатності уповільнюється ріст та розвиток розумових здібностей. Тривалий надлишок білка в харчуванні також негативно впливає на життєдіяльність організму, викликаючи перезбудження нервової системи, порушення обмінних процесів, перевантаження печінки та нирок.

В щоденному раціоні дорослої людини білки повинні складати приблизно 14 % загальної калорійності, поєднуючись в певному співвідношенні з іншими харчовими речовинами. Рослинні білки засвоюються організмом не повністю порівняно з тваринними. Так, білки молока та яєць засвоюються на 96 %, білки риби та м'яса – на 95 %, білки хліба з борошна пшеничного I та II сортів – на 85 %, білки картоплі, хліба з обойного борошна,

бобових – на 70 %. Враховуючи, що рослинні білки менш повноцінні за складом незамінних амінокислот, ніж тваринні, споживання певної кількості тваринних білків цілком необхідне. Для дорослої людини частка тваринних білків в середньому повинна складати 55 % загальної кількості білка в раціоні.

### ***Методи визначення білків***

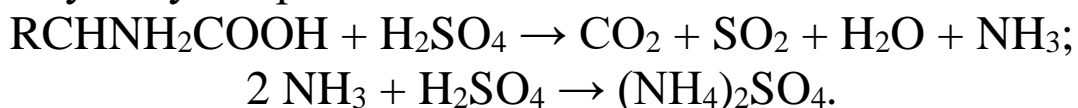
Масову частку білка в харчових продуктах визначають за загальною кількістю Нітрогену **методом К'ельдаля**. Він дає точні результати, але дуже трудомісткий та тривалий. З розвитком фото- та спектрофотометрії були розроблені методи кількісного визначення білка, які базуються на його здатності утворювати забарвлені сполуки з деякими реагентами. Серед них слід виділити метод Лоурі, **біуретовий метод**.

Знаходять застосування також фізико-хімічні методи, в основу яких покладено специфічні властивості білків: утворення різних ступенів помутніння в залежності від концентрації білка в розчині сульфосаліцилової кислоти (**нефелометричний метод**), здатність білка адсорбувати деякі барвники та інші властивості білка. Всі перераховані методи можуть бути віднесені до прискорених. За відносно невеликих затратах часу вони характеризуються достатньо високою точністю, простотою та швидкістю визначення.

## **II. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

**Дослід 1. Визначення масової частки Нітрогену в харчових продуктах методом К'ельдаля (теоретично).**

Метод базується на мінералізації наважки продукту під час нагрівання з концентрованою сульфатною кислотою в присутності каталізаторів. При цьому Карбон та Гідроген органічних сполук окислюються до діоксиду карбону та води, а Нітроген, що вивільняється у вигляді аміаку, з'єднується в колбі з сульфатною кислотою, утворюючи сульфат амонію. Схематично реакції можуть бути представлені таким чином:



На наступних стадіях дистиляції розчин сульфату амонію обробляють концентрованим розчином гідроксиду натрію, при цьому аміак вивільняється та уловлюється титрованим розчином сульфатної кислоти. Надлишок сульфатної кислоти титрують розчином гідроксиду натрію.

Метод К'ельдаля застосовують в кількох модифікаціях, які відрізняються в основному умовами мінералізації. Для прискорення процесу вводять різні каталізатори (оксид купруму, селен, свинець та ін.), підвищують температуру кипіння сульфатної кислоти додаванням солей, сульфату калію або натрію, поєднують додавання каталізатора та солей під час спалювання наважки.

Методом К'ельдаля в будь-якій модифікації визначається загальна кількість Нітрогену. Масова частка білка розраховується множенням отриманої величини загальної кількості Нітрогену на коефіцієнт 6,25, виходячи з того, що в білках у середньому міститься 16 % Нітрогену. Умовність отриманих результатів у разі такого перерахунку очевидна, оскільки не весь Нітрогену харчового продукту знаходиться у формі білка і, крім того, відсотковий вміст Нітрогену в білках коливається як в сторону збільшення, так і в сторону зниження від 16 %.

В деяких продуктах азотисті речовини небілкового характеру досягають значної кількості (м'язова тканина риби – 15 %, м'ясо тварин – 10...16 % від загальної кількості азотистих речовин). Для отримання більш точних результатів необхідно або під час перерахунку загальної кількості Нітрогену на білок використовувати різні коефіцієнти залежно від відсоткового співвідношення Нітрогену в білках окремих продуктів: м'ясо та овочі – 6,25; пшениця, жито, горох та ін. – 5,7; гречка, рис – 6,0; молоко – 6,37 і т.д., або білковий Нітроген визначати окремо спеціальними методами.

**Прилади, обладнання, матеріали:** сито з комірками розміром 0,8 мм, пробірка, кільце з дроту, аналітичні ваги, колба К'ельдаля, прилад Чижової, піпетка, газовий пальник, водяна баня, циліндри місткістю 10 та 50 см<sup>3</sup>, каталізатор, витяжна шафа,



спеціальна насадка або скляна воронка діаметром 3...4 см, установка для відгонки аміаку (колба місткістю 2 дм<sup>3</sup>, скляна трубка довжиною 1 м та діаметром 5...6 мм, воронка для лугу, трійник, гумова трубка з гвинтовим зажимом, воронка, скляні капіляри, краплевловлювач, холодильник, конічна колба місткістю 150...250 см<sup>3</sup>), концентрована сульфатна кислота, дистильована вода, 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчин сульфатної кислоти (або 2 %- ний розчин борної кислоти), індикатор, 33 %- ний розчин лугу, 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчин гідроксиду натрію, зразок продукту.

### **Методика виконання роботи**

1. Провести відгонку аміаку на стандартній установці.
2. Визначити масову частку Нітрогену у %.

### ***Відгонка аміаку на стандартній установці***

Наважка для аналізу повинна містити 20...40 мг Нітрогену. ***Сипкий матеріал*** (зерно, солод) попередньо подрібнюють так, щоб помел проходив через сито з комірками розміром 0,8 мм. При аналізі борошна наважку біля 1 г відбирають в суху пробірку та підвішують її за допомогою кільця з дроту до крючка над чашею аналітичних ваг. Пробірку з борошном зважують з точністю до  $\pm 0,0002$  г. Потім борошно пересипають в колбу К'ельдаля, для чого колбі надають горизонтальне положення, вводять в її горло якомога глибше пробірку і, придержуючи пробірку, ставлять колбу вертикально, слідкуючи, щоб частинки борошна не потрапили на стінки горла. Порожню пробірку зважують та по різниці двох зважувань знаходять величину наважки. Аналіз проводять в двох паралельних пробах і водночас беруть дві наважки для визначення масової частки вологи.

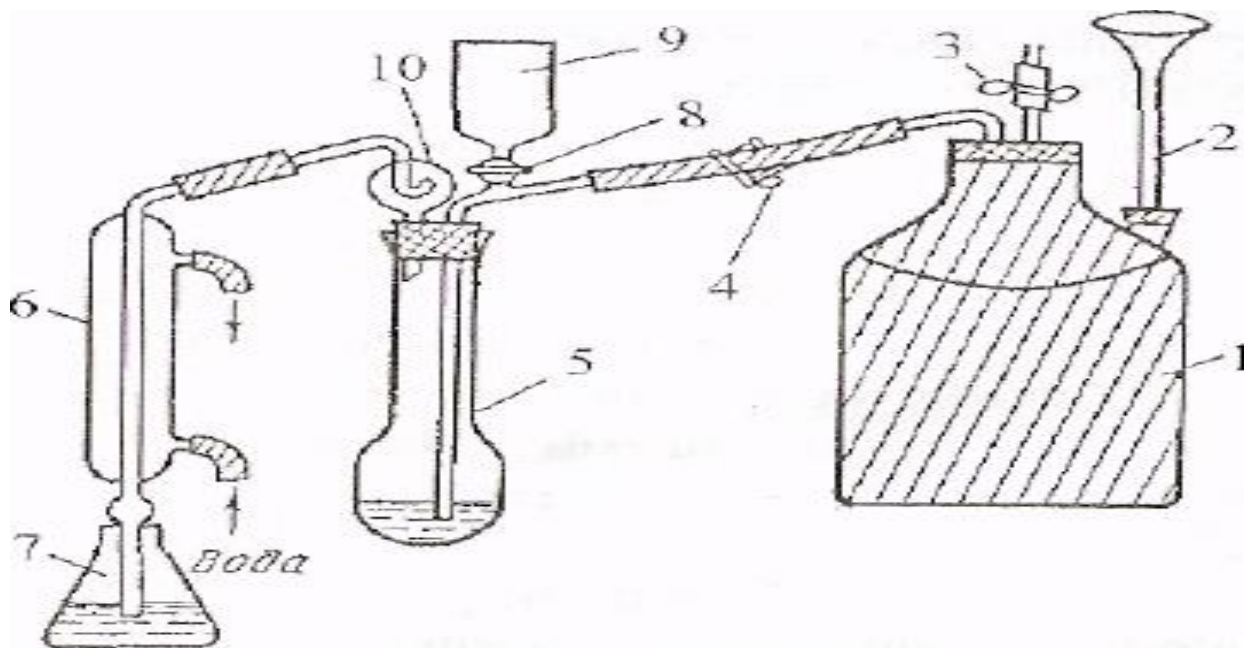
При аналізі ***рідких продуктів*** пробу відбирають піпеткою в такому об'ємі, який містив би 20...40 мг Нітрогену. Піпетку з пробою опускають на дно колби К'ельдаля та переводять в колбу пробу рідини. Рідину підкислюють кількома краплями концентрованої сульфатної кислоти та випарюють спочатку на малому вогні газового пальника, а потім на водяній бані до сиропоподібного стану. Під час випарювання не можна допускати підгоряння та обуглювання рідини на стінках колби.

Для спалювання відміряють циліндром 10 см<sup>3</sup> концентрованої сульфатної кислоти, невеликою її кількістю повністю змочують наважку (або випарену колбу), потім кислотою, що залишилася, обмивають стінки колби, додають 0,5...1 г каталізатора, колбу закривають спеціальною насадкою або скляною воронкою діаметром 3...4 см та під нахилом встановлюють у витяжній шафі на сітці над пальником. Гази, що виділяються під час згорання, сильно спінують масу і на початку спалювання нагрівання регулюють так, щоб маса не піднімалася в горло колби та не відбувався її викид.

Коли спучування закінчиться і маса стане рідкою, нагрівання підсилюють та під час слабкого кипіння закінчують озолення до повного освітлення розчину. Під час озолення треба слідкувати за тим, щоб сильно не нагрівалося горло колби, на якому повинні конденсуватися пари сірчаної кислоти, бо відбудеться швидке випарювання кислоти та можливий частковий розклад сульфату амонію. В процесі озолення колбу періодично струшують та перегортають так, щоб кислота і конденсат парів кислоти, що стікають, послідовно омивали всю внутрішню поверхню колби, не залишаючи на ній обвуглених частинок.

Після того як розчин набуде синьо-зелений без бурого відтінку колір, кип'ятіння продовжують ще 10...15 хв. Потім нагрівання припиняють і колбі дають охолотитися. Під час згорання дверцята витяжної шафи повинні бути закритими, повинно бути забезпечено повне видалення отруйних газів. В охолоджену колбу по стінці невеликими порціями під час перемішування приливають 30 см<sup>3</sup> дистильованої води та приступають до відгонки аміаку на стандартній установці (рис. 2.1).

В пароутворювач 1 через воронку 2 наливають трохи більше половини об'єму дистильованої води, для запобігання від поштовхів під час кипіння В якості пароутворювача можна брати колбу на 2 дм<sup>3</sup>. В пробку цієї колби вставляють запобіжник у вигляді скляної трубки довжиною біля 1 м та діаметром 5...6 мм. Кінець трубки не доходить до дна колби на 3...5 см.



**Рис. 2.1.** Установка для відгонки аміаку: 1 – пароутворювач; 2 – воронка; 3, 4 – зажими; 5 – колба К’ельдаля; 6 – холодильник; 7 – конічна колба; 8 – кран; 9 – воронка для луку; 10 – краплевловлювач.

Для регулювання кипіння між пароутворювачем та воронкою для луку вставляють трійник, на вільний кінець якого надягають гумову трубку з гвинтовим зажимом. Кінець трубки опускають в склянку, де збирається конденсат. Відгонка аміаку за допомогою пари з тієї ж колби, в якій відбувалось згорання аналізованої проби, виключає можливість втрат аміаку. 24 кидають туди скляні капіляри, відкривають зажимами 3, 4 та нагрівають воду до кипіння. Запасну порожню колбу К’ельдаля 5 надягають на гумову пробку, в яку вставлені краплевловлювач 10 та воронка для луку 9. Холодильник 6 підключають до водопроводу, під холодильник підставляють порожню конічну колбу 7. Після того, як вода закипить, в пароутворювачі закривають зажим 3 і протягом 5...10 хв пропарюють установку, очищаючи її та видаляючи сліди аміаку. Відкривають зажим 3, 8 та кран, а інший зажим 4 закривають; відставляють конічну колбу з-під холодильника.

В іншу конічну колбу на 150...250 см<sup>3</sup> з бюретки відміряють 25 см<sup>3</sup> 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину сульфатної кислоти (або 25 см<sup>3</sup> 2 %

розчину борної кислоти), додають 3...4 краплі індикатора та підставляють її під холодильник так, щоб кінець його трубки був занурений у розчин кислоти. Замість запасної колби К'ельдаля на пробку надягають колбу К'ельдаля, в якій відбувалося згорання. Кран 8 закривають і у воронку 9 наливають 35...40 см<sup>3</sup> 33 %-го розчину лугу, після чого невеликими порціями спускають його в колбу, обережно перемішуючи вміст колби похитуванням.

Потім кран 8 закривають, відкривають зажим 4, закривають зажим 3 та пропускають пару через рідину в колбі К'ельдаля. Кипіння не повинно бути бурхливим, щоб краплі лугу не потрапляли в краплевловлювач. Через 15...20 хв від початку перегонки аміаку приймальну колбу опускають так, щоб кінець холодильника був вище рівня рідини в колбі, та продовжують перегонку ще 5...10 хв. Швидкість перегонки регулюють за допомогою нагріву або зажимом так, щоб до кінця перегонки об'єм рідини в колбі збільшився вдвічі.

По закінченню перегонки відкривають зажим 3 та кран 8, а інший зажим 4 закривають. Кінець холодильника з промивалки обмивають водою, не виймаючи з колби, та титрують надлишок H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчином NaOH до появи зеленого кольору.

### **Опрацювання результатів**

Вміст Нітрогену (X, %) до СР, розраховують так:

$$X = \frac{0,0014 (a-b)100}{N_1-N_2} \times \frac{100}{100 - W} \quad (2.1)$$

де  $a$  – кількість 0,1 моль/дм<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, взята в приймальну колбу для відгонки, см<sup>3</sup>;  $b$  – кількість 0,1 моль/дм<sup>3</sup> NaOH, що пішла на титрування надлишку кислоти, см<sup>3</sup>;  $N_1$  – маса пробірки з наважкою, г;  $N_2$  – маса порожньої пробірки (після висипання зразка в колбу К'ельдаля), г;  $W$  – масова частка вологи в зразку, %.

У разі використання H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> перегонка аміаку ведеться так само, але вміст приймальної колби титрують 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчином H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> до переходу зеленого забарвлення в червоно-фіолетове (в формулі немає). Результати аналізу виражають з точністю до 0,01 %, а розходження між двома паралельними дослідями не повинно перевищувати ±0,3 %.

В лабораторній практиці для відгонки аміаку використовують також спрощений прилад. Тоді у відгінну колбу вносять шамот, щоб не пінився розчин. Для перерахунку кількості Нітрогену на СР визначають масову частку вологи експресним методом. Кількість Нітрогену перераховують на білок множенням отриманої величини на коефіцієнт 6,25, порівнюють з очікуваним вмістом білка в продукті, встановлюють причини відхилення та його величину.

## **Дослід 2. Визначення масової частки білкових речовин в харчових продуктах біуретовим методом.**

Специфічною реакцією на вміст білка є біуретова реакція, оскільки її дають поліпептидні зв'язки. Вона отримала свою назву від похідного сечовини – біурета, який утворює в лужному розчині мідного купоросу забарвлену комплексну сполуку. Інтенсивність забарвлення пропорційна вмісту пептидних зв'язків, а отже, і концентрації білка в розчині. Біуретову реакцію дають всі білки, пептони та поліпептиди, починаючи з тетрапептидів. Ця реакція тривалий час використовувалася як якісна реакція на білок. Далі вона стала застосовуватися для кількісного визначення білка в різних об'єктах.

Біуретовий метод використовують в різних модифікаціях, які відрізняються умовами екстрагування білка, способами внесення біуретового реактиву та технікою колориметрування. Нижче наведено біуретовий метод визначення масової частки білка в харчових продуктах модифікації Дженнінгса, експериментальна перевірка якого виявила ряд його переваг перед іншим модифікаціями.

**Прилади, обладнання, матеріали:** аналітичні ваги, конічна колба місткістю 250...300 см<sup>3</sup>, пробка, циліндр місткістю 2 см<sup>3</sup>, піпетка місткістю 50 см<sup>3</sup>, механічний струшувач, центрифуга, кювети з товщиною шару розчину 5 мм, фотоелектроколориметр, прилад Чижової, чотирьоххлористий вуглець, біуретовий реактив, зразок продукту.

## **Методика виконання роботи**

1. Визначити вміст білка в наважці (мг) за допомогою калібрувальної кривої.
2. Визначити масову частку білка у % за формулою 2.2. Дані спостережень та розрахунків занести в таблицю 2.1.
3. Зробити висновок про відповідність масової частки білка в продукті вимогам стандарту.

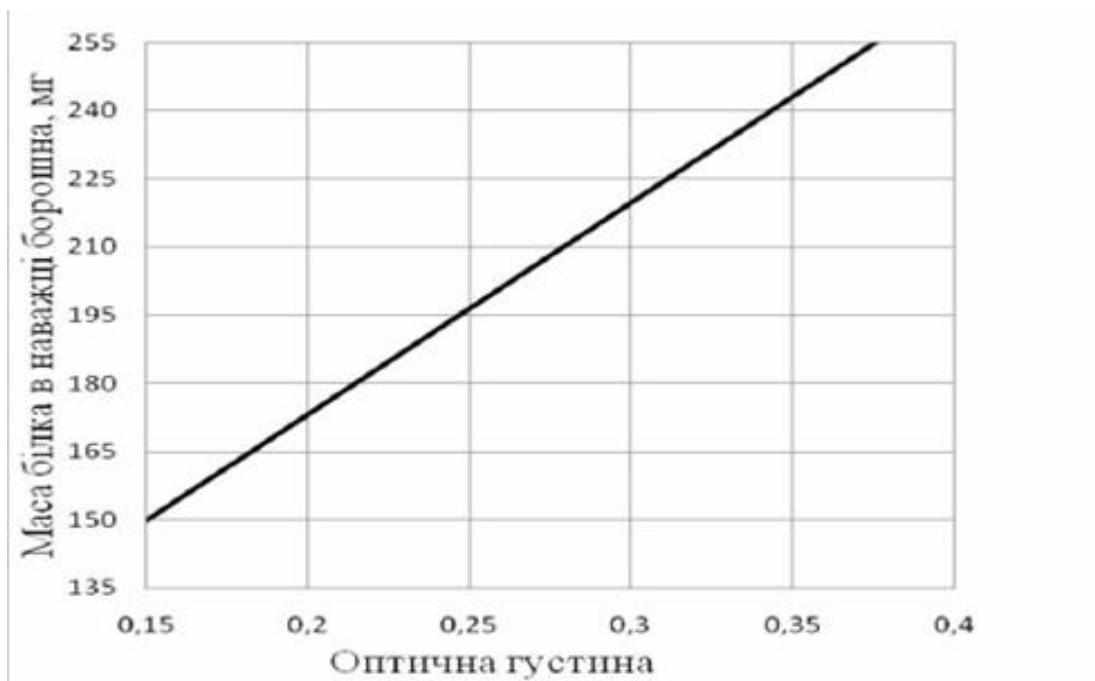
### ***Схема визначення масової частки білків біуретовим методом:***

- 1,5 г продукту зважити з точністю до 0,001 г в конічну колбу на 250 см<sup>3</sup>
- додати 2 см<sup>3</sup> чотирьоххлористого вуглецю (для вилучення жиру зі зразку)
- додати піпеткою 100 см<sup>3</sup> біуретового реактиву
- закрити колбу пробкою
- 60 хв струшувати на механічному струшувачі
- 10 хв центрифугувати (частота обертання 4500 хв -1)
- центрифугат налити в кювети фотоелектроколориметра з товщиною шару розчину 5 мм
- виміряти на приладі оптичну густину (довжина хвилі 550 нм)

За величиною оптичної густини білкової витяжки визначають вміст білка в наважці (мг) за допомогою калібрувальної кривої.

### ***Побудова калібрувальної кривої***

Для побудови калібрувальної кривої підбирають зразки з різною масовою часткою білка в діапазоні, які зустрічаються в реальних умовах (від 8 до 20 %). Інтервал у вмісті білка зразків повинен знаходитися в межах не більше 1 %. Кількість зразків не повинна бути менше 10. Зі збільшенням їх числа точність визначень зростає. Потім приведеним вище методом Дженнінгаса визначають оптичну густину білкових витяжок всіх зразків. При побудові кривої на осі абсцис відкладають величини оптичної густини, а на осі ординат – вміст білка в наважці в мг (рис. 2.2).



**Рис. 2.2.** Калібрувальна крива для визначення масової частки білка біуретовим методом.

### *Опрацювання результатів*

Розраховують масову частку білка у % на сухі речовини:

$$X = \frac{a100}{H 1000} \times \frac{100}{100 - W} \quad (2.2)$$

де  $a$  – кількість білка у взятій наважці, мг;  $H$  – маса наважки харчового продукту, г;  $W$  – масова частка вологи в продукті, %.

Для перерахунку вмісту білка на СР продукту слід визначити масову частку вологи в ньому експресним методом. Дані оформлюють у вигляді таблиці (табл. 2.1).

**Таблиця 2.1.** Результати спостережень та розрахунків для визначення масової частки білка в харчовому продукті біуретовим методом

Показник	Результати дослідження	
	першого	другого
Маса наважки, г		
Значення оптичної густини, од. приладу, за відліком:		
першим		
другим		
третім		

Середнє значення, од. приладу		
Вміст білка за калібрувальним графіком у наважці продукту, мг		
Вміст білка у продукті, %		
Масова частка вологи в продукті, %		
Вміст білка, % до СР		
Середнє значення, % до СР		

Середнє значення порівнюють з очікуваним вмістом білка в продукті, встановлюють причини розходжень та їх величину.

### **Запитання для самоконтролю**

1. Які основні функції білків в організмі людини?
2. Вплив нестачі та надлишку білків в раціоні людини.
3. Які є кількісні методи визначення масової частки білка в харчових продуктах?
4. Який принцип методу визначення Нітрогену за методом К'ельдаля? Переваги та недоліки даного методу.
5. Як здійснити перерахунок вмісту Нітрогену на білки?
6. На чому ґрунтується біуретовий метод визначення білка?
7. У чому полягає техніка визначення масової частки білка біуретовим методом?
8. На чому ґрунтується нефелометричний метод визначення білкових речовин?
9. Які особливості визначення вмісту білка нефелометричним методом?
10. Який порядок побудови калібрувальної кривої для визначення вмісту білкових речовин?



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

**ТЕМА.** Дослідження фізико-хімічних характеристик харчових жирів.

**МЕТА.** Визначити якість харчових жирів за кислотним та йодним числом; порівняти результати досліджень з вимогами нормативної документації.

### I. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### *Характеристика ліпідів*

**Жири** (гліцериди) представляють собою основну групу органічних сполук, виділених в клас ліпідів. **Ліпіди** – це суміш органічних сполук, що є похідними жирних кислот, спиртів, альдегідів, побудованих за допомогою ефірних, фосфоефірних, глікозидних зв'язків. Крім жирів, до ліпідів відносяться жироподібні речовини – воски, гліколіпіди, фосфоліпіди та ін. **Гліцериди** – це складні ефіри трьохатомного спирту гліцерину та вищих жирних карбонових кислот. **Воски** – це складні ефіри вищих одноосновних карбонових кислот та одноатомних високомолекулярних спиртів. **Гліколіпіди** – утворюються в результаті з'єднання ліпідів з вуглеводами (галактоза, глюкоза). **Фосфоліпіди** – складні ліпіди, які містять залишки спиртів, жирних кислот, фосфорної кислоти, а також азотисті сполуки (холін, етаноламін). Ліпіди широко поширені у природі. Вони беруть участь в побудові клітинних структур тваринних та рослинних тканин, в біохімічних процесах, що відбуваються на клітинному рівні.

Ліпіди легко утворюють численні комплекси з білками, вуглеводами та іншими органічними сполуками, які виконують важливі фізіологічні функції – забезпечують окисно-відновні процеси на клітинному рівні, приймають участь в біосинтезі білків, забезпечують односторонню проникливість та перенесення речовин через клітинні мембрани, приймають участь у вищій нервовій діяльності. До складу природних тригліцеридів в різних поєднаннях входять десятки органічних кислот, що відрізняються числом вуглецевих атомів в молекулі, наявністю

чи відсутністю подвійних зв'язків, вмістом оксигруп у вуглецевому радикалі та ін., що й визначає різноманітність природних жирів.

Жири тваринного та рослинного походження істотно відрізняються. *Тваринні жири* багатші за набором вищих жирних кислот, до їх складу входять кислоти з числом вуглецевих атомів від 20 до 24, переважають насичені жирні кислоти. У складі *рослинних жирів* переважають ненасичені жирні кислоти – олеїнова, лінолева, ліноленова, а з насичених в значних кількостях міститься лише пальмітинова кислота. Олеїнова та пальмітинова кислоти у великих кількостях входять до складу жиру за що їх називають основними жирними кислотами.

Характер вищих жирних кислот, що входять до складу жиру, й визначає його фізичні властивості. Якщо в складі тригліцериду переважають насичені жирні кислоти з високою температурою плавлення, то й тригліцерид – твердий (баранячий жир, яловичий жир), якщо ж в його складі в основному ненасичені жирні кислоти – за звичайних умов цей жир рідкий (рослинні олії).

### *Числа жиру*

Процеси, що відбуваються в ліпідах під час їх зберігання та переробки, характеризуються так званими константами, або хімічними та фізичними числами жиру. Визначення цих констант дає змогу контролювати не тільки якість жирів та олій, але й в певній мірі їх натуральність, регулювати технологічні режими отримання продуктів. Як фактори регулювання виробничих процесів широко використовуються наступні числа жиру: кислотне число, число омилення, ефірне число, йодне та перекисне числа.

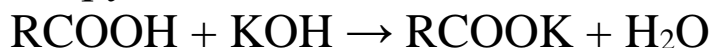
**Число омилення** – це кількість міліграмів 0,1н розчину гідроксиду калію, необхідна для нейтралізації жирних кислот, що утворилися під час омилення 1 г жиру. Цей показник характеризує загальну кількість вільних та зв'язаних жирних кислот, що входять до складу досліджуваного жиру. *Омилення* –

це гідроліз жирів лугами, внаслідок чого утворюються гліцерин та солі жирних кислот – мила.

**Ефірне число** – це кількість міліграмів гідроксиду калію, необхідна для омилення всіх складних ефірів, що містяться в 1 г жиру. Характеризує вміст складних ефірів у жирі.

**Перекисне число** – це кількість грамів йоду, яка виділилася з йодиду калію перекисними сполуками, що містяться в 100 г жиру. Ця константа вказує на вміст перекисних сполук у жирі, дозволяє виявити окислювальні процеси та наявність продуктів псування значно раніше, ніж це може бути встановлено органолептично.

**Кислотне число** – це кількість міліграмів гідроксиду калію або натрію, необхідна для нейтралізації вільних жирних кислот, що містяться в 1 г жиру:



Кількість вільних жирних кислот в жирі непостійна та залежить від кількості жирової сировини, способу отримання жирів, тривалості та умов зберігання, інших факторів. Їх накопичення зумовлено гідролітичним розщепленням гліцеридів на дигліцериди, моногліцериди, гліцерин та жирні кислоти. Частково вільні жирні кислоти утворюються і внаслідок окислювальних перетворень жиру на більш пізніх стадіях його окислення. Гранично допустимі норми кислотного числа жирів наведено в таблиці 3.1.

**Таблиця 3.1.** Гранично допустимі норми кислотного числа окремих олій та жирів (мг/г жиру)

Вид харчового жиру	Кислотне число, мг/г жиру
Соняшникова олія:	
- рафінована	0,4
- нерафінована вищого сорту	1,5
- нерафінована I сорту	2,25
Сосва олія:	
- рафінована	0,3
- гідратована I сорту	1,0

Кукурудзяна олія:	
- рафінована	0,4
- нерафінована	5,0
Топлений харчовий жир (баранячий, яловичий, свинячий):	
- вищого сорту	1,2
- I сорту	2,2
Збірні жири (без покажчика сорту)	3,5

**Йодне число** – це кількість грамів йоду, що приєднується до 100 г жиру. Йодне число характеризує ненасиченість жирних кислот, які входять до складу жиру. Чим більше у жирі є ненасичених жирних кислот, тим вищим є його йодне число. Рослинні олії внаслідок більшого вмісту ненасичених жирних кислот порівняно з тваринними жирами мають більш високі значення йодних чисел. Йодне число використовують для визначення виду харчового жиру, його здатності до висихання, розрахунку потрібної кількості водню для його гідрогенізації.

За величиною йодного числа жирів та олій судять про їх здатність до різноманітних хімічних перетворень, оскільки ненасичені жирні кислоти можуть приєднувати кисень по місцю розриву подвійних зв'язків, що обумовлює процеси згіркнення та висихання жирів. У процесі окислення жирів кількість ненасичених жирних кислот знижується і як наслідок зменшується йодне число. Зменшення йодного числа є показником псування жиру. Йодне число для деяких жирів наведено в табл. 3.2.

**Таблиця 3.2.** Йодне число для деяких рослинних олій і тваринних жирів

Вид харчового жиру	Йодне число, % I <sub>2</sub>
Олія:	
- соняшникова	125-145
- соєва	120-140
- гірчична	102-108

- бавовняна	102-117
- оливкова	75-85
- кукурудзяна	111-133
Жир:	
- яловичий	32-47
- баранячий	35-40
Вершкове масло	30-50

## **II. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **Дослід 1. Визначення кислотного числа**

Кислотне число є одним з основних якісних показників, що характеризують ступінь свіжості жиру, та регламентується стандартами на всі види харчових жирів. У разі неправильного зберігання кількість вільних жирних кислот зростає і подальше їх окислення призводить до появи дефектів смаку та запаху, а у разі більш глибоких процесів – до непридатності жиру для харчових цілей.

Визначення кислотного числа полягає в розчиненні певної маси рослинної олії в суміші розчинників з подальшою нейтралізацією вільних жирних кислот спиртовим розчином гідроксиду калію або натрію згідно з ГОСТ 5476-80 «Масла растительные. Метод определения кислотного числа».

**Прилади, обладнання, матеріали:** технічні ваги, конічна колба місткістю 150-200 см<sup>3</sup>, бюретка місткістю 50 см<sup>3</sup>, водяна баня, 1 % спиртовий розчин фенолфталеїну або тимолфталеїну, 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчин гідроксиду калію або натрію, нейтральна суміш спирту та ефіру (суміш з двох частин діетилового ефіру та однієї частини етилового спирту нейтралізують 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчином гідроксиду калію або натрію у присутності п'яти крапель фенолфталеїну до ледь помітної зміни забарвлення суміші).

### **Методика виконання роботи**

1. Провести визначення кислотного числа жиру.

2. Провести розрахунки за формулою 3.1. Дані спостережень та розрахунків занести в таблицю 3.3 та порівняти їх зі стандартними.

3. Зробити висновок про якість жиру за кислотним числом.

#### ***Схема визначення кислотного числа харчових жирів***

- 3...5 г жиру зважити з точністю до 0,01 г в конічну колбу на 150 см<sup>3</sup>
- додати 50 см<sup>3</sup> нейтралізованої суміші етанолу та етилового ефіру (1:2) (для розчинення жиру)
- перемішати
- підігріти колбу на водяній бані
- охолодити до температури 15...20 °С
- додати 3...5 крапель 1 % спиртового розчину фенолфталеїну
- титрувати 0,1 моль/дм<sup>3</sup> спиртовим розчином гідроксиду натрію до появи слабо-рожевого забарвлення

Для олій з темним забарвленням титрування проводять у присутності тимолфталеїну до ледь помітної зміни кольору розчину.

#### ***Опрацювання результатів***

**Кислотне число**,  $X$ , мг/г жиру, розраховують за формулою:

$$X = \frac{5,611 K V}{m} \quad (3.1)$$

де 5,611 – кількість гідроксиду натрію або калію, що міститься в 1 см<sup>3</sup> розчину концентрації 0,1 моль/дм<sup>3</sup>. Цей множник є постійним незалежно від виду застосованого лугу;

$K$  – поправковий коефіцієнт до 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину гідроксиду натрію або калію;

$V$  – об'єм 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину гідроксиду натрію або калію, що використаний на нейтралізацію вільних жирних кислот в масі наважки жиру, см<sup>3</sup>;

$m$  – маса взятої для аналізу наважки, г.

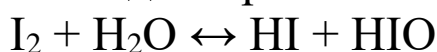
За кінцевий результат приймають середнє арифметичне двох паралельних визначень.



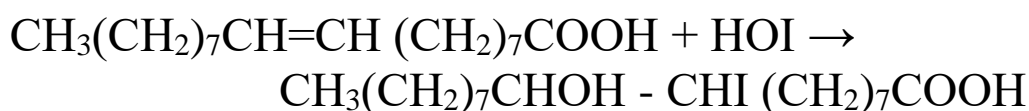
використовують декілька методів, що відрізняються в основному галогеновмісним реагентом, та умовами проведення досліду. Найпоширеніші методи: Гюбля, Кауфмана, Війса, Гануса, Вобурна. Три перших з перерахованих методів стандартизовані.

Стандартні методи визначення йодного числа мають порівняно високу точність, проте малоприйнятні у виробничих умовах внаслідок їх тривалості, необхідності складних токсичних та дефіцитних реактивів, високої кваліфікації виконуючого аналіз. В цьому відношенні є більш зручним метод Маргошеса, за яким визначення йодного числа здійснюється за допомогою надлишку спиртового розчину йоду (тому що повне насичення подвійних зв'язків відбувається лише тоді, коли кількість галоїду є на 50...60 % вища за теоретичний).

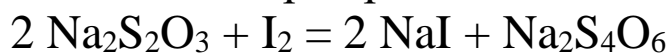
**Визначення йодного числа методом Маргошеса.** За точністю результатів цей метод поступається стандартним методам. Суть його ґрунтується на реакції ненасиченої кислоти жиру з йоднуватою кислотою, що утворюється під час взаємодії йоду з великою кількістю води за рівнянням:



Реакція жиру з йоднуватою кислотою відбувається наступним чином:



Надлишок йоду, що не приєднався, титрують тіосульфатом натрію у присутності індикатора крохмалю:



Щоб дізнатися про кількість йоду, яка приєдналася до ненасичених жирних кислот досліджуваної олії, слід провести в аналогічних умовах контрольний дослід (без наважки жиру). Різниця між кількістю 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину тіосульфату, використаного на титрування контрольної та дослідної проб, є показником кількості йоду, зв'язаного наважкою жиру.

**Прилади, обладнання, матеріали:** технічні та аналітичні ваги, колба з пришліфованою пробкою місткістю 500 см<sup>3</sup>, бюретка місткістю 25 см<sup>3</sup>; піпетки місткістю 10, 15, 20 см<sup>3</sup>, мірна



колба місткістю 100 см<sup>3</sup>, водяна баня, годинник, 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчин тіосульфату, 0,2 моль/дм<sup>3</sup> розчин йоду (25 г йоду у 1000 см<sup>3</sup> 96 % спирту), етиловий спирт, 1 % розчин крохмалю, дистильована вода.

### **Методика виконання роботи**

1. Провести визначення йодного числа жиру методом Маргошеса
2. Провести розрахунки за формулою 3.2. Дані спостережень та розрахунків занести в таблицю 3.4 та порівняти їх зі стандартними.
3. Зробити висновок про якість жиру за йодним числом.

#### ***Схема визначення йодного числа жиру методом Маргошеса:***

- 0,2...0,3 г жиру зважити з точністю до 0,0001 г на годинникове скло
- опустити скло з жиром у хімічний стакан
- додати 20...30 см<sup>3</sup> 96% етанолу
- підігріти на водяній бані за температури 45...50 °С, закривши склянку годинниковим склом та перемішуючи вміст коловими рухами (для кращого розчинення та зникнення жирових кульок)
- охолодити до кімнатної температури
- додати 20 см<sup>3</sup> спиртового розчину йоду з бюретки
- додати 200 см<sup>3</sup> дистильованої води циліндром, безперервно перемішуючи скляною паличкою
- закрити стакан, залишити у спокої на 5 хв
- титрувати надлишок незв'язаного з ненасиченими кислотами йоду 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчином Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до появи слабо-жовтого забарвлення
- додати 0,5 см<sup>3</sup> 1%-го розчину крохмалю
- титрувати до зникнення синього забарвлення

Паралельно проводять контрольний дослід (без жиру) з дотриманням всіх умов основного дослід.

### Опрацювання результатів

Йодне число жиру,  $X$ , %  $I_2$ , розраховують за формулою:

$$X = \frac{(V-V_1)0,01269 K}{m} 100\% \quad (3.2)$$

де  $V$  – кількість 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину тіосульфату, що витрачається на титрування контрольного досліду, см<sup>3</sup>;

$V_1$  – кількість 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину тіосульфату, що витрачається на титрування основного досліду, см<sup>3</sup>;

0,01269 – кількість йоду, що відповідає 1 см<sup>3</sup> 0,1 моль/дм<sup>3</sup> тіосульфату, г;

$K$  – поправковий коефіцієнт до 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину тіосульфату;

$m$  – маса наважки жиру, г.

**Таблиця 3.4.** Результати спостережень та розрахунків для визначення йодного числа жиру

Маса порожньої колби, $m_1$ , г	
Маса жиру з колбою, $m_2$ , г	
Маса наважки жиру, $m$ , г	
Кількість 0,1 моль/дм <sup>3</sup> розчину тіосульфату $Na_2S_2O_3$ , що витрачається під час проведення контрольного досліду (без жиру), $V$ , см <sup>3</sup>	
Кількість 0,1 моль/дм <sup>3</sup> розчину тіосульфату $Na_2S_2O_3$ , що прореагувала з жиром, см <sup>3</sup>	
Кількість 0,1 моль/дм <sup>3</sup> розчину тіосульфату $Na_2S_2O_3$ , що витрачається на титрування надлишку йоду після приєднання його до жиру, $V_1$ , см <sup>3</sup>	
Поправковий коефіцієнт до 0,1 моль/дм <sup>3</sup> розчину тіосульфату $Na_2S_2O_3$ , $K$	
Йодне число, $X$ , % $I_2$	

### Рефрактометричний метод визначення йодного числа

Цей метод дає змогу визначити йодне число за показником заломлення олії. Необхідними умовами для отримання відтворюваності результатів та їх кореляції з даними,

отриманими хімічними методами, є суворе дотримання температури під час заміру показника заломлення. Визначення показника заломлення здійснюють на рефрактометрі ІРФ – 454Б2М. Величину йодного числа (в г на 100 г жиру) обчислюють за формулою, в яку підставляють середню величину показника заломлення, отриману для двох паралельних проб:

$$X = \frac{(n_D - 1,4595)}{0,0118} 100\% \quad (3.3)$$

### Запитання для самоконтролю

1. Мета визначення фізико-хімічних констант жиру.
2. Які використовують числа жиру? Дайте їх коротку характеристику.
3. Що таке кислотне число? Що воно характеризує?
4. Чим зумовлено накопичення вільних жирних кислот? До чого це призводить?
5. У чому суть методу визначення кислотного числа жиру?
6. Що розуміють під йодним числом? Що характеризує цей показник? Від чого він залежить?
7. Чим обумовлено процеси згіркнення та висихання жирів?
8. На чому ґрунтуються методи визначення йодного числа?
9. Які існують методи визначення йодного числа?
10. Переваги та недоліки стандартних методів.
11. У чому суть методу Маргошеса?
12. Який порядок визначення йодного числа рефрактометричним методом?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 (варіант А)

**ТЕМА.** Визначення масової частки лактози в молоці.

**МЕТА.** Ознайомитись з йодометричним та рефрактометричним методами визначення масової частки редуруючих цукрів у продуктах, зокрема лактози в молоці.

### I. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### *Характеристика молока*

**Молоко** – продукт з високою харчовою цінністю і засвоюваністю, який є незамінним компонентом раціону, джерелом повноцінного білка та мінеральних речовин. Неможливо забезпечити організм достатньою кількістю кальцію з продуктами харчування, якщо не вживати щодня молочні продукти. Кальцій та фосфор містяться у молоці в легкозасвоюваній формі та оптимальному співвідношенні.

Молоко широко застосовується у виробництві продуктів дитячого та дієтичного харчування, входить до складу багатьох кондитерських та хлібобулочних виробів. Середній хімічний склад молока такий:

– жири .....	3,5 %
– білки .....	3,2 %
– вуглеводи (лактоза) .....	4,7 %
– небілкові азотисті сполуки .....	0,04 %
– мінеральні речовини .....	0,7 %
– вода .....	87,5 %

Молоко містить вітаміни (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, РР, С, Н, А, D, Е), ферменти (природна та мікробна ліпаза, β-галактозидаза або лактаза) та природні барвники – пігменти (каротин – забарвлює молоко та молочний жир в помаранчевий колір, рибофлавін або вітамін В<sub>2</sub> – зумовлює жовто-зелене забарвлення молочної сироватки).

Дисахарид лактоза є основним вуглеводом молока. Лактози (або молочний цукор) міститься у молоці всіх видів ссавців, вона забезпечує харчову цінність молока та є важливим компонентом у харчуванні новонароджених. В результаті життєдіяльності

молочнокислих бактерій, які продукують фермент  $\beta$ -галактозидазу, лактоза розкладається на глюкозу і галактозу та зброджується до молочної кислоти. Ця властивість лактози використовується у виробництві кисломолочних продуктів і водночас є причиною швидкого псування молока під час зберігання. Організм деяких людей не синтезує достатню кількість  $\beta$ -галактозидази, що порушує засвоєння лактози і призводить до розладів травлення після вживання молока. Лише в цьому разі допускається обмеження частки молочних продуктів у структурі харчування або їх повне виключення з раціону

### *Характеристика лактози*

**Лактоза** виконує такі основні функції в організмі: 1) підвищує засвоюваність кальцію та фосфору з їжі; 2) молочна кислота, яка утворюється після зброджування лактози, пригнічує розвиток гнилісних бактерій та покращує стан мікрофлори кишечника; 3) компонент лактози галактоза бере участь в побудові нервових та мозкових тканин людини.

Молекула лактози побудована із моносахаридів глюкози та галактози. При цьому альдегідна група глюкози не бере участі в утворенні зв'язку з молекулою галактози, тобто є вільною. Присутність вільних альдегідних або кетонів груп у складі моно- та дисахаридів зумовлює відновні властивості вуглеводів в окисно-відновних реакціях. Вуглеводи, які в окисно-відновних реакціях можуть поводити себе як відновники, називаються **редуючими (відновлюючими) цукрами**. Таким чином, **лактоза є редуючим дисахаридом**.

Нагрівання молока до 95 °C і вище призводить до його потемніння в результаті реакції меланоїдиноутворення між лактозою та амінокислотами. Найбільш активно перебіг даної реакції спостерігається під час стерилізації, згущення та сушіння молока. Поряд з лактозою молоко містить незначну кількість моносахаридів галактози та глюкози у вільному стані.

Масову частку лактози в молоці визначають хімічними або фізичними методами. До **хімічних** відносяться стандартні методи: **йодометричний** та **перманганатометричний**, до

**фізичних** – поляриметричний та рефрактометричний методи. Хімічні методи визначення лактози та інших редукуючих цукрів ґрунтуються на їх відновлювальних властивостях у разі взаємодії з певним окисником. Знаючи точну концентрацію розчину окисника, за допомогою індикаторів визначається його кількість, яка вступила в реакцію з розчином редукуючого цукру невідомої концентрації. За відомою кількістю розчину окисника можна легко розрахувати масову частку вуглеводу в розчині та перерахувати її на масу продукту.

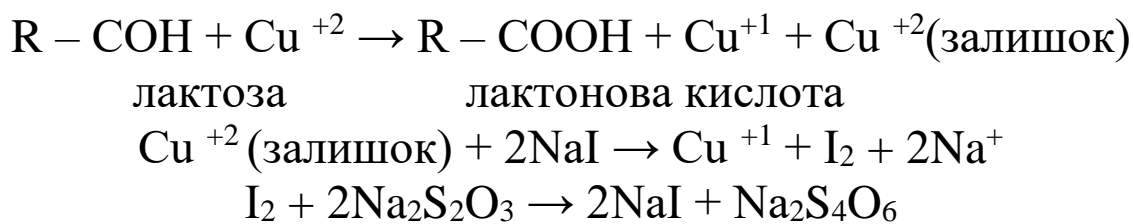
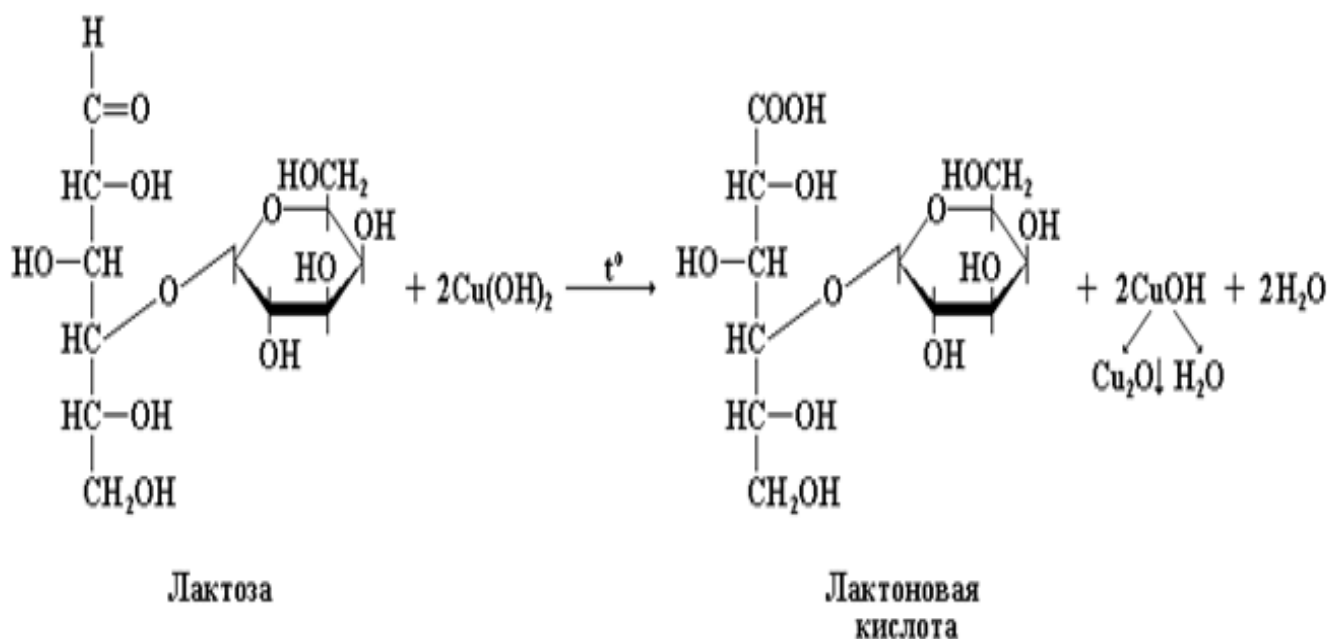
Якщо ж одразу використати певну відому кількість розчину окисника в надлишку, то в подальшому визначається не кількість окисника, яка пішла на взаємодію з редукуючим цукром, а залишок окисника після реакції. В цьому випадку поряд з основним проводять так званий контрольний дослід, де замість розчину редукуючого цукру використовують дистильовану воду. Масова частка редукуючого цукру визначається порівнянням результатів контрольного та основного дослідів. Одним із таких способів визначення кількості лактози в молоці стандартом (ГОСТ 8764-73) передбачений йодометричний метод 48 П.

## **II. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **Дослід 1. Визначення масової частки лактози йодометричним методом.**

Суть йодометричного методу визначення лактози полягає у тому, що до відомої кількості молока з невідомою концентрацією лактози вноситься відома кількість сульфату міді ( $\text{CuSO}_4$ ) у надлишку. Частина міді витрачається на окислення лактози, а інша залишається в незмінному двовалентному стані. Дана реакція відбувається в лужному середовищі, яке створюється додаванням розчину лугу ( $\text{NaOH}$ ). Яка кількість міді прореагувала з лактозою, а яка ні, ми поки що не знаємо. Щоб це встановити до певної кількості суміші додають відомий об'єм розчинів йоду ( $\text{I}_2$ ) та гідроксиду натрію ( $\text{NaOH}$ ). В результаті цього утворюються дві сполуки – йодид та йодад натрію ( $\text{NaI}$  та  $\text{NaIO}$ ).

Мідь, яка не вступила в реакцію з лактозою, взаємодіє з йодидом натрію (NaI), в результаті чого утворюється молекулярний йод (I<sub>2</sub>), який знову переходить в іонний стан після взаємодії з тіосульфатом натрію (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Кількість розчину тіосульфату пропорційна кількості молекулярного йоду, який утворився, і кількості двовалентної міді, яка не прореагувала з лактозою. Оскільки початковий об'єм розчину сульфату міді та його концентрація відомі, розрахунками встановлюється кількість міді, яка вступила в реакцію окислення лактози, а далі – вміст самої лактози в молоці.



**Прилади, обладнання, матеріали:** молоко, технічні ваги, годинник, мірна колба місткістю 500 см<sup>3</sup>, дистильована вода, бюретка, піпетки місткістю 5 см<sup>3</sup>, 10 см<sup>3</sup>, 25 см<sup>3</sup>, 50 см<sup>3</sup>, розчин Фелінг I (наважку перекристалізованого, що не містить заліза, сульфату міді масою 69,26 г розчиняють у дистильованій воді в мірній колбі місткістю 1 дм<sup>3</sup>, доводять об'єм до мітки та перемішують), 1 моль/дм<sup>3</sup> розчин гідроксиду натрію, фільтрувальний папір, воронка, конічна колба місткістю 250...300 см<sup>3</sup>, пробка, 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчин йоду, 0,1 моль/дм<sup>3</sup>

розчин гідроксиду натрію, циліндр місткістю  $10 \text{ см}^3$ ,  $0,5 \text{ моль/дм}^3$  розчин соляної кислоти,  $0,1 \text{ моль/дм}^3$  розчин тіосульфату натрію,  $1 \%$  розчин крохмалю.

### **Методика виконання роботи**

1. Провести визначення лактози в дослідних зразках молока.
2. Провести розрахунки за формулою 4.1 (або 4.2). Дані спостережень та розрахунків занести в таблицю 4.1 та порівняти отримані дані з табличними та вказаними виробником на упаковці.
3. Зробити висновок щодо точності використаних методів для визначення масової частки лактози в молоці.

### ***Схема визначення лактози йодометричним методом***

- $25 \text{ г}$  молока зважити з точністю до  $0,01 \text{ г}$  в мірну колбу на  $500 \text{ см}^3$
- додати дистильовану воду до половини об'єму колби
- додати  $10 \text{ см}^3$  розчину  $\text{CuSO}_4$  (реактив Фелінг I) піпеткою
- додати  $4 \text{ см}^3$   $1 \text{ моль/дм}^3$  розчину гідроксиду натрію ( $\text{NaOH}$ ) піпеткою
- суміш перемішати та довести вміст колби до мітки дистильованою водою
- перемішати та залишити у спокої на  $30 \text{ хв}$
- рідину фільтрують крізь паперовий фільтр (перші  $10 \dots 20 \text{ см}^3$  фільтрату відкидають)
- продовжують фільтрування в суху колбу
- $50 \text{ см}^3$  фільтрату відміряти піпеткою та перенести в конічну колбу на  $250 \text{ см}^3$
- додати  $25 \text{ см}^3$   $0,1 \text{ моль/дм}^3$  розчину йоду ( $\text{I}_2$ ) піпеткою
- повільно доливати  $37,5 \text{ см}^3$   $0,1 \text{ моль/дм}^3$  розчину гідроксиду натрію ( $\text{NaOH}$ ), а вміст колби постійно перемішувати
- колбу закрити пробкою та залишити у темному місці на  $20 \text{ хв}$
- додати циліндром  $8 \text{ см}^3$   $0,5 \text{ моль/дм}^3$  розчину соляної кислоти ( $\text{HCl}$ ), при цьому спостерігається виділення молекулярного йоду



- виділений йод відразу титрують 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчином тіосульфату натрію (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) до появи жовтого солом'яного забарвлення
- додати 1...2 см<sup>3</sup> 1 % розчину крохмалю (колір суміші стає темно-синім внаслідок взаємодії крохмалю та йоду)
- продовжувати додавати тіосульфат натрію до моменту знебарвлення суміші, яке відбудеться від 1...2 зайвих крапель тіосульфату
- записати загальний об'єм тіосульфату натрію, який витратили на титрування, см

Далі проводять *контрольний дослід*. Замість фільтрату в колбу відміряють 50 см<sup>3</sup> дистильованої води та здійснюють експеримент у тій же послідовності та з тими ж реактивами, що й в основному досліді, починаючи з 9 пункту.

### *Опрацювання результатів*

**Масову частку лактози L (%)** розраховують за формулою:

$$L = \frac{0,01801 (V_1 - V) 100 \cdot 0,97}{m} \quad (4.1)$$

де 0,01801 – кількість лактози, що відповідає 1 см<sup>3</sup> 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину йоду, г;

$V_1$  – кількість 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, яку витратили на титрування йоду в контрольному досліді, см<sup>3</sup>;

$V$  – кількість 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, яку витратили на титрування надлишку йоду у фільтраті, см<sup>3</sup>;

0,97 – поправка, встановлена емпірично;

$m$  – маса молока в 50 см<sup>3</sup> фільтрату, г.

Якщо на дослідження було взято точно 25 г молока, то масову частку лактози можна розрахувати спрощено за такою формулою:

$$L = 0,699 \cdot (V_1 - V) \quad (4.2)$$

Дані спостережень та розрахунків записують у процесі виконання роботи в таблицю 4.1.

**Таблиця 4.1.** Результати спостережень та розрахунків для визначення масової частки лактози йодометричним методом

Кількість 0,1н розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , яку витратили на титрування йоду в контрольному досліді $V_1$ , $\text{cm}^3$	
Кількість 0,1н розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , яку витратили на титрування надлишку йоду в фільтраті $V$ , $\text{cm}^3$	
Маса молока в $50 \text{ cm}^3$ фільтрату $m$ , г	
Масова частка лактози в молоці, %	

**Дослід 2. Визначення масової частки лактози рефрактометричним методом.**

Рефрактометричний метод визначення лактози оснований на залежності показника заломлення безбілкової фракції молока від вмісту лактози в молоці. Цей спосіб простий та швидкий, але поступається точністю хімічним методам. Спочатку потрібно осадити білки молока. Осадження молочних білків (зокрема казеїну) можна здійснити так: 1) за допомогою кислот; 2) ферментативним способом за допомогою сичужного ферменту (використовується у виробництві твердих сирів); 3) хлоридом кальцію ( $\text{CaCl}_2$ )

В нашій роботі для переведення молочних білків в осад застосовується третій спосіб. В результаті видалення білків ми отримаємо молочну сироватку, показник заломлення якої визначаємо на рефрактометрі.

**Прилади, обладнання, матеріали:** молоко, піпетка місткістю  $5 \text{ cm}^3$ , пробірка, 4 % розчин хлориду кальцію, годинник, водяна баня, фільтрувальний папір, воронка, рефрактометр ИРФ-454Б2М.

**Методика виконання роботи**

1. Провести визначення лактози в дослідних зразках молока.
2. Дані спостережень та розрахунків занести в таблицю 4.3.
3. Результати всіх досліджень звести в таблицю 4.4 та зробити загальний висновок.

**Схема визначення лактози рефрактометричним методом:**

- 5 см<sup>3</sup> молока відміряти піпеткою та перенести у пробірку
- додати 5...6 крапель 4 % розчину хлориду кальцію
- пробірку витримують на киплячій водяній бані протягом 10 хв
- вміст пробірки фільтрують крізь паперовий складчастий фільтр
- у прозорому фільтраті на рефрактометрі визначити показник заломлення
- за таблицею 4.2 залежно від показника заломлення сироватки визначити масову частку лактози в молоці, %

**Таблиця 4.2.** Залежність показника заломлення безбілкової фракції молока від вмісту лактози в молоці (%)

<b>Показник заломлення</b>	<b>Масова частка лактози, %</b>	<b>Показник заломлення</b>	<b>Масова частка лактози, %</b>
1,3390	3,01	1,3413	4,13
1,3391	3,06	1,3414	4,18
1,3392	3,11	1,3415	4,23
1,3393	3,16	1,3416	4,28
1,3394	3,21	1,3417	4,33
1,3395	3,26	1,3418	4,38
1,3396	3,31	1,3419	4,44
1,3397	3,36	1,3420	4,49
1,3398	3,42	1,3421	4,54
1,3399	3,47	1,3422	4,59
1,3400	3,52	1,3423	4,64
1,3401	3,57	1,3424	4,69
1,3402	3,62	1,3425	4,74
1,3403	3,67	1,3426	4,79
1,3404	3,70	1,3427	4,84
1,3405	3,72	1,3428	4,89
1,3406	3,77	1,3429	4,95
1,3407	3,82	1,3430	5,00

1,3408	3,87	1,3431	5,05
1,3409	3,93	1,3432	5,10
1,3410	3,98	1,3433	5,15
1,3411	4,03	1,3434	5,20
1,3412	4,08		

**Таблиця 4.3.** Результати спостережень та розрахунків для визначення масової частки лактози в молоці рефрактометричним методом

Показник заломлення безбілкової фракції молока nD 20	
Масова частка лактози в молоці, %	

**Таблиця 4.4.** Зведена таблиця для визначення масової частки лактози в молоці

Зразок молока	Масова частка лактози, %			
	Йодо-метричним методом	рефракто-метричним методом	табличне значення	інформація виробника на упаковці
1.				
2.				
3.				
4.				

### Запитання для самоконтролю

1. Які речовини входять до складу молока? Яке значення вони мають для організму?
2. Яку роль виконує лактоза в організмі людини та у виробництві молочних продуктів?
3. Скільки лактози міститься в молоці та якими методами визначається її кількість?
4. Охарактеризуйте йодометричний метод визначення вмісту лактози в молоці.
5. В чому полягає рефрактометричний метод визначення масової частки лактози в молоці?

6. Вкажіть переваги та недоліки рефрактометричного методу визначення масової частки лактози в молоці.

7. До якого класу вуглеводів відноситься лактоза? Наведіть приклади інших подібних речовин.

8. Яка особливість лактози дає змогу визначити її кількість йодометричним методом?

9. Яке молоко повинно містити більше лактози: незбиране, пастеризоване чи пряжене? Чому?

10. З якого молока найкраще засвоюються білки: незбираного, пастеризованого чи пряженого? Чому?

11. Чому не використовуються перші 10...20 см<sup>3</sup> фільтрату під час визначення вмісту лактози йодометричним методом (пункт 7)?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 (варіант Б)

**ТЕМА.** Методи визначення масової частки сахарози у хлібобулочних виробках.

**МЕТА.** Ознайомитись з йодометричним методом визначення масової частки сахарози у хлібобулочних виробках.

### І. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### *Характеристика вуглеводів*

**Вуглеводи** по масі та калорійності займають перше місце у раціоні харчування людини, випереджаючи за цими показниками білки та жири. Основна функція вуглеводів – забезпечення організму енергією. Відсутність вуглеводів у харчуванні, зокрема під час дотримання безвуглеводної дієти, призводить до появи симптомів, які нагадують голод. Зниження маси тіла при цьому пояснюється не зменшенням кількості жиру, а швидкими втратами натрію та води організмом. Тому люди, які штучно обмежують споживання вуглеводів, відчують слабкість, зневоднення та швидку втомлюваність. Вважається, що раціон дорослої людини повинен містити не менше 100 г вуглеводів, а рекомендоване споживання становить 250...350 г на добу.

Вуглеводи поділяються на прості та складні. До **простих вуглеводів** відносять моносахариди (глюкоза, фруктоза, галактоза) та дисахариди (сахароза, лактоза, мальтоза). **Складні вуглеводи**, або полісахариди, побудовані з молекул моносахаридів, і поділяються на **засвоювані** крохмалеподібні полісахариди (крохмаль, глікоген) та **незасвоювані** полісахариди (целюлоза, пектини). Серед дисахаридів найбільше значення для харчування мають сахароза, лактоза та мальтоза.

#### *Характеристика сахарози*

В промисловості сахарозу отримують з цукрової тростини та цукрового буряку, що містять відповідно 12...15 % та 15...22 % даного вуглеводу. Часто сахарозу називають тростинним або буряковим цукром. Оскільки цукрова тростина та цукровий буряк накопичують найбільшу кількість енергії на площу посіву, ніж будь-яка інша культура, то сахароза є одним з найдешевших

джерел енергії в харчуванні людини. Споживання сахарози слід обмежувати до 10 % калорійності раціону, тобто не більше 50...60 г на добу, включно з цукром, що міститься у кулінарних, кондитерських виробках та іншій харчовій продукції. Надходження більшої кількості вуглеводів, ніж витрачається на енергетичні потреби організму, призводить до накопичення їх у вигляді жиру, що зумовлює збільшення маси тіла. Чиста сахароза та продукти, що її містять, підвищують ризик виникнення карієсу зубів. Порушення обміну вуглеводів зумовлює підвищення рівня глюкози в крові людини та захворювання на цукровий діабет. Отже, і відсутність і надлишок вуглеводів у структурі харчування має негативний вплив на здоров'я.

Молекула сахарози складається з моносахаридів глюкози та фруктози. На утворення зв'язку глюкоза та фруктоза використовують свої функціональні групи – альдегідну та кетоніву. В результаті сахароза не містить вільної альдегідної групи, а тому нездатна, подібно до моносахаридів або лактози, проявляти відновні властивості в окисно-відновних реакціях. Іншими словами, *сахароза є невідновлюючим (нередукуючим) цукром.*

У виробництві кондитерських та хлібобулочних виробів може використовуватись як звичайний цукор, так і продукт його гідролізу, який називається **інвертним цукром**. Інверсія (гідроліз) сахарози може мати ферментативний та кислотний характер. Ферментативний гідроліз відбувається під дією ферменту  $\beta$ -фруктофуранозидази (сахараза), а кислотний – під дією кислот. Продуктом гідролізу сахарози є суміш глюкози та фруктози. Перевагами використання інвертного цукру у харчовому виробництві є: - зменшення витрат цукру, оскільки фруктоза в 1,8 разів солодша, ніж сахароза; - підвищення засвоюваності вуглеводів (серед вуглеводів найкраще засвоюються моносахариди); - збільшення терміну зберігання борошняних кондитерських та хлібобулочних виробів (редуючі моносахариди добре зв'язують вологу та запобігають швидкому черствінню).

## ***Визначення сахарози***

Масову частку сахарози у продуктах визначають з метою розрахунку їх енергетичної цінності, а також для перевірки правильності закладки сировини у виробництві солодких страв, хлібобулочних та кондитерських виробів. Для визначення кількості сахарози у хлібобулочних виробах поширеним є **метод Шорля** (йодометричний метод). Він відноситься до прискорених методів та характеризується високою точністю отриманих результатів, простотою, можливістю визначити вміст цукру в досить широких межах концентрації (від 0,3 до 88,2 мг в 30 см<sup>3</sup> розчину). Також масову частку сахарози можна визначити **перманганатним (арбітражним) методом та прискореним методом гарячого титрування.**

Оскільки йодометричним методом визначаються лише редуруючі вуглеводи, то спочатку здійснюють інверсію сахарози, яка міститься у продукті, до редуруючих моносахаридів глюкози та фруктози. За кількістю утвореної глюкози та фруктози можна судити про вміст сахарози у виробі.

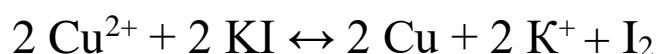
## **II. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **Дослід 1. Визначення масової частки сахарози йодометричним методом.**

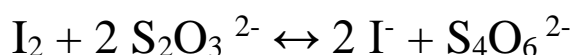
Принцип методу, з деякими відмінностями, аналогічний йодометричному методу визначення лактози в молоці. Під час кип'ятіння точної кількості Фелінгової рідини з досліджуваним розчином, що містить редуруючі цукри, останні відновлюють двовалентну мідь до оксиду одновалентної міді за схемою:



Потім на двовалентну мідь, що залишилася, діють KI. В цьому разі іон йоду окислюється, а двовалентна мідь відновлюється:



Молекулярний йод, що виділяється, відтитровують розчином тіосульфату натрію:





Для визначення кількості двовалентної міді, яка відновлюється цукром, проводять контрольний дослід, в якому замість досліджуваного розчину, що містить цукор, беруть дистильовану воду. В цьому разі визначають кількість тіосульфату натрію, еквівалентну всій двовалентній міді, що бере участь у досліді.

**Прилади, обладнання, матеріали:** зразки хлібобулочних виробів, технічні ваги, воронка, мірні колби місткістю 100 см<sup>3</sup>, 200 см<sup>3</sup>, 250 см<sup>3</sup>, дистильована вода, годинник, 15 % розчин сульфату цинку, 4 % розчин гідроксиду натрію (або 5,6 % розчин гідроксиду калію), піпетки місткістю 2 см<sup>3</sup>, 5 см<sup>3</sup>, 10 см<sup>3</sup>, 20 см<sup>3</sup>, 50 см<sup>3</sup>, фільтрувальний папір, 20 % розчин соляної кислоти, водяна баня, індикатор метиловий червоний, 10 % розчин гідроксиду натрію, конічна колба місткістю 250 см<sup>3</sup>, Фелінг I (6,925 % розчин сульфату міді II), Фелінг II (346 г сегнетової солі + 100 г гідроксиду натрію в 1000 см<sup>3</sup> розчину), 30 % розчин йодиду калію, 25 % розчин сірчаної кислоти, 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчин тіосульфату натрію, 1 % розчин крохмалю, сушильна шафа СЕШ-3, ексікатор, бюкси алюмінієві, термометр.

### **Методика виконання роботи**

1. Провести визначення вмісту сахарози у дослідних зразках продукції.
2. Провести розрахунки за формулою 4.1 Дані спостережень та розрахунків занести в таблицю 4.3.
3. Результати досліджень звести в таблицю 4.4 та порівняти з теоретично розрахованими.
4. Зробити висновок. щодо дотримання рецептури виробником.

### **Визначення вмісту сахарози в хлібобулочних виробках**

Для аналізу використовують м'якушку хліба, з якої видаляють всі включення (повидло, ізюм тощо) та посипку (цукор, мак). **Вологість м'якушки** визначають прискореним методом висушування (у дві бюкси зважують по 5 г подрібненого продукту та висушують у сушильній шафі при 130 °С протягом

40 хв). Маса наважки виробу залежить від теоретично розрахованого вмісту сахарози та визначається згідно таблиці 4.1.

**Таблиця 4.1.** Визначення маси наважки хлібобулочних виробів залежно від очікуваного вмісту сахарози

Очікувана масова частка цукру (% до сухих речовин)	Маса м'якушки, що вноситься у мірну колбу місткістю, см <sup>3</sup>	
	200	250
2...5	25	30
6...10	12,5	15
11...15	8	10
16...20	6	7

Процес визначення масової частки сахарози складається з трьох стадій:

I. Приготування водної витяжки продукту.

II. Гідроліз сахарози, що міститься у витяжці, до глюкози та фруктози.

III. Визначення кількості глюкози та фруктози у витяжці йодометричним методом.

#### ***I. Приготування водної витяжки продукту***

1) Подрібнену наважку перенести у мірну колбу на 200 або 250 см<sup>3</sup>

2) додати близько 2/3 вмісту колби дистильованої води

3) перемішувати протягом 5 хв для кращого переходу сахарози в розчин

4) додати 10 см<sup>3</sup> 15 % розчину сульфату цинку (ZnSO<sub>4</sub>) та 10 см<sup>3</sup> 4 % розчину гідроксиду натрію (NaOH) для осадження білкових речовин та нецукрів

5) вміст колби перемішати, довести дистильованою водою до мітки та залишити у спокої на 15 хв

6) фільтрують або центрифугують витяжку

#### ***II. Проведення гідролізу сахарози, що міститься у витяжці***

7) 50 см<sup>3</sup> фільтрату перенести у мірну колбу на 100 см<sup>3</sup>

- 8) додати 5 см<sup>3</sup> 20 % розчину хлоридної кислоти (HCl)
- 9) колбу витримувати на водяній бані за температури 70 °C протягом 8 хв
- 10) охолодити до кімнатної температури
- 11) додати 3 краплі метилового червоного та нейтралізувати соляну кислоту 10 % розчином гідроксиду натрію (NaOH) до переходу червоного забарвлення в персиковий (але не допускати появи жовтого)
- 12) вміст колби довести дистильованою водою до мітки та перемішати

### ***III. Визначення кількості сахарози у витяжці***

- 13) 30 см<sup>3</sup> гідролізату перенести у конічну колбу на 250 см<sup>3</sup>
- 14) додати 10 см<sup>3</sup> реактиву Фелінг I (6,925 % розчин CuSO<sub>4</sub>) та 10 см<sup>3</sup> реактиву Фелінг II (лужний розчин сегнетової солі)
- 15) перемішати, нагріти до кипіння та кип'ятити рівно 2 хв
- 16) охолодити до кімнатної температури, уникаючи перемішування
- 17) додати 10 см<sup>3</sup> 30 % розчину йодиду калію (KI) та 10 см<sup>3</sup> 25 % розчину сульфатної кислоти (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) Спостерігається виділення молекулярного йоду
- 18) додати 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину тіосульфату натрію (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) до появи світло-жовтого забарвлення суміші
- 19) додати 2 см<sup>3</sup> 1 % розчину крохмалю, суміш набуває темно-синього кольору
- 20) продовжувати доливати тіосульфат натрію до знебарвлення суміші, яке відбувається від 1...2 крапель тіосульфату. Записати загальний об'єм тіосульфату натрію.

Паралельно проводять **контрольний дослід**, де замість гідролізату використовують 30 см<sup>3</sup> дистильованої води та повторюють всі стадії дослідження, починаючи з 13 пункту. За різницею об'ємів тіосульфату натрію, яка пішла на титрування контрольного (V<sub>1</sub>) та основного дослідів (V<sub>2</sub>), користуючись табл. 4.2 знаходимо кількість мг сахарози, що міститься у 30 см<sup>3</sup> витяжки.

**Таблиця 4.2.** Кількість мг сахарози, що міститься  
у 30 см<sup>3</sup> витяжки

Різниця об'ємів тіосульфату між контрольним та основним дослідом	Вміст сахарози, мг									
	Десяті долі									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
1	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,7	5,0	5,3	5,6	5,9
2	6,2	6,5	6,8	7,1	7,4	7,8	8,1	8,4	8,7	9,0
3	9,3	9,6	9,0	10,2	10,5	10,9	11,2	11,5	11,8	12,1
4	12,4	12,7	13,0	13,4	13,7	14,0	14,3	14,6	15,0	15,3
5	15,6	15,9	16,2	16,6	16,9	17,2	17,5	17,8	18,2	18,5
6	18,8	19,1	19,4	19,8	20,1	20,4	20,7	21,0	21,4	21,7
7	22,0	22,3	22,6	23,0	23,3	23,6	23,9	24,2	24,6	24,9
8	25,2	25,5	25,8	26,2	26,5	26,8	27,1	27,4	27,8	28,1
9	28,4	28,7	29,0	29,4	29,7	30,0	30,4	30,7	31,0	31,3
10	31,7	32,0	32,3	32,7	33,0	33,3	33,7	34,0	34,3	34,6
11	35,0	35,3	35,6	36,0	36,3	36,6	37,0	37,3	37,6	37,9
12	38,3	38,6	38,9	39,3	39,6	39,9	40,3	40,6	40,9	41,2
13	41,6	41,9	42,2	42,6	42,9	43,2	43,6	43,9	44,2	44,5
14	44,9	45,2	45,5	45,9	46,2	46,5	46,9	47,2	47,5	47,8
15	48,2	48,5	48,8	49,2	49,5	49,8	50,2	50,5	50,8	51,2
16	51,6	51,9	52,2	52,6	52,9	53,3	53,6	54,0	54,3	54,7
17	55,1	55,4	55,8	56,1	56,5	56,9	57,2	57,6	57,9	58,3
18	58,7	59,0	59,4	59,7	60,1	60,5	60,8	61,2	61,5	61,8
19	62,3	62,6	63,0	63,3	63,9	64,1	64,4	64,8	65,1	65,5
20	65,9	66,3	66,6	67,0	67,4	67,8	68,1	68,5	68,9	69,2
21	69,6	70,0	70,3	70,7	71,1	71,5	71,8	72,2	72,6	72,9
22	73,3	73,7	74,1	77,4	74,8	75,2	75,6	76,0	76,3	76,7
23	77,1	77,5	77,9	78,2	78,6	79,0	79,4	79,8	80,1	80,5
24	80,9	81,3	81,7	82,0	82,4	82,8	83,2	83,6	83,9	84,3
25	84,7	85,1	85,5	85,9	86,3	86,7	87,0	87,4	87,8	88,2

### Опрацювання результатів

Масову частку сахарози (X) у % до сухих речовин розраховують з формулою:

$$X = \frac{a \cdot V_k \cdot 100 \cdot 100}{m - V_B \cdot 50 \cdot 1000} \cdot \frac{100}{100 - W} \quad (4.1)$$

де а – кількість сахарози у 30 см<sup>3</sup> витяжки, мг;

V<sub>к</sub> – об'єм мірної колби, взятої для приготування водної витяжки, см<sup>3</sup>, (200 або 250 см<sup>3</sup>);

m – маса наважки продукту, г;

V<sub>в</sub> – об'єм гідролізату, який взяли на дослідження, см<sup>3</sup>, (30 см<sup>3</sup>);

50 – об'єм витяжки, взятий для гідролізу сахарози, см<sup>3</sup>;

100 – об'єм мірної колби, взятої для гідролізу сахарози, см<sup>3</sup>;

1000 – переведення міліграмів сахарози у грами;

W – масова частка вологи в досліджуваному продукті, %.

**Таблиця 4.3.** Результати спостережень та розрахунків для визначення масової частки сахарози йодометричним методом

Наважка продукту, m, г	
Об'єм мірної колби V <sub>к</sub> , см <sup>3</sup>	
Об'єм 0,1 моль/дм <sup>3</sup> розчину Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , який витратили на титрування контрольного зразка, V <sub>1</sub> , см <sup>3</sup>	
Об'єм 0,1 моль/дм <sup>3</sup> розчину Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , який витратили на титрування основного досліді, V <sub>2</sub> , см <sup>3</sup>	
Різниця об'ємів 0,1 моль/дм <sup>3</sup> розчину Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> у контрольному та основному досліді, V <sub>1</sub> – V <sub>2</sub> , см <sup>3</sup>	
Кількість сахарози у 30 см <sup>3</sup> витяжки за таблицею, а, мг	
Масова частка сахарози в продукті, X, % до сухих речовин	

**Таблиця 4.4.** Зведена таблиця для визначення масової частки сахарози в хлібобулочних виробих

Зразок продукту	Масова частка сахарози, %		
	розрахункове значення	експериментальне значення	висновок про відповідність кількості сахарози рецептурі
1.			
2.			

### Запитання для самоконтролю

1. До якого класу вуглеводів відноситься сахароза?
2. Яка роль вуглеводів у харчуванні? Вплив нестачі та надлишку вуглеводів у раціоні.
3. Чим зумовлені відновлювальні властивості моно- та дисахаридів? Чому сахароза не проявляє відновних властивостей?
4. Охарактеризуйте йодометричний метод визначення вмісту лактози в молоці.
5. Принцип йодометричного методу визначення сахарози. З якою метою здійснюють гідроліз сахарози у промисловості та під час визначення масової частки цукру у продуктах?
6. Охарактеризуйте основні етапи визначення масової частки сахарози у хлібобулочних виробих.
7. З якою метою використовують сульфат цинку та гідроксид натрію під час приготування водної витяжки продукту?
8. Чому потрібно визначати вологість продукту під час йодометричного методу визначення сахарози?
9. Охарактеризуйте властивості моносахаридів, з яких складається сахароза.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Євлаш В. В. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Харчова хімія» студентами напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» піднапрям «Харчова інженерія» / В. В. Євлаш, Г. О. Пестіна, Н. О. Отрошко, А. Б. Горальчук. – Харків : ХДУХТ, 2011. – 44 с.
2. Євлаш В. В. Харчова хімія : Навчальний посібник / В. В. Євлаш, О. І. Торяник, В. О. Коваленко, О. Ф. Аксьонова, Н. О. Отрошко, Т. О. Кузнецова, Л. Ф. Павлоцька, Д. О. Торяник. – Х. : Світ книг, 2012. – 504 с.
3. Кузнецова, Т. О. Харчова хімія. Лабораторний практикум. Частина I [Текст] : навчальний посібник / Т. О. Кузнецова, І. М. Гурікова. – Х. : ХДУХТ, 2010. – 150 с.
4. Методичні вказівки для лабораторних робіт з курсу «Харчова хімія» для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» / Укл.: Дрозд О. О. Умань: УНУС. 2019. 26 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних занять з курсу «Хімія і технологія харчових добавок» для студентів спеціальності 7.(8).05130111 «Хімічні технології харчових добавок та косметичних засобів» денної та заочної форм навчання / уклад.: Л.В. Кричківська, А.П. Белінська, В.В. Ананєва В.С. Марченко. – Харків: НТУ «ХП», 2014. – 46 с.
6. Пілюгіна, І. С. Хімія та методи дослідження сировини та матеріалів. Загальні основи аналітичної хімії. Лабораторний практикум [Текст] : навчальний посібник / І. С. Пілюгіна, О. В. Добровольська, Н. В. Мурликіна. – Х. : ХДУХТ, 2008. – 354 с.
7. Харчова хімія : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» / уклад.: О. Л. Гуменюк. – Чернігів : ЧДТУ, 2013. – 151 с.
8. Харчова хімія: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни для студентів денної

форми навчання спеціальність 241 «Готельно-ресторанна справа» / укладач Д. І. Молнар. – Мукачево: МДУ, 2017. – 45 с.

9. Харчова хімія: Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів напряму 6.140101 «Готельно-ресторанна справа» ден. форми навч. / Уклад.: В.Ф. Доценко, В.О. Губеня, В.С. Зарубіна – К.: НУХТ, 2011. – 69 с.
10. Харчова хімія: тексти лекцій частина перша для студентів напряму підготовки 181 Харчові технології / Уклад.: Гуменюк О.Л. – Чернігів: ЧНТУ, 2018. – 129 с.
11. Харчова хімія: тексти лекцій частина друга для студентів напряму підготовки 181 Харчові технології / Уклад.: Гуменюк О.Л. – Чернігів: ЧНТУ, 2018. – 155 с.