

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Медичний факультет
Кафедра хімії та фармації

МЕТОДИ ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ
ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ НА ВМІСТ БІЛКІВ, ЖИРІВ І ЦУКРУ

Кваліфікаційна робота (проект)

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Виконав: здобувач 06-242М групи
Спеціальності 102 Хімія
Освітньо-професійної програми
«Хімія»
Ліженін Сергій Анатолійович

Керівник: доктор хімічних наук,
професор кафедри хімії та фармації
Близнюк Валерій Миколайович

Рецензент: кандидат біологічних
наук,
старший науковий співробітник
науково-дослідного відділу
моніторингу безпеки продукції
АПК Української лабораторії
якості і
безпеки продукції АПК НУБіП
України
СЕНІН Сергій Андрійович

Івано-Франківськ, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ АСПЕКТИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ.....	7
1.1. Сучасні вимоги до якості продуктів харчування.....	7
1.2. Загальний огляд основних показників якості харчових продуктів: білки, жири, цукри.....	13
1.3. Проблема здійснення контролю якості харчових продуктів в Україні.....	19
РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ БІЛКІВ, ЖИРІВ ТА ЦУКРІВ В ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ.....	22
2.1. Особливості відбору середніх проб у різних продуктів харчування, їх підготовка та аналіз.....	22
2.2. Методики визначення основних показників якості продуктів харчування.....	27
2.2.1. Аналіз вмісту білків.....	28
2.2.2. Аналіз вмісту жирів.....	32
2.2.3. Аналіз вмісту цукрів.....	35
РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	40
3.1. Переваги і недоліки методів аналізу харчових продуктів.....	40
3.2. Точність, чутливість та відтворюваність результатів.....	45
3.3. Рекомендації щодо використання методів для здійснення контролю якості харчових продуктів.....	48
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53
ДОДАТКИ.....	62
ДОДАТОК А. Методики визначення білків, жирів та вуглеводів у харчових продуктах.....	63

ВСТУП

Актуальність теми. Безпечність та якість харчових продуктів на сьогодні є невід'ємною частиною будь-якої галузі вітчизняної промисловості. Безпека харчових продуктів визначається за вмістом в них основних показників, таких як білки, жири та цукри, які повинні обов'язково відповідати стандартам як державного, так і міжнародного рівня [1, с. 74]. Євроінтеграція дозволила українським виробникам вийти на європейські та світові ринки. Проте, щоб конкурувати із західною продукцією важливо відповідати високим стандартам якості [2].

Поняття «якість харчових продуктів» є досить складним, у відповідності до Закону України «Про безпечність та якість харчових продуктів» [3] трактується як: «... ступінь досконалості властивостей харчового продукту, які здатні задовольняти потреби (вимоги) широко спектру споживачів». У відповідності до чинного Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності харчових продуктів» [4] для проведення широкого спектру аналізів з продуктами харчування кожне виробництво повинно мати спеціальні лабораторії, які оснащені дорогим та новітнім устаткуванням, також повинні бути розроблені та адаптовані під вимоги підприємство методики відповідних аналізів; а також чітко підібраний контингент кваліфікованих аналітиків.

Якість харчових продуктів в Україні зазвичай визначають за ступенем придатності продуктів харчування за основними показниками харчової та біологічної цінності (білки, жири та вуглеводи); відповідний мінеральний склад та органолептичні властивості (колір, смак, консистенція продукції, запах); нормативними показниками санітарно-епідеміологічної бездоганності. Вимоги до харчових продуктів гнучкі та піддаються процесам розвитку науки, техніки та координуються із рівнем життя населення в країні. Саме тому якість харчових продуктів розглядають як закономірність, що відповідає розвитку галузі, стану

розвитку науки та техніки, а також соціально-економічного рівня проживання населення країни [5, с. 98].

Проблема якості харчових продуктів є досить актуальною, ефективність її розв'язання пов'язують із вмінням вдало підібрати достатньо точний та недорогий метод оцінки. Найважливішим кроком у дослідженні якості та безпечності харчової продукції є вибір оптимального методу аналізу, які відрізняються точністю, експресністю, чутливістю та технічним оснащенням. Дуже важливо, розуміючи складність поставлених задач при аналізі харчових продуктів, вміти робити правильний вибір оптимального методу аналізу у питанні якості та безпеки харчової продукції. Тому тема нашого дослідження «Методи хімічного аналізу для контролю якості харчових продуктів на вміст білків, жирів і цукру» є актуальною.

Над питанням контролю якості продуктів харчування працювали Морозова М. [14], Зозуля І. В., Галкіна О. М. [33], Козій Т. В. [34], Волощук А. Г., Протасова Л. В. [45], Хацевич О. М. Складанюк М. Б. [5]. Серед робіт, які розкривали питання впровадження сучасних методів аналізу для визначення якісних показників у харчових продуктів, визначаються праці Гуць В. [20]; Решта С. П., Пилипенко Л. М. [19]; Кравченко Т. В [27]; Пазичук О. О. [36]; Самойленко С. О.; Губський С М. [24].

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами та планами. Робота виконувалася у відповідності до тематики кафедри хімії та фармації Херсонського державного університету за темою: «Аналітичні дослідження та сучасні ресурсозберігаючі і екологічно чисті процеси і технології»

Мета дослідження: здійснити порівняльний аналіз методів контролю якості харчових продуктів на визначення вмісту в них білків, жирів та цукрів з подальшою оцінкою їх застосування.

Завдання дослідження:

1. З'ясувати сучасні вимоги до якості харчових продуктів.
2. Розкрити основні питання контролю якості та безпеки харчових продуктів в Україні.
3. Ознайомитися із особливостями пробовідбору при аналізі харчових продуктів.
4. Здійснити порівняльний аналіз методів аналізів харчових продуктів на вміст білків, жирів та цукрів та визначити їх переваги та недоліки.
5. Запропонувати практичні рекомендації, щодо використання розглянутих методів для контролю якості харчових продуктів.

Об'єкт дослідження: методи аналізу харчових продуктів.

Предмет дослідження: методи хімічного аналізу для контролю якості харчових продуктів на вміст білків, жирів і цукру.

Методи дослідження: під час виконання кваліфікаційної роботи була використана система взаємопов'язаних методів дослідження: метод аналізу нормативних документів та стандартів якості харчових продуктів; метод узагальнення та систематизації; метод порівняння; метод дедукції; метод синтезу та абстрагування; метод графічної обробки результатів дослідження у вигляді таблиць, схем та графіків.

Наукова новизна одержаних результатів: набуло подальшого розгляду питання контролю якості харчових продуктів та методи дослідження, які використовуються для визначення білків, жирів та цукру в харчових продуктах.

Практичне значення одержаних результатів: результати дослідження можуть використовуватися студентами спеціальності 102 Хімія бакалаврського та магістерського рівнів в освітньому процесі закладах вищої освіти при викладанні дисциплін «Харчова хімія», «Аналіз харчових продуктів».

Апробація результатів дослідження. Опубліковано статтю «Порівняння методів аналізу для оцінки вмісту білків, жирів та цукрів у

харчових продуктах» в електронному збірнику III міжнародної наукової конференції «Розвиток наук в умовах нової реальності: проблеми та перспективи» (Україна, м. Ужгород, 4 жовтня 2024р.).

Структура роботи. Кваліфікаційна робота містить в собі вступну частину, три розділи з підрозділами, висновків; списку використаних джерел та додатків. Кваліфікаційна робота містить схеми, малюнки та діаграми. Обсяг основної частини кваліфікаційної роботи складає 52 сторінки.

РОЗДІЛ 1

ОСНОВНІ АСПЕКТИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

1.1. Сучасні вимоги до якості продуктів харчування

Сучасні вимоги до якості харчових продуктів регулюються Законом України «Про безпеку та якість харчових продуктів» [3]. Обумовлюються вони стандартами безпеки, маркування, контролем якості та обов'язками вимогами до виробництва. Основними показниками якості харчових продуктів є [3]:

1. безпека харчових продуктів – передбачає здійснення контролю за пестицидами, важкими металами, мікотоксинами, бактеріями групи *Salmonella* / *E. coli* та іншими токсичними речовинами. На сьогодні у Україні встановлені мінімальні гранично допустимі цих речовин, проте контроль за їх рівнем залишається низьким;

2. склад та якість продуктів харчування – передбачають здійснення стандартизації (продукти харчування мають власні державні стандарти, які описують їх допустимі складові та якість). В Україні у деяких продуктах харчування можуть міститися синтетичні добавки, що заборонені у країнах Європи, це викликає неабияке занепокоєння у вітчизняних споживачів, тому процес стандартизації харчових продуктів є досить важливим;

3. органолептичні властивості встановлюються для кожного продукту, при цьому враховуються національні традиційні смаки. Контроль за дотриманням органолептичних властивостей здійснюється за допомоги дегустацій, де аналізують смак, запах та текстуру. Ці показники є досить важливими для споживчого задоволення.

4. маркування та інформація для споживачів. Етикетки повинні містити повну інформацію про склад, масу, термін придатності та умови

зберігання. В Україні немає чіткої вимоги щодо обов'язкового зазначення всіх потенційних алергенів, що є стандартом у країнах європейського союзу.

5. Добровільна сертифікація відкриває можливості для вітчизняних виробників підтверджувати якість своїх продуктів, проте у нашій країні не є обов'язковою.

В Україні на сьогодні існує проблема у покращенні системи контролю за якістю харчових продуктів, що дозволить наблизити її до дієвих європейських стандартів. Тобто нормативні показники якості харчових продуктів в Україні лише частково гармонізують з європейськими стандартами, але є ряд відмінностей. У країнах Європи встановлені та діють більш суворіші вимоги до безпеки, маркування та контролю, особливо стосовно питання добавок та пестицидів у їх складі. Саме тому перераховані вище показники допоможуть підвищити рівень довіри споживачів та забезпечити здоров'я населення [4].

У відповідності до Закону України «Про безпеку та якість харчових продуктів» [3] (дата прийняття 2011 рік), що є основним нормативним документом, яким керують вітчизняні підприємства у питанні безпеки та якості харчових продуктів в Україні охарактеризовано наступні пункти (табл. 1.1.) [3, 4].

Таблиця 1.1

Закон України «Про безпеку та якість харчових продуктів»

Основні пункти	Загальна характеристика
Основні положення	-забезпечення високих стандартів безпеки харчових продуктів; -розвиток конкурентоспроможності на вітчизняному ринку харчових продуктів; -захист здоров'я споживачів.
Дефініція основних термінів	«Харчові продукти», «Безпека харчових продуктів», «Контроль якості».
Система контролю	Перераховані основні принципи державного контролю, моніторингу за якістю харчових продуктів.

Продовження таблиці 1.1

Вимоги	Прописані санітарні норми та стандарти з контролю якості продуктів на всіх етапах виробництва.
Маркування	Маркування продуктів, що включає інформацію про склад, термін зберігання, умови зберігання.
Відповідальність	Описує механізм юридичної відповідальності за порушення вимог щодо безпеки та якості харчових продуктів.

Особливе місце у Законі України «Про безпеку та якість харчових продуктів» [3] посідає розділ (загальні вимоги до харчових продуктів) у якому йдеться про:

1. харчові продукти повинні містити всі необхідні речовини, щоб задовільними фізіологічні потреби організму; поряд з цим повинні відповідати встановленим вимогам у питаннях дотримання фізико-хімічних, органолептичних та гігієнічних показників;
2. перед застосуванням нових технологічних продуктів, упаковки, умов їх транспортування незалежно від форм власності підприємства зобов'язані провести аналіз небезпечних факторів, визначити поживну цінність та строк придатності;
3. харчові продукти, що вводяться у продаж, повинні мати декларацію виробника;
4. мають бути сертифікати щодо походження сировини та вмісту у них небезпечних речовин: важких металів, пестицидів, агрохімікатів;
5. наявність ветеринарних документів (якщо це сировина тваринного походження). Документацію щодо відсутності (присутності) пестицидів, що можуть використовуватися у боротьбі з ектопаразитами та обробці приміщень, де утримуються тварини та птиці; присутність ветеринарних препаратів, антибіотиків, гормонів;

6. в упакованні продовольчих продуктів використовувати матеріали, які не несуть загрози після контакту з харчовими продуктами.

7. заборонено використовувати сировину, що піддається повторному заморожуванню;

8. у виготовленні продуктів дитячого та дієтичного харчування заборонено використовувати м'яса птиці механічного обвалювання та колагеновмісної сировини;

9. забороняється використовувати м'ясо, яке не пройшло належну термічну обробку.

У країнах Європи та світу користуються так званим кодексом альментаріусом, який містить нормативні стандарти на харчові продукти, які розроблені під керівництвом FAO («Продовольча та сільськогосподарська організація ООН») [5, с. 100], або WHO («Всесвітня організація охорони здоров'я») [5, с. 101]. Перераховані організації контролюють взаємовідносини між споживачами та виробниками харчових продуктів, поряд з цим забезпечують реалізацію чесної практики у торгівельній практиці.

Кодекс містить стандарти виробництва на все ряд харчових продуктів, які призначенні для постачання споживачам. Кодекс аліментаріус включає в себе: гігієнічні вимоги до харчових продуктів, вимоги щодо відсутності таких небезпечних речовин як пестициди, добавки та контамінантів; вимоги щодо маркування; вимоги щодо здійснення контролю за якістю харчових продуктів. Даний документ містить рекомендації, щодо дотримуватися основних правил, норм та настанов.

Дотримання нормативів встановлених у кодексі гарантує європейському споживачу здорове харчування та правильне маркування. Даний збірник є стандартним тому продукти харчування розробляються згідно з форматом кодексу та відповідних розроблених критеріїв [6, с. 600].

Наступний документ, який регулює безпеку та якість продуктів є діяльність Міжнародної організації з стандартизації. Серед основних заходів [7, с. 77]:

- заходи, що направлені на координацію та уніфікацію національних стандартів;
- заходи з проблем вирішення питання стандартизації;

Організація ЄЕК – ООН («Європейська економічна комісія ООН») [7, с. 78] розробляє нормативи та стандарти для продукції, що швидко псується. Норми розроблені даною організацією підтримуються всіма країнами Європи, де узгоджуються всі види інтересів у відповідності до реальної картини ринкової економіки.

Також в країнах ЄС діє «Загальний харчовий закон», в якому визначенні основні принципи та процедури з контролю якості за харчовими продуктами. На головних засадах цього закону працює «Єдиний орган з безпеки харчових продуктів» [8, с. 216], який займається питанням оцінки ризику у сферах якості продуктів харчування. У більшості Європейських країн працює організація «Національне управління із безпеки харчових продуктів» основною діяльністю якої є досягнення більш високих стандартів безпеки харчових продуктів [8, с. 217].

Функції та мета таких організацій може бути різною у різних країнах-членах. Більш детально охарактеризуємо систему національного контролю в різних країнах Європи.

Національні системи контролю за якістю сильно відрізняються наприклад в Нідерландах, Бельгії та Данії діють централізовані системи, тоді коли у Іспанії та Німеччині переважають регіональні системи контролю, або навіть місцеві системи контролю, як наприклад у Великобританії, Ірландії (табл. 1.2.) [9, 10, 11].

Таблиця 1.2

**Системи контролю якості харчових продуктів
у країнах ЄС та України**

Країни	Основні нормативні документи / органи державної влади	Україна
Естонія	Ветеринарно-продовольчий департамент. <i>Основні функції:</i> законодавче та ринкове регулювання.	Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» Закон України «Про безпеку та якість харчових продуктів» Організації: 1.Держпродспоживслужба та підпорядковані їй територіальні управління 2.Національне агентство з питань контролю якості харчових продуктів, лікарських засобів та медичних виробів
Швеція	Шведська національна продовольча адміністрація <i>Основна функція:</i> захист прав споживачів щодо безпеки харчових продуктів та їх якості.	
Німеччина	Організація: «Федеральне міністерство захисту прав споживачів продовольства та сільського господарства Німеччини» [9] Організація «Федеральний інститут оцінки ризиків» [9]	
Польща	Закон України «Про харчові продукти»	
Велика Британія	Управління харчовими стандартами Великобританії	

Здійснивши порівняльний аналіз систем контролю якості харчових продуктів у країнах ЄС та України варто відмітити, що якість та безпечність продукції у країнах ЄС крім зазначених органів влади контролюється самим виробниками, які працюють на основі розроблених стандартів, таких як: ISO («Міжнародна організація із стандартизації» [9], НАССР («аналіз небезпек і критичні контрольні точки») [10].

В Україні нажаль, не зважаючи на достатню кількість нормативних документів та діяльності державних інститутів, проблема контролю

якості харчових продуктів постає досить гостро. Більшість прийнятих законодавчих актів нажаль не в повній мірі відповідають сучасним інтересам суспільства. Саме тому основними напрямками забезпечення продовольчої безпеки в Україні є дотримання затверджених стандартів [10, с. 4606].

Сучасна система стандартизації в Україні повинна бути побудована на наступних принципах [11, с. 217]:

- врахування рівня розвитку техніки та науки;
- на принципах суспільної вигоди виробника та споживачів;
- наявність програм відкритого типу, де можна ознайомитися із чинними стандарти продуктів харчування;
- однозначність сформованих вимог, можливість їх перевірки.

Перспективним напрямком дотримання нормативів якості харчових продуктів є механізм гарантування дотримання державних стандартів шляхом впровадження системи штрафних санкцій за порушення якості продуктів харчування; створення більшої кількості органів державної влади, що забезпечуватимуть дотримання виробниками встановлених стандартів на продукти харчування [11, с. 218].

1.2. Загальний огляд основних показників якості харчових продуктів: білки, жири, цукри

В умовах глобалізації та доступності різноманітних продуктів харчування, питання якості та безпеки постає досить гостро. Так як неправильне харчування призводить до поширення неінфекційних захворювань, таких як: ожиріння, діабет та серцево-судинні хвороби. Сучасні споживачі повинні усвідомлювати значення здорового харчування, що у майбутньому призведе до підвищення попиту на продукцію із високою харчовою цінністю. Розуміння вмісту білків, жирів та цукрів є ключовим у проблемі якості та безпечності харчових

продуктів [12, с. 132]. Більш детально проаналізуємо кожну групу показників.

Білки є важливим компонентом продуктів харчування. З точки зору хімії, білки – це великі біомолекули, що складаються з амінокислот, що поєднуються між собою пептидними зв'язками. Білки є основним будівельним матеріалом клітин, гормонів, імунних тіл. Серед основних функцій: структурна, каталітична, транспортна та регуляторна.

Каталітична функція – білки-ферменти здатні каталізувати хімічні реакції в організмі людини; структурна функція – надають механічну міцність тканинам; транспортна функція – гемоглобін транспортує кисень у кров; регуляторна функція – білки (білкові гормони) регулюють біохімічні процеси.

Білки складаються з 20 амінокислот, кожна амінокислота має загальну структуру – центральний атом Карбону, аміногрупу ($-\text{NH}_2$), карбоксильну групу ($-\text{COOH}$), атоми Гідрогену та боковий ланцюг (R-група), що є специфічним для кожної амінокислоти. Білки харчових продуктів здатні розпадатися на замінні та незамінні амінокислоти. Саме незамінні кислоти надходять до організму людини з їжею. Білки є головною ознакою повноцінності харчових продуктів, які насичують організм людини групою незамінних амінокислот (лейцин, ізолейцин, лізин, тирозин, гістидин, аргінін тощо).

З'єднуються амінокислоти пептидним зв'язком ($\text{CO} - \text{NH}$), що утворюється між карбоксильною групою однієї молекули та аміногрупою іншої молекули в процесі реакції дегідратації (в результаті чого виділяється вода) [13, с. 77].

Рівні структури білків: первинна структура характеризується послідовним з'єднанням амінокислот у поліпептидному ланцюгу; вторинна структура – локальне розміщення амінокислот у вигляді альфа-спіралей або бета-листіків, які стабілізуються завдяки водневому зв'язку; третинна структура – тримірна структура білка, яка утворюється за

рахунок бокових ланцюгів амінокислот (утворюються іонні зв'язки та дисульфідні містки); четвертина структура – утворюється за рахунок взаємодії поліпептидних ланцюгів, що здатні утворювати функціональний білковий комплекс.

Жири – складні органічні сполуки, що відносять до групи ліпідів та є складними ефірами гліцерину та жирних кислот. Жири виконують ряд дуже важливих функцій: енергетична функція (жири вважаються найбільшим концентратом енергії, тому що на 1 грам продукту припадає близько 9 ккал); теплоізоляційна (допомагає зберігати тепло); вітамінопоглинаюча функція (відповідають за всмоктування жиророзчинних вітамінів); структурна функція (входять до складу клітинних мембран).

В залежності від кількісного співвідношення та фізико-хімічних властивостей жирів залежить їх харчова цінність. Жир у якості харчового продукту складається із гліцерину та інших органічних сполук, які мають досить вагомий вплив на смакові якості та зовнішній вигляд продуктів харчування. До складу жирів входять: вітаміни, фосфоліпіди, стерини та волоски. Особливу цінність мають стерини, так як вони входять до складу кори наднирників та статевих гормонів людини. Вітаміни також підвищують біологічну та харчову цінність жирів [14, с. 16].

Жири бувають насиченні та ненасиченні. Насиченні жири – жири, що не мають у своєму складі подвійних зв'язків, зазвичай тверді за кімнатної температури. Ненасичені жири мають один або декілька подвійних зв'язків, за кімнатної температури знаходяться у рідкому стані. Ненасичені жири поділяють на мононенасичені та поліненасичені жири. Жири відіграють важливу роль у харчування та здорової людини. Рекомендоване споживання жирів має складати приблизно 20-35 % калорійності раціону [15, с. 130].

Тригліцериди складні сполуки, що утворенні гліцерином та жирними кислотами. Гліцерин – це трьохатомний спирт із хімічною

формулою $C_3H_5(OH)_3$. Жирні кислоти – це карбонові кислоти із довгими вуглеводневими ланцюгами, що можуть бути насиченими або ненасиченими.

Загальна формула тригліцеридів залежить від вмісту конкретних жирних кислот. Загальна формула має наступний вигляд:



C_3H_5 - залишок гліцеролу, що є трьохатомним спиртом;

R_1, R_2, R_3 – алкільні радикали жирних кислот. Їх формула залежить від типу жирних кислот.

Тригліцериди, є основним компонентом тваринних жирів та рослинних олій, тому вони відіграють досить важливу роль в енергетичному резерві організму [16, с. 221].

Вуглеводи – органічні сполуки, що складаються з карбону, гідрогену та кисню, причому гідроген та кисень перебувають у співвідношенню 2 : 1. Загальна емпірична формула має наступний вигляд: $(CH_2O)_n$. З хімічної точки зору, вуглеводи є полігидроксильними альдегідами (кетонами). Моносахариди – найпростіші вуглеводи, які не піддаються реакції гідролізу (глюкоза $C_6H_{12}O_6$; фруктоза $C_6H_{12}O_6$) – основні структурні одиниці вуглеводів; олігосахариди – складаються з двох та більше моносахаридних ланок (сахароза – дисахарид, складається з глюкози та фруктози); полісахариди – довгі ланцюги моносахаридних одиниць (пектинові речовини, крохмаль) та високомолекулярні речовини, що містять у своєму складі до сотні тисяч моносахаридів [17, с. 292].

Вуглеводи мають декілька основних функціональних груп:

- Гідроксильна група (-OH), що присутні у всіх вуглеводах;
- Альдегідні групи (-CHO), у випадку альдогесоз;
- Кетонні групи (C=O), у формулах кетогектоз.

Вуглеводи здатні вступати в реакції окиснення та відновлення, при цьому утворювати глікозидні зв'язки. Також приймають участь у полімеризації.

До основних функцій відносять: енергетична функція; регуляція метаболізму (метаболічні процеси впливають на регулювання рівня інсуліну та глюкози у крові); запас енергії. Споживання вуглеводів не повинно перевищувати 10 % від загальної калорійності раціону (краще бути в діапазоні менше 4-5 %). Вживання вуглеводів повинно бути контрольованим, щоб попереджувати виникнення негативних наслідків для здоров'я людини. Збалансоване харчування, що включає в себе натуральні цукри сприятиме підтримці енергії та загального благополуччя. Білки, жири та вуглеводи – є основними постачальниками енергії організму людини, їх м'язів, мозку та клітин. Проте вони є нерівноцінними в енергетичному плані (табл. 1.3.) [16, 17, 18]

Таблиця 1.3

Енергетична цінність білків, жирів та вуглеводів

Компонент їжі	Енергетичні цінність 1 грм (ккал)	Відчуття заповненого шлунку	Відчуття ситості	Здатність до накопичення
Жири	9	Низький	Низький	Високий
Білки	4	Високий	Високий	Низький
Вуглеводи	4	Проміжний	Високий	Низький

Вивчення цих показників є важливим для оцінки харчової цінності продуктів та формування збалансованого раціону. Важливо також враховувати їх взаємодію, тому що правильне співвідношення білків, жирів та цукрів сприятиме підтримці здоров'я населення країни.

Кожен з них має свої особливості, склад, джерела та ролі у харчуванні (табл. 1.4) [17, 18]

Таблиця 1.4

Білки, жири, вуглеводи як компоненти харчових продуктів

Показники	Білки	Жири	Вуглеводи
Енергетична цінність	4 ккал/г	9 ккал/г	4 ккал/г
Функції	Будівельна Ферментативна Імунна	Енергетична Вітамінопоглинаюча Теплоізоляційна	Енергетична Регуляторна
Основні джерела	М'ясо / Риба Яйці / Бобові Молочні продукти	Горіхи / авокадо М'ясо Молочні продукти	Овочі / фрукти Цукор / Зернові
Рекомендації	10-35 % від калорійності раціону	20-35 % від калорійності раціону	45-65 % від калорійності раціону
Вплив на здоров'я	Сприяють росту та відновленню тканин. Високий вміст негативно впливає на роботу нирок	Позитивно впливають на серцево-судинну систему Надмірне вживання жирів призводить до ожиріння	Високий вміст клітковини сприяє травленню. Високий вміст вуглеводів підвищує ризик діабету та серцевих захворювань.

Отже, білки є важливими для росту, відновлення та загального функціонування організму, тому їх споживання має бути збалансованим та різноманітним. Жири є необхідними для енергії, всмоктування вітамінів та підтримки клітинних мембран перевагу варто надавати ненасиченим жирам. Вуглеводи – основне джерело енергії для організму, тому перевагу варто надавати складним вуглеводам, які забезпечують тривалу енергію та клітковину [19, с. 224].

1.3. Проблеми здійснення контролю якості харчових продуктів в Україні

Основною вимогою до здійснення контролю за якістю продуктів харчування є правдива оцінка цієї продукції. Система оцінки за якістю харчових продуктів складається із класичних та інноваційних (біохімічних) методів аналізу. Обрання методу залежить від мети та цілей дослідження, властивостей обраного зразку та умов проведення аналізу. Аналіз якості та безпечності харчових продуктів в Україні здійснюється за наступною моделлю (рис. 1.1.) [20, с. 250]:

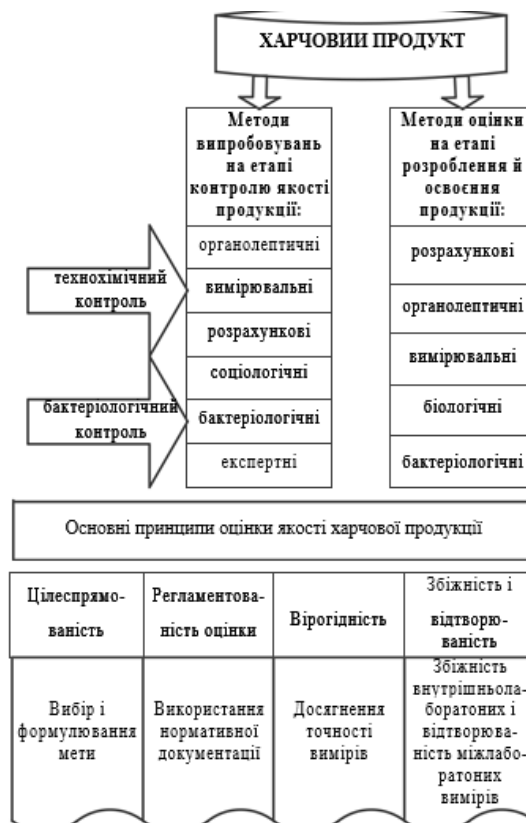


Рис. 1.1. Схема перевірки харчових продуктів в Україні

У відповідності до схеми, наукові методи переважно використовують на етапі розроблення та освоєння продуктів харчування, тоді коли класичні методи аналізу використовують на етапі здійсненню контролю якості продукції.

Контроль за якістю харчових продуктів реалізується лише за нормативною документацією (відносно встановлених норм, стандартів).

Стандарти дозволяють оцінювати показники якості сировини (рослинного та тваринного походження); оцінити склад та якість готових продуктів харчування. Стандарти на продукцію дозволяють здійснювати три основних види контролю (вхідний контроль, операційний контроль; контроль готової продукції [20, с. 251].

Моніторинг за якістю харчових продуктів в Україні є складною темою, яка вимагає безпосередньої участі всіх служб та персоналу відповідного харчового підприємства та має ряд проблем. Серед основних проблем контролю якості харчових продуктів варто виділити [21]:

1) недосконалість нормативно-правової бази: (а) прогалини у законодавчій базі, що потребує постійного оновлення та адаптації до європейських стандартів; (б) нерегулярне оновлення стандартів, що загрожує здоров'ю споживачів.

2) організаційні проблеми – недостатня кількість відповідних органів у здійсненні контролю за якістю та безпеністю харчових продуктів, що призводить до дублювання функцій та неефективності.

3) недостатня координація – відсутність ефективної комунікації між різними державними органами, що заважає створити єдиний методичний підхід до аналізу харчових продуктів.

4) ресурсні обмеження – недостатність ресурсів, що обмежують їхню здатність виконувати функції контролю та моніторингу.

5) нестача кваліфікованих спеціалістів, а також високий рівень плинності кадрів у державних структурах.

6) переважання старих методів контролю та відсутність єдиної системи моніторингу: застаріле обладнання, що ускладнює проведення якісного контролю; відсутність реєстру відомостей про небезпечні харчові продукти.

7) дефіцит інформації стосовно діючих вимог до безпеки та якості харчових продуктів, що призводить до технологічних порушень.

8) високий рівень корупції, який сприяє поширенню небезпечних продуктів на ринку.

9) недостатня споживча обізнаність – споживачі не знають своїх прав та не можуть адекватно оцінити якість продуктів, що призводить до ризику виникнення захворювань.

Проаналізувавши широкий спектр проблем у здійсненні контролю за якістю та безпечністю харчових продуктів запропонуємо наступні шляхи їх вирішення [21]:

- привести нормативну документацію у відповідності до чинних європейських стандартів;
- створити єдиний орган, що відповідатиме за контроль безпеки та якості харчових продуктів;
- залучати інвестиції з метою модернізації лабораторій та підготовку висококваліфікованих спеціалістів.
- проводити інформаційні кампанії, які допоможуть споживачам краще зрозуміти якість харчових продуктів.

Тобто моніторинг за якістю харчової продукції є досить важливим питанням сьогодення. Проте через велику кількість проблем гальмується процес здійснення якісного моніторингу за продуктами харчування. Для подолання перерахованих вище проблем варто впроваджувати ефективні системи моніторингу. Тобто за невеликих фінансових та організаційних затрат, належної нормативної документації у вітчизняних підприємствах, державному та міжнародному фінансуванню можна здійснювати системний моніторинг за якістю технологічних процесів та продукції. Лише спільними зусиллями можна досягнути високих стандартів якості харчових продуктів, що в майбутньому забезпечить безпеку та здоров'я громадян України.

РОЗДІЛ 2

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ БІЛКІВ, ЖИРІВ ТА ЦУКРІВ В ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ

2.1. Особливості відбору середніх проб у різних продуктах харчування, їх підготовка та аналіз

Досліджуючи вміст основних нутрієвих речовин у харчових продуктах в першу чергу досліджують технологічні та споживчі характеристики. Основу споживчих характеристик складають органолептичні властивості. Органолептичні властивості досліджують за стандартними методами аналізу. Технологічні властивості досліджують за групою більш точних та інноваційних методів, що включають в себе: аналіз сировини, аналіз основних фізико-хімічних показників; аналіз реологічних характеристик (рис. 1.3.).

Органолептичні та технологічні властивості в сукупності визначають якість харчового продукту, що залежать від багатьох факторів [21]:

- основного складу сировини;
- дотримання режимних параметрів у виготовленні продуктів харчування;
- дотримання умов пакування та відповідного зберігання продукту.

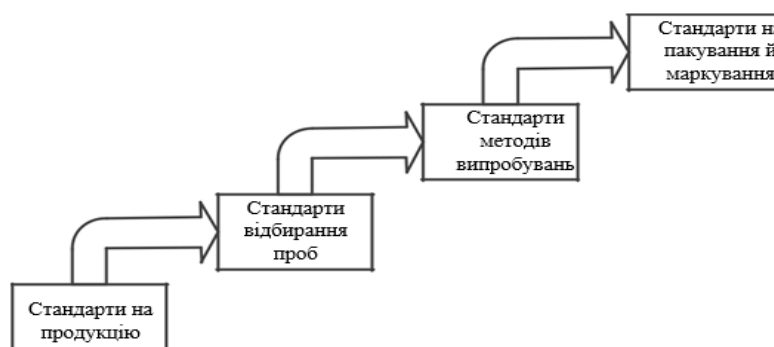


Рис. 2.1. Технологічна схема контролю за якістю харчової продукції

Залежно від досліджуваних параметрів контроль здійснюється за двома напрямками: *органолептичними та вимірювальними*. Органолептичні методи дозволяють об'єктивно оцінити споживчі властивості взятого зразку продукту. Основу органолептичного аналізу складають наступні показники: смак та запах; зовнішній вигляд продукту та його консистенція.

За отриманими результатами визначення органолептичних показників роблять висновок про відповідність досліджуваної продукції встановленим вимогам (у відповідності до чинних нормативних документів із затвердженою рецептурою; схемами технологічного виробництва). Результати на основі органолептичних показників зазвичай узагальнюють констатуючи його у вигляді позитивного чи негативного результату.

Технічні характеристики харчових продуктів досліджують за допомоги вимірювальних методів, які дозволяють здійснювати оперативний контроль показників на різних етапах технологічного виробництва продукту.

Відбір середніх проб у різних харчових продуктах є критично важливим у процесі контролю якості та безпеки. Особливості пробовідбору залежать насамперед від типу продукту, фізичних та хімічних характеристик, а також від поставлених цілей дослідження. Відбір проб здійснюється встановлених правил та технічних умов проведення дослідження [22, с. 111].

Пробовідбір рослинної сировини. Пробовідбір варто проводити у суху погоду, найкраще у першій половині дня з різних точок території. Орієнтовна величина проби для дослідження повинна складати приблизно від 300 – 500 г для зернових культур, овочів та фруктів. Маса проби регулюються у відповідності до обраних показників вимірювання. Найменше рекомендовано брати приблизно 100 г проби.

Відбір продуктів в упаковках. Проби відбирають з однорідної партії та з однієї упаковки. Обов'язковою вимогою є відбір проби з партії, що виготовленні в однаковий час та день. З великої проби рекомендовано відбирати саме середню пробу, величина відібраної проби залежить від обраного методу дослідження які повинні обов'язково відповідати вимогам стандартів та методики виконання аналізу. Основні правила пробовідбору харчових продуктів з упаковок:

- рідкі продукти (олія, мед, молочні продукти, варення) перед аналізом варто добре перемішати;
- пробовідбір сипучих продуктів (борошно, цукор) варто робити щупом з нижнього, середнього та верхнього шарів.
- Пробовідбір серед в'язких продуктів (риба, овочі, масло, сир, кондитерські вироби) проводять також за допомоги щупа із значної глибини продукта.

Відбір поштучно. Якщо продукт харчування, який треба аналізувати знаходиться в пічках, коробках чи відкритій тарі, то для аналізу потрібно брати не менше ніж 5 одиниць. Встановленні величини пробовідбору для різних продуктів: фрукти, овочі, ягоди (від 0,25-0,5 кг); м'ясні продукти – 0,2-0,3 кг; птиця та дичина (від 0,1-0,3 кг); яйця (до 20 штук); молочні продукти (до 0,5 кг); консервовані продукти (від 1 до 3 консерв однієї партії).

Відібрані проби не повинні змінювати свого стану та складу під час транспортування. Відібрані проби рекомендовано помістити у чисту тару (скляна, пластикова тара), яка повинна герметично закриватися, далі потрібно зазначити дату та час відібрання проби, а потім транспортувати зразки до лабораторії. Відібрану пробу обов'язково пломбують. Продукти, що здатні досить швидко зіпсуватися варто обов'язково помістити у контейнер з льодом, та швидко транспортувати зразки до лабораторії [22, с. 113].

Орієнтовні величини лабораторної середньої проби зазначені у Наказі Міжнародної агенції атомної енергії «Про затвердження Порядку відбору зразків та їх перевезення до уповноважених лабораторій для цілей державного контролю» (від 26 грудня 2018 року) (табл. 2.1.) [21, 22, 23]

Таблиця 2.1

**Норми пробовідбору харчових продуктів
для проведення аналізу**

Продукти	Кількість продукції, що потрібна для аналізу	Продукти	Кількість продукції, що потрібна для аналізу
Молоко	250 см ³	Масло вершкове	100 г
Сметана	100 г	Сир твердий	50 г
Сир кисломолочний	100 г	М'ясо	400 г
Інші кисломолочні продукти	100 г	Копчені м'ясні продукти	50 г
Сало	20 г	Яйця	10 шт
Ковбасні вироби	50 г	Риба морожена, свіжа, солена, копчена	2-3 штуки
Мед	150 г	Свіжі ягоди та фрукти	200 г
Сушені фрукти	100 г	Бульба	2-3 штуки
Свіжі овочі	300 г	Сушені овочі	100 г
Гриби свіжі	-	Гриби сушені	25 г
Борошно, крохмаль	200 г	Зернові продукти	500 г

У вигляді порівняльного аналізу представимо особливості пробовідбору для кожної категорії важливих харчових продуктів: зернові продукти; м'ясні продукти; молочні продукти; овочі та фрукти; консервовані продукти; напої (алкогольні та безалкогольні). Дані представимо у табличній формі (табл. 2.2.) [23, 24]:

Таблиця 2.2

**Відбір проб для проведення контролю
якості харчових продуктів**

Продукти	Методи відбору	Кількість проб	Умови відбору
Зернові продукти	Метод середньої проби шляхом змішування відібраних проб	Відібрати не менше 10 % від загальної кількості (із 100 мішків – 10 проб).	При кімнатній температурі.
М'ясні вироби	Метод «зрізу» з різних частин, важливо для оцінки однорідності якості.	Свинина та яловичина (5-10 проб); Ковбаси та м'ясні вироби (3-5 проб);	При контрольованій температурі, щоб уникнути розмноження патогенних мікроорганізмів
Молочні продукти	Проби відбирають шляхом обертання упаковки та зважування кількості. Примітка: для сирів проби беруться з різних частин.	Молоко (5-10 проб); Сир (2-3 проби); Йогурти та кефіри (3-5 проб);	Проби відбирають в охолодженому стані, щоб уникнути мікробіологічного росту.
Овочі та фрукти	Відбір проводиться з різних місць упаковки. Враховуються при цьому: різні сорти, розміри та стиглість.	Для отримання середньої проби варто відбирати 3-5 проб.	При контрольованій температурі з метою попередження розвитку патогенних мікроорганізмів
Консервовані продукти	Пробовідбір береться з різних банок для отримання репрезентативної вибірки.	Рибні консерви (3-5 проб) Овочеві консерви не менше 3 проб Консервоване м'ясо (не менше 3 проб).	Враховувати термін придатності та температурний режим.

Кількість відібраних проб для аналізу продуктів харчування повинна бути достатньою для забезпечення репрезентативності та точності результатів. Важливо дотримуватися стандартів відбору проб та при цьому враховувати специфіку продуктів харчування. Пробовідбір варто здійснювати на основі загальних принципів: гігієна та стерильність пробовідбору (інструменти та тара мають бути чистити); наявність відповідної документації (ведення обліку всіх проб – дата, час, місце та

метод аналізу); дотримуватися умов зберігання (температурний режим, освітленість, вологість).

Відбір проб є ключовим етапом у контролі якості та безпеки харчових продуктів. Кожен тип продукту має свої особливості, які варто враховувати при виборі методу аналізу, з метою отримання достовірних результатів аналізу. Дотримання стандартів та методів відбору забезпечить надійність проведених досліджень, а також складе основу безпеки продуктів харчування [23].

2.2. Методи визначення показників якості продуктів харчування

Аналіз продуктів харчування є важливим етапом у контролі за їх якістю та безпечністю. Серед основних методів аналізу варто виділити [24, с. 66]:

- органолептичні методи: оцінка зовнішнього вигляду, смаку, запаху та аромату;
- фізико-хімічні методи: оцінка вологості, кислотності, вмісту білків, вуглеводів та жирів; оцінка вмісту макро- та мікроелементів.
- мікробіологічні методи: оцінка вмісту патогенних мікроорганізмів (сальмонела, лістерія тощо); оцінка специфічних патогенів.
- спектроскопічні методи аналізу: оцінка складу продуктів за використання ІЧ-спектроскопії;
- хроматографічні методи аналізу: оцінка вмісту ароматизаторів, синтетичних добавок та барвників;
- спеціалізовані методи для виявлення небезпечних залишків у продуктах.
- класичні методи аналізу: оцінка відповідності продуктів державним стандартам.

Всі ці методи дозволяють отримати більш ґрунтовну інформацію про якість харчових продуктів та безпечність їх вживання для споживачів. Найбільший інтерес складають фізико-хімічні методи аналізу, що націлені на оцінку вмісту білків, жирів та вуглеводів.

Визначення вмісту білків проводять з використанням титриметричного методу – методу К'ельдаля; фотометричні методи з використанням біуретової реакції та метод Лоурі (додаток А).

Визначення жирів у продуктах здійснюється на базі наступних методик – екстракція методом Сокслета; гравіметричний метод.

Визначення вмісту цукрів у продуктах харчування відбувається за методом фенольного сульфату; гравіметричним методом; хроматографічним методом [25, с. 53].

2.2.1. Аналіз вмісту білків. Існує велика кількість методів визначення білків, серед основних:

- метод К'ельдаля, що ґрунтується на визначенні вмісту нітрогену у білках. Загальний механізм: зразок харчового продукту піддають дії концентрованої кислоти, що руйнує білок та відбувається перетворення нітрогену на амонійні іони. Розраховують вміст білку за титруванням.
- Метод Лоурі – ґрунтується на реакціях білків з реагентом Фоліна-Чокальтеу та біуретовою реакцією. За інтенсивним забарвленням визначають присутність білків. Інтенсивність забарвлення визначають за допомоги спектрофотометра довжиною хвилі 750 нм.
- Метод ІЧ-спектроскопії – молекули білка поглинають інфрачервоне випромінювання на певних хвилях, що використовують для кількісного визначення білків. Основні вібрації: пептидні зв'язки ($C=O$) 1650 см^{-1} ; гідроксильні групи ($-OH$) $3200-3600\text{ см}^{-1}$.
- Рідина хроматографія – білки розділяються за розміром, зарядом або їх гідрофобністю. Ідентифікація білків відбувається після

виходу з колонки за допомоги детектора (інтенсивність сигналу пропорційна концентрації білка у зразку).

Нижче приведемо методики визначення білків у харчових продуктах (частина з них представлено у додатку А).

Метод К'ельдаля – це титриметричний метод визначення вмісту Нітрогену. Отриману кількість Нітрогену множать на відповідний коефіцієнт та обчислюють вміст білка [25, с. 40].

Примітка: у надто крохмалистих та цукристих рослинах, що мають високий вміст води (горох, кукурудза, капуста, картопля, часник) вміст Нітрогену рекомендовано розраховувати у сирій речовині.

Хід аналізу. Середні проби овочевих, що узяті з подрібненої маси, подрібнюють у гомогенізаторів до стану, щоб уся наважка проходила через сито діаметром 0,5 мм. Зважують наважку, що повинна складати від 3 до 10 г.

Примітка: капуста / картопля – 7 г; продукти тваринного походження і з бобових – 0,5-1 г; продукти рослинного походження – 1 г; продукти рідкої консистенції – 1-2 см³.

Наважку без втрат переносять у колбу К'ельдаля об'ємом 100 см³, за потреби змивають невеликою кількістю води. Додають до зразка сульфатну кислоту з розрахунком 12 см³ на 1 г сухої речовини та каталізатор 1 см³ (суміш міді (II) сульфату та селену). Нагрівають в колбі (час нагрівання залежить від відібраного зразку). Охолоджують розчин та додають до нього 200 см³ дистильованої води та 20 см³ натрій гідроксиду для нейтралізації.

Далі проводять процес дистиляції – амоніак відганяють у приймальну колбу з 50 см³ 0,1 молярного розчину сульфатної кислоти. Реакція між аміаком та кислотою призведе до утворення амоній сульфату. Утворений розчин титрують розчином натрій гідроксиду у присутності 4-5 крапель розчину фенолфталеїну. Титрування ведуть до переходу безбарвного розчину у слабо-рожевий колір.

Паралельно проводять контрольний дослід: у мірну колбу об'ємом на 100 см³ доливають 50 см³ 0,1 молярного розчину сульфатної кислоти та титрують розчином натрій гідроксиду.

Розрахунки. Вміст білка розраховують за формулою:

$$X = \frac{V_{\text{кис}} C_{\text{кис}} * 14,01 * K_6}{m_{\text{зразка}}}$$

де, K_6 – коефіцієнт перерахунку масової частки Нітрогену на масову частку білка. *Примітка:* для овочів складає 6,25; продукти тваринного походження – 6, 25; продукти рослинного походження від 5,7 ... 6 (зернові 5,7; бобові – 6).

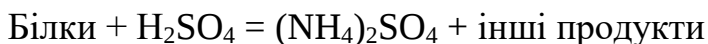
14, 01 – молярна маса Нітрогену, г/моль.

$V_{\text{кис}}$ – об'єм кислоти;

$C_{\text{кис}}$ – молярна концентрація кислоти.

Хімізм методу:

1. Деградація зразка:



2. Нейтралізація:



3. Титрування:



Метод Лоурі (в основі методу біуретова реакція та реакція Фоліна-Чокалтеу).

Біуретова реакція дозволяє кількісно визначити білок фотометричним методом [27, с. 15]. У лужному середовищі за наявності солей купруму білки забарвлюються у фіолетовий колір. Насиченість кольору прямо пропорційна кількості у відібраному зразку. Якщо додати чітко розраховану кількість іонів Купруму то яскравість забарвлення буде прямо пропорційне концентрації білка у досліджуваному зразку.

Хімізм процесу: пептидні зв'язки (-CO-NH-) взаємодіють із йонами Cu^{2+} (у складі солі купрум (II) сульфату) з утворенням комплексу фіолетового кольору.

Хід аналізу. Приготування Біуретового реактиву: у мірну колбу на 100 см^3 додайте купрум сульфат масою 1,5 г та покладіть сегнетовану сіль масою 6 г, далі додайте 10 % розчин натрій гідроксид та доведіть дистильованою водою до мітки.

Приготування розчинів яєчного білка: Для початку відділіть білок від жовтка. Візьміть циліндр на 100 см^3 туди відберіть яєчний білок об'ємом 1 см^3 . Перемішайте та перелийте у мірну колбу дистильованою водою доведіть до мітки. Приготуйте щонайменше 5 таких розчинів:

Калібрувальний графік:

1. В одну пробірку налийте 2 см^3 досліджуваного розчину; в іншу пробірку налийте 2 см^3 дистильованої води.
2. Додайте приготований біуретовий реактив об'ємом 8 см^3 .
3. Залиште на 30 – 40 хвилин.
4. Визначте оптичну густину стандартних розчинів (довжина хвилі 540-560 нм).
5. Побудуйте калібрувальний графік.
6. Визначте оптичну густину досліджуваної проби.
7. За калібрувальним графіком знайдіть концентрацію досліджуваного розчину.

Реакція Фоліна-Чокалтеу. До комплексу купруму, що утворений у біуретовій реакції додають реактив Фоліна – Чокалтеу. Хімізм методу: йони купруму Cu^{2+} з біхініну реагують з пептидними зв'язками та тирозином, внаслідок утворюється комплекс синього забарвлення. Інтенсивність синього кольору за допомогою спектрофотометра при довжині хвилі приблизно 750 нм.

Метод К'ельдаля є довготривалим, дороговартісним та небезпечним для організму людини. Метод Лоурі не входить до жодної зі

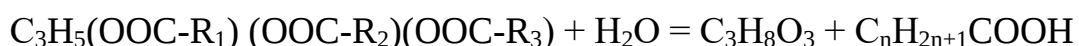
стандартних методик оцінки якості харчових продуктів, проте його часто використовують в Україні, як експрес-метод визначення вмісту білка в сировинні та готових продуктах харчування.

2.2.2. Аналіз вмісту жирів. Існує велика кількість методів визначення жирів у харчових продуктах, серед основних:

- Метод Сокслета – гравіметричний метод, який базується на процесі екстракції жирів за допомоги органічного розчинника.

- Метод Келлера – гравіметричний метод, що базується на реакції гідролізу тригліцеридів із сульфатною кислотою, внаслідок чого утворюється гліцерин та жирні кислоти. Після гідролізу жирні кислоти титрують у лужному середовищі, що дозволяє обчислити вміст жирів у зразку. Хімізм методу:

1. Гідроліз жирів

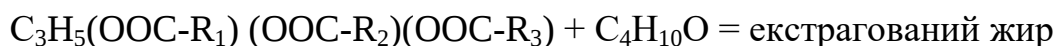


2. Нейтралізація жирних кислот:



- Метод Гербера – заснований на відділенні жирів від решти компонентів продукту за допомоги спеціальних реагентів, що утворюють емульсію. Вміст жиру розраховують за обсягом утвореної жирової фази. Хімізм методу:

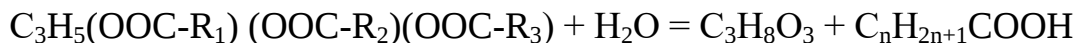
1. Екстракція жирів



2. Титрування $C_nH_{2n+1}COOH + NaOH = RCOONa + H_2O$

- Рідинна хроматографія – заснована на розподілі жирів та жирних кислот між стаціонарною та руховою фазою. Зразок харчового продукту, що містить жир проходить через колонку, де він розділяється на окремі жири в залежності від їх фізико-хімічних властивостей (розпізнавання жирної кислоти відбувається за часом її виходу із колонки).

Основна реакція рідинної хроматографії:



- ІЧ-спектрофотометрія – базується на поглинанні інфрачервоного випромінювання молекулами сполук. Молекули жирів поглинають ІЧ-випромінювання на певних специфічних частотах, які відповідають вібраціям, що виникають між зв'язками (C-C, C-H, C=O). Вібрація для зв'язку C=O відбувається на частоті 1700 см⁻¹; метиленові групи: C-H на частоті 2900 см⁻¹. Результати подаються у вигляді спектру, за яким ідентифікують наявність специфічних жирних кислот та встановлюють структурні особливості.

Нижче приведемо методики визначення жирів у харчових продуктах (частина з них представлено у додатку А).

Метод Сокслета – гравіметричний метод з використанням екстракції – найпопулярніший та найточніший метод визначення жирів у харчових продуктах. Метод довготривалий та займає від 3 до 12 годин. Ефективний для будь-яких продуктів харчування (від молока до печива) [23].

Принцип методу: базується на використанні органічних розчинників (ефір, бензин, бензол, трихлоретилен) для екстракції жирів із представленого зразку. Вміст жиру розраховують за масою залишкового екстракту.

Хід виконання: приготуйте пакетики з фільтрувального паперу та висушуйте їх у сушильній шафі, охолодіть в ексикаторі та зважте. Далі у цей пакетик помістіть наважку висушеного зразка (1-2 г), помістіть у бюкс та знову висушуйте при температурі 100 – 105 С⁰. Далі висушені зразки потрібно розмістити у ексикаторі апарата Сокслета, потім потрібно залити ефіром та залиште на ніч. Наступного дня долийте ефір з надлишком (об'єм надлишку від 25 до 50 см³).

Колбу апарата Сокслета розмістіть на водяній бані, нагрівати на помірному вогні. Ефір випаровується та піднімається у холодильник, де

конденсується та краплинками стікає у ексикатор, де розміщені зразки продукту. Після того як ексикатор заповниться ефіром він разом із розчиненим в ньому жиром почне стікати сифонною трубкою в колбу. Екстракція продуктів з високим вмістом жиру проводять близько 12 годин, якщо зразок продукту має малий вміст жиру то аналіз проводять приблизно 6 годин. Вміст жиру розраховують за формулою:

$$X = \frac{m - m_1 \cdot 100}{b}$$

де, x – вміст сирого жиру у зразку продукту %;

m – маса бюкса та пакетика з наважкою до екстрагування жиру;

m_1 – маса бюкса і пакетика після екстрагування та висушування;

b – наважка зразку в повітряно-сухому стані;

100 – коефіцієнт для перерахування у відсотках.

Метод Гербера – метод екстрагування (ефективний для молочних продуктів) [26, с. 15]. Візьміть 10 см³ досліджуваного зразка. Якщо продукт густий, то його можна попередньо розбавити. У градуйовану пробірку помістіть зразок та додайте 5 см³ сульфатної кислоти. Добре перемішайте до утворення емульсії. До пробірки додайте 2 см³ етилового ефіру. Вставте пробірку у центрифугу та центрифугуйте протягом 5-10 хвилин при 2000 оборотів / хв. Жир осяде на дні пробірки. Далі виміряйте жир у градуйованій пробірці. Розрахунок ведіть за формулою:

$$X = \frac{V_{\text{жиру}}}{V_{\text{зразка}}} \cdot 100 \%, \text{ де}$$

$V_{\text{жиру}}$ – об'єм жиру;

$V_{\text{зразка}}$ – об'єм зразка.

Рідинна хроматографія визначення жирів у продуктах харчування [27, с. 112].

Візьміть певну масу зразка (від 5 до 10 г) рідкого чи твердого зразку. Якщо зразок твердий то його потрібно подрібнити та розбавити. До зразку додайте органічний розчинник у співвідношенні 1:2. Змішайте то перенесіть на ватний фільтр для відділення рідкої фази від твердої. Якщо

потрібно визначити вміст жирних кислот то проведіть метилювання (до зразку додайте екстракт з метанолом та реакційний агент (хлоридна кислота) та нагрійте. Після підготовки зразка (екстракція чи метилювання) виведіть його на рідинний хроматограф через автосемплер. Всі компоненти проходять через колонку та розподіляються за хімічними та фізичними властивостями. Утворюється хроматографа, де площа піків пропорційна кількості кожного компонента. Порівняйте прощу піків з відомими стандартами. Розрахунок вмісту жирів ведіть за формулою:

$$X = \frac{A}{B} * 100 \%,$$

де А – площа піку жиру на хроматограмі, В – площа піку стандарту.

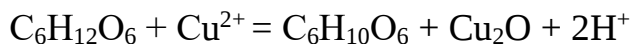
Вибір методу визначення вмісту жирів у продуктах харчування залежить від багатьох факторів: типу продукту, точності аналізу, доступності обладнання та ресурсів, затрату часу. Доступними методами є гравіметричні методи (наприклад: метод Соклета).

Найбільш ефективними є хроматографічні та спектроскопічні методи аналізу (представлені у додатку А), які забезпечують високу точність та можливість отримання детальної інформації про склад жирів у продуктах харчування.

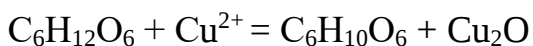
2.2.3. Аналіз вмісту цукрів. Аналіз цукрів є важливим елементом для оцінки якості та безпеки продуктів харчування. Вуглеводи, як білки та жири мають свої специфічні методи аналізу, які відрізняються між собою точністю, чутливістю та витратами на їх реалізацію. Більш детально їх розглянемо:

- Метод Фелінга – метод визначення редуційних цукрів у розчині Фелінга після нагрівання, внаслідок утворення червоного осаду, що підтверджує цукру в зразку.

- Метод Бертрана – аналогічний методу Фелінга. Принцип методу заснований на реакції із приготовленим розчином Бертрана (який містить купрум (II) сульфат, натрій гідроксид та тартрат натрію) та на реакції окиснення цукрів (редукційні цукри відновлюються з купрум (I) до купрум (II), з утворенням червоного осаду:



- Седиментаційне осадження – гравіметричний метод визначення цукрів у твердих продуктах харчування. Хімізм процесу: осадження іонами металів (часто використовують метали Cu^{2+} або Pb^{2+} , що здатні реагувати з функціональними групами цукрів.



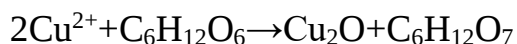
- ІЧ-спектрофотометрія – метод, що використовується для визначення цукрів на основі молекулярної вібрації. Даний метод є ефективним для ідентифікації та аналізу складу основних видів цукрів. Принцип методу базується на здатності цукрів поглинати інфрачервоне випромінювання. Різні функціональні групи мають свої характерні області поглинання (гідроксильна група поглинається в межах 3200-3600 cm^{-1} ; карбонільні групи ($\text{C}=\text{O}$) – в межах 1700 cm^{-1} ; метиленові групи ($-\text{CH}_2$) – в межах 2800-300 cm^{-1} .

- Рідинна хроматографія – метод аналізу для визначення цукрів. Принцип методу: зразок вводять в колонку, його компоненти взаємодіють зі стаціонарною фазою на різних рівнях, що дозволяє розподілити їх залежно від фізико-хімічних властивостей (заряд, розміри та ступінь поляризації). Після виходу із колонки компоненти реєструються детектором, що дозволяє ідентифікувати їх.

Нижче приведемо методики визначення цукрів у харчових продуктах (частина з них представлено у додатку А).

Метод Фелінга – класичний метод, який базується на титриметричному кількісному визначенні цукрів (глюкози та фруктози) у

продуктах харчування [28, с. 65]. Відбувається реакція, в ході якої альдегідні групи відновлюють іони купруму:



Приготування розчинів: Фелінга А (розчинити купрум (II) сульфату масою 34,64 г у 1 літрі дистильованої води). Фелінга В (розчинити 173 г бітартрату натрію в 1 літрі дистильованої води, додати 50 г натрій гідроксиду).

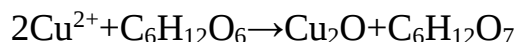
Хід роботи: У пробірку налити 1 см³ розчину Фелінга А та 1 см³ Фелінга В. Змішати обидва розчини до отримання однорідної суміші. До отриманого розчину додати 1-2 см³ досліджуваного зразку. Нагріти суміш у водяній бані протягом 2-3 хвилин. Не допускайте перегріву. Після нагрівання вміст пробірки змінює колір розчин змінює колір з блакитного на червоний, жовтий або зелений. Наявність кольору є свідченням наявності цукрів.

Седиментаційне осадження нерозчинних цукрів з використанням етанолу [29, с. 199].

Візьміть 10 г твердого зразка. Подрібніть зразок до однорідного порошку за допомоги ступки. Подрібнений зразок помістіть у колбу та додайте 100 см³ дистильованої води, перемішайте. Нагрійте суміш на водяній бані при температурі 60-70 С⁰ протягом 30 хвилин. Періодично перемішуйте для рівномірного прогрівання. Далі залиште суміш до повного охолодження та осідання утвореного осаду. Процідить через фільтрувальний папір. Залиште осад на фільтрувальному папері. До отриманого фільтрату додайте 50 см³ етанолу при цьому цукри у вигляді нерозчинних сполук осаджуються. Перемішуйте до утворення максимального осаду. Проціджуйте через фільтрувальний папір. Отриманий осад промийте етанолом. Осад перенесіть у порцелянову тарілку та висушуйте в сушильній шафі до утворення постійної маси. Після сушки охолодіть осад в ексікаторі. Далі зважте отриманий осад. Розрахуйте вміст цукрів:

$$X = \frac{m_{\text{осаду}}}{m_{\text{проби}}} \times 100 \%,$$

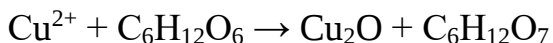
Метод Бертрана – найпоширеніший гравіметричний метод визначення вмісту редукуючих цукрів (наприклад, глюкози) у продуктах харчування [29, с. 197]. Принцип методу: метод заснований на реакції взаємодії цукрів з купрум (II) сульфатом у лужному середовищі, внаслідок чого утворюється осад купрум (I) оксид.



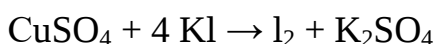
Хід аналізу: візьміть 10 г харчового зразка та подрібніть. Подрібнений зразок помістіть у колбу та додайте 100 см³ дистильованої води, перемішайте. Нагрійте суміш на водяній бані при температурі 60-70 С⁰ протягом 30 хвилин. Періодично перемішуйте для рівномірного прогрівання. Процідіть розчин. У колбу до 25 см³ фільтрату додайте 5 см³ розчину купрум (II) сульфату та додайте 10 см³ натрій гідроксид. З метою стабілізації міді у розчині додайте 5 см³ бітартрату. Нагрівайте утворену суміш на водяній бані до появи червоного осаду купрум (I) оксиду. Процідіть через фільтрувальний папір. Осад промийте дистильованою водою з метою видалення залишків. Осад висушіть при температурі 105 С⁰.

Хімізм методу. Іони Купруму відновлюються до купрум (I) оксиду (Cu₂O), який потім перетворюється в розчині сіль купрум (II) сульфат.

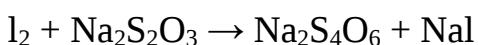
1. Відновлення $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O}$ редукуючими цукрами:



2. Титрування йодом:



3. Титрування натрій тіосульфатом (за яким визначають кількість йоду):



Більше методик щодо визначення вмісту цукрів у продуктах харчування представлено у додатку А. Розглянувши існуючі методики

визначення вмісту цукрів у продуктах харчування, дійшли висновку, що найоптимальнішим та найпоширенішим метод є метод Бертрана. Проте, для більш точного та комплексного визначення цукрів у складних зразках варто використовувати спектрофотометричні та хроматографічні методи.

Тобто, можемо зробити висновок, що вибір методів дослідження на пряму залежить від специфіки та складні виконання досліджень, потреб у більшій точності та доступності тих чи інших реагентів для виконання аналізу. При здійсненні контролю за якістю харчових продуктів важливо користуватися загальним принципом, в основі якого лежить: прості (класичні) методи для здійснення первинного аналізу, тоді коли складні методи– для більш точного контролю якості продукту (при біохімічних дослідженнях). Перевагу все ж таки слід надавати комплексному підходу, що передбачатиме проведення як простих так і складних аналізів, що дозволить аналітикам отримати більш точну та ґрунтовну картину складу продуктів харчування. [30].

РОЗДІЛ 3

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

3.1. Переваги і недоліки методів аналізу харчових продуктів

Здійснення порівняльного аналізу методів дослідження білків, жирів та вуглеводів є необхідним кроком у процесі контролю якості продуктів харчування, що забезпечуватиме безпечність, відповідність стандартам та ефективність їх використання на виробничих підприємствах. Порівняльний аналіз дозволить обрати найкращі практики для забезпечення високої якості продуктів. Порівняльний аналіз здійснювали за трьома основними напрямками: аналіз основних методів контролю білків; аналіз основних методів контролю жирів та аналіз основних методів контролю вуглеводів. Порівнювали основні переваги та недоліки, сферу використання та основний принцип дії кожного з методів. Порівняльний аналіз методів виявлення білків у продуктах харчування (табл. 3.1.) [31, 32]

Таблиця 3.1

Методи виявлення білків у продуктах харчування та їх характеристики

Методи	Принцип дії	Переваги	Недоліки
<i>Метод К'ельдаля</i>	Титриметричний метод. Загальний вміст білка за вмістом в ньому Нітрогену.	Класичний метод; висока точність виконання	Довготривалий; дороговартісний: потребує спеціального обладнання.
<i>Біуретовий метод</i>	Фотометричний метод. Кольорова реакція взаємодія білків з солями купруму у	Швидкий у виконанні;	Залежність від виду білка;

Продовження таблиці 3.1

	лужному середовищі.	не вимагає спеціального обладнання.	менш точний у порівнянні з іншими методами.
<i>Метод Лоурі</i>	Метод кількісного визначення білків, що базується на взаємодії білків з іонами міді та реактивом Фоліна-Чокалтеу	Не складний протокол проведення; висока чутливість	Інтерференція з іншими речовинами; довготривалий
<i>ІЧ-спектроскопія</i>	Вимірювання ступеня поглинання світла розчином.	Можливість аналізу складних білків; висока точність.	Багатоетапний метод; дороговартісний-потребує спеціального обладнання
<i>Рідинна хроматографія</i>	Кількісний аналіз білків	Висока точність; можливість розділення кількох видів білків;	Складність виконання; дороговартісний: потребує спеціального обладнання

Вибір методу залежить від типу продукту, необхідності точності та доступності ресурсів. Для аналізу можна використовувати наступні класичні методи: метод К'ельдаля та біуретовий метод, які є простими у виконанні та точними у розрахунках. Тоді як для проведення стандартизованих вимірювань повинні використовуватися спектрофотометричні та хроматографічні методи, що вважаються найбільш точними, але найдорожчими та вимагають більш складніших процедур.

Порівняльний аналіз основних методів виявлення жирів у продуктах харчування (табл. 3.2.) [32, 33]

Таблиця 3.2

**Методи виявлення жирів у продуктах харчування та їх
характеристики**

Методи	Принцип дії	Переваги	Недоліки
Метод Сокслета	Гравіметричний метод Екстракція жирів за допомоги органічних розчинників	Визначається загальний вміст жирів; швидкий та простий.	Небезпечні розчинників; обмежений спектр вияву жирів.
Метод Келлера	Виявлення жирів шляхом реакції гідрозі з подальшим осадженням.	Точність вимірювання; класична з методика з доступними реагентами.	Довготривалий; трудомісткий метод;
Метод Гербера	Екстракційний метод. Виявлення жирів шляхом реакції гідролізу.	Швидкий та простий у використанні. Доступний у виконанні.	Специфічний (лише для молоковісних продуктів)
ІЧ-спектрофотометрія	Вимірювання поглинання світла розчином з жирами	Висока точність та чутливість методу.	Складність розрахунків; трудомісткість; необхідність калібрування; дороговартісний
Рідинна хроматографія.	Хроматографічні методи. Розподілення жирів за допомоги рідинної хроматографії.	Висока точність; можливість визначення декількох типів жирів	Висока вартість потребує спеціального обладнання та реагентів.

Здійснивши порівняльний аналіз, дійшли висновку, що для контролю якості за харчовими продуктами варто використовувати: гравіметричні методи (метод Сокслета), метод Гербера (якщо мова йде

про молочні продукти). Коли ж мова йде про наукові дослідження тоді краще за все використовувати більш точні методики: хроматографічні та спектрофотометричні методи аналізу, які забезпечать найвищу точність та детальний аналіз продуктів харчування.

Порівняльний аналіз основних методів виявлення цукрів у продуктах харчування (табл. 3.3.) [32, 33, 34]

Таблиця 3.3

Методи виявлення цукрів у продуктах харчування та їх характеристики

Методи	Принцип дії	Переваги	Недоліки
Метод Фелінга	Титриметричний метод. Визначення редукуючих цукрів (глюкоза / фруктоза) за допомогою реакції з купрум (II) сульфатом.	Простий та швидкий; не є дороговартісним методом	Ефективний лише для виявлення редукуючих цукрів.
Седиментаційне осадження	Аналіз нерозчинних цукрів з використанням етанолу.	Можливість вияву широкого спектру цукрів. Швидкість виконання	Довготривалий; трудомісткий. Недостатній ступінь осадження
Метод Бертрана	Гравіметричний метод. Визначення загального вмісту цукрів через реакцію гідролізу та подальшим осадженням.	Висока точність. Можливість виявляти всі види цукрів.	Дороговартісний; трудомісткий;

Продовження таблиці 3.3

Рідинна хроматографія	Кількісний аналіз цукрів	Найвища точність; повний аналіз цукрів	Дороговартісний; трудомісткий
ІЧ-спектрофотометрія	Вимірювання поглинання світла в розчині цукру	Висока точність; аналіз специфічних цукрів	Складність виконання; необхідність калібрування

Здійснивши порівняльний аналіз методів виявлення цукрів, дійшли висновку, що для контролю якості за харчовими продуктами варто використовувати: метод Фелінга, метод Бертрана, тому що вони є швидкими у виконання та мають досить високу точність отриманих результатів. З метою отримання більш точних результатів варто використовувати: спектрофотометричні (ІЧ-спектрофотометрія) та хроматографічні методи (рідинна хроматографія). Самі ці методи є найточнішими для аналізу цукрів, але поряд з цим вони також є дороговартісними, складними у виконанні та потребують висококваліфікованих спеціалістів.

Вибір методу аналізу з питань контролю якості та безпеки харчових продуктів повинен ґрунтуватися на принципах відповідності стандартам. Кожен з перерахованих вище методів аналізу білків, цукрів та жирів має свої переваги та недоліки, на основі яких роблять висновок про ефективність їх використання у різних ситуаціях на вітчизняних виробництвах.

Тобто при обрані методу аналізу варто обов'язково враховувати наступні критерії: точність та чутливість методу, яка визначає можливості методу для визначення меж концентрацій білків, жирів і цукрів відповідно до вимог стандартів та мінімальні похибки при аналізі (перевагу варто надавати хроматографічним та спектрофотометричним

методам аналізу); селективність методу на встановлення окремих представників, наприклад, вуглеводів; швидкість виконання досліджень (наприклад: метод К'ельдаля; біуретовий метод, метод Сокслета, метод Гербера, метод Фелінга, метод Бертрана); вартість та доступність лабораторного обладнання, що робить такі методи як хроматографія та спектрофотометричний метод менш вживаними [33, с. 60].

Попередній аналіз варто робити більш простими методами, а для підтвердження результатів використовувати вже більш складні та точні методики, що дозволяє оптимізувати процес контролю якості та тим самим підвищити ефективність [34, с. 46]. Тобто, обов'язково при обрані методу дослідження варто враховувати специфіку продукту, мету аналізу та доступність всіх ресурсів для здійснення контролю харчових продуктів.

3.2. Точність, чутливість та відтворюваність результатів

Аналіз білків, жирів та вуглеводів у харчових продуктах вимагає високої точності, чутливості та відтворюваності результатів. Самі ці параметри є досить важливі при проведенні дослідження, від них залежить ефективність обраного методу аналізу [35, с. 142-143]:

Точність результатів випробувань – важлива характеристика, яка дозволяє отримати максимально точний результат до реальних значень відібраного зразку.

Основні методичні рекомендації, щодо отримання точних результатів:

1. Використовувати каліброване обладнання;
2. Дотримуватися стандартних методик аналізу;
3. Систематично проводити контрольні випробування у досліджуваних зразках.

Чутливість результатів випробувань – важлива характеристика, яка дозволяє визначити здатність обраного методу аналізу виявляти низькі концентрації білків, жирів та вуглеводів. Основні параметри, що говорять про високу чутливість обраного методу дослідження:

1. Виявлення слідових кількостей компонентів (можливість вияву дуже малої концентрації речовин);
2. Інноваційні методи є високочутливими до вияву основних нутрієнтів (спектрофотометричні та хроматографічні методи).

Відтворюваність результатів дослідження – основна характеристика результатів, що обумовлена близькість отриманих результатів до повторних випробувань обраного зразку. Основні методичні рекомендації щодо покращення відтворюваності результатів дослідження:

1. Використовувати класичні процедури та протоколи;
2. Зберігати однакові умови під час здійснення аналізу (сталість температури, тиску та вологості);

Для досягнення високої точності, чутливості та відтворюваності результатів у методах виявлення основних нутрієнтів (білки, жири та цукри) у продуктах харчування потрібно обов'язково дотримуватися чітких методичних правил їх виконання, надавати перевагу сучасними та інноваційними методикам; систематично здійснювати контроль якості продуктів харчування.

Дотримання цих вимог дозволить отримати достовірні дані, що є основою процесу контролю за якістю та безпечністю продуктів харчування [36, с. 110].

Нижче представимо порівняльний аналіз основних методів оцінки вмісту білків, жирів та цукрів у харчових продуктах за такими критеріями: точність; чутливість вимірювання; особливості виконання та точний час виконання (табл. 3.4.) [35, 36, 37]

Таблиця 3.4

Порівняльний аналіз основних методів груп нутрієнтів

Методи	Час	Точність	Чутливість
Білки			
Метод К'ельдаля	2-8 годин	Висока	Середня
Біуретовий метод	До 1 години	Висока	Висока (для розчинів білків)
Метод Лоурі	До 1 години	Висока	Висока
Спектрофотометричні методи(ІЧ-спектрофотометрія)	1-2 години	Висока	Висока (за використання специфічних реагентів)
Хроматографічні методи (рідинна)	1-2 години	Дуже висока	Висока (виявляє сліdkові кількості)
Жири			
Метод Соклета	До 1 доби	Висока	Середня
Метод Келлера	До 1 доби	Висока	Середня
Гравіметричний метод	1-2 години	Висока	Середня
Спектрофотометричні методи(ІЧ-спектрофотометрія)	1-2 години	Висока (можливість визначення специфічних жирів)	Висока (адаптована до всіх типів жирів)
Хроматографічні методи (рідинна)	1-2 години	Дуже висока	Висока (виявляє сліdkові кількості).
Вуглеводи			
Метод Фелінга	1-2 години	Висока	Висока
Метод Бертрана	До 1 доби	Висока	Середня
Спектрофотометричні методи (ІЧ-спектрофотометрія)	До 1 доби	Висока	Висока (виявляє сліdkові кількості).
Хроматографічні (рідинна)	1-2 години	Дуже висока	Висока

Чутливість та точність аналізів визначення вмісту білків, жирів та цукрів варіюватиме в залежності від обраного методу аналізу. Для більш точного визначення основних нутрієнтів підходять хроматографічні та спектрофотометричні методи, тоді як метод К'ельдаля, метод Келлера, метод Соклета є гравіметричними методами визначення жирів, що мають досить обмежену чутливість [38, с. 167].

Вибір оптимальних методів для визначення вмісту основних нутрієнтів залежить від багатьох факторів: мети та цілей дослідження; специфіки дослідження; типу зразків; вимог щодо точності та чутливості методів аналізу, а також між можливостей лабораторії (наявність спеціального обладнання та ресурсів). Аналіз методів та їх порівняння дозволяють створити умови для більш ефективного моніторингу за якістю харчової продукції.

3.3. Рекомендації щодо використання методів для контролю якості харчових продуктів

В системі контролю за якістю продуктів в Україні на сьогодні існує велика кількість проблем. Серед найвагоміших [39, с. 32]:

1. слабка технічна озброєність та недосконалість нормативно-правової бази дослідження, що не відповідають європейським стандартам;
2. дублювання та паралелізм в роботі вітчизняних лабораторій;
3. відсутність кваліфікаційних співробітників – низька підготовка працівників спеціальних лабораторій.
4. великий рівень корупції, що веде до заниження або завищення показників якості продукції.
5. обмежені бюджетні ресурси для ретельного контролю за якістю харчових продуктів, в результаті чого зменшується кількість перевірок.
6. непрозорість в процесі сертифікації продукції та відсутність дієвих механізмів для моніторингу якості продуктів харчування.

З метою покращення контролю за якістю харчових продуктів в Україні потрібно реформувати нормативно-законодавчу базу, модернізувати інфраструктуру державних підприємств із залученням іноземних інвесторів та підвищити кваліфікацію співробітників. Всі ці

кроки є необхідними, особливо в умовах євроінтеграції. Відмітимо, що євроінтеграція дозволила українським виробникам вийти на європейські та світові ринки. Проте, щоб конкурувати із західною продукцією важливо відповідати високим стандартам якості [40, с. 32].

До основних аспектів євроінтеграції віднесемо [41, с. 77] :

- Високі стандарти якості (у відповідності до чинних документів систем управління якістю харчових продуктів);
- Висока конкурентоспроможність (відповідність європейським стандартам підвищить конкурентоспроможність українських виробників);
- Впровадження системи управління якістю (QMS), що суттєво підвищить ефективність вітчизняних виробництв;

Проаналізувавши основні проблеми та потреби українських підприємств (у відповідності до процесу євроінтеграції), встановили, що для успішного виходу на європейські ринки українські виробники повинні розробити ефективні методики аналізу, адаптувати технології та зосередитися на екологізації та безпечності харчових продуктів. Що в кінцевому результаті дозволить значно підвищити конкурентоспроможність української продукції на європейських та світових ринках [42, с. 420]

Нижче запропонуємо основні кроки у вирішенні проблем пов'язаних із системою контролю за якістю та безпекою харчових продуктів [43, 44]:

1. Встановити чіткі протоколи для здійснення усіх етапів контролю якості. Використовувати стандартні операційні процедури, що дозволять значно зменшити кількість помилок та тим самим підвищить ефективність контролю за якістю харчових продуктів;
2. Проводити систематичне навчання та підвищення кваліфікації фахівців, які займаються контролем якості, що вплине на процес активного впровадження інноваційних методів та технологій;

3. Активно працювати над впровадженням систем управління якістю продуктів в рамках процесу євроінтеграції на всіх етапах виробництва та обробки продуктів харчування.

4. Залучати іноземних інвесторів та впроваджувати нові технології, які дозволять автоматично здійснювати контроль за якістю харчових продуктів, обробляти отриманні результати дослідження;

5. Налагоджувати співпрацю із приватними лабораторіями для проведення більш якісного аналізу виробленої продукції, що допоможе забезпечити об'єктивність контролю.

6. Систематично здійснювати інформування споживачів про методи контролю та отриманими результатами, що дозволить значно підвищити довіру до бренду та продукції.

Запропоновані кроки у вирішенні проблем з контролю за якістю харчових продуктів дозволять значно підвищити якість та безпеку продукції [45, с. 230]. Саме комплексний підхід до вирішення поставлених проблем, активна інтеграція новітніх методів аналізу та підвищення ступеня кваліфікації співробітників вітчизняних підприємств сприятиме успішній євроінтеграції та виготовленню якісних та безпечних продуктів.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що сучасні вимоги до якості харчових продуктів охоплюють наступні питання: безпечність, відповідність нормативно-правовим стандартам, екологічні, етичні та харчові аспекти, що сприяють забезпеченню здоров'я споживачів. В Україні основні вимоги до якості харчових продуктів регулюються чинним Законом України «Про безпеку та якість харчових продуктів» в якому описані чіткі стандарти безпеки, маркування, обов'язки та вимоги до виробництва.

2. Розкрито аспекти контролю якості харчових продуктів в Україні, який здійснюється за вмістом основних нутрієнтів, таких як білки, жири та вуглеводи, які є постачальниками енергії організму людини, їх м'язів, мозку та клітин. Основні питання контролю якості та безпеки харчових продуктів в Україні пов'язують із нормативно-правовим регулюванням, системами нагляду, моніторингом ризику виникнення небезпечних продуктів харчування.

3. Відображено особливості пробовідбору при аналізі харчових продуктів. Встановлено, що методи відбору проб, їх зберігання та транспортування дозволять уникнути зміни властивостей у досліджуваних зразках, що є важливим для здійснення ефективного контролю за якістю харчових продуктів. Дотримання нормативів, правил та методів відбору забезпечить надійність проведених досліджень, а також складе основу безпеки продуктів харчування.

4. Здійснено порівняльний аналіз методів дослідження харчових продуктів на вміст білків, жирів та цукрів. Класичні методи – гравіметричний та титриметричні методи використовують для здійснення попереднього аналізу на виявлення відхилень, тоді як інструментальні методи (спектрофотометричні та хроматографічні) використовують для більш точного контролю якості продукту, проте вони вимагають більш складного обладнання та спеціалізованих знань. Вибір методу залежить

від конкретних цілей дослідження, точності та чутливості, характеристик аналізованих продуктів та доступності обладнання та ресурсів.

5. Досліджено основні характеристики кожного з методів аналізу та встановлені їх переваги та недоліки. Вибір оптимальних методів для визначення вмісту основних нутрієнтів залежить від багатьох факторів: мети та цілей дослідження; наявності специфічного обладнання; типу нутрієнту та його концентрацію у зразку. Правильність обрання методу забезпечуватиме високу точність та чутливість результатів дослідження. Для кількісного визначення основних нутрієнтів варто використовувати кількісні методи (гравіметричні), тоді коли для їх якісного визначення варто використовувати (спектрофотометричні та хроматографічні методи).

6. Розглянуто кроки у вирішенні проблем з контролю за якістю харчових продуктів, які дозволять значно підвищити якість та безпеку продукції, що на сьогодні є важливим для формування високого конкурентоспроможного рівня на вітчизняному та європейському ринках. Серед таких кроків варто виділити: діючі протоколи якості харчових продуктів; підготовка висококваліфікованих спеціалістів; залучення інвестицій; збільшення кількості організацій з управління якістю харчових продуктів; співпраця з більш розвиненими лабораторіями; систематичне інформування споживачів. Всі ці кроки сприятимуть успішній євроінтеграції та виготовленню якісних та безпечних продуктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дорохович А. М., Дорохович А. М., Мурзін А. В. Фізико-хімічні, технологічні, фізіологічні властивості поліолів та цукрів. *Харчова наука і технологія*. 2013. № 1. С. 73-76. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2013_1_26 (дата зведення 29. 09. 2024).
2. Законодавство Європейського Парламенту та Ради ЄС у сфері якості харчової продукції та ступінь врахування його вимог в законодавчій та нормативно-правовій базі України. URL: https://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/fakultety/Tovarovna_vcho_Komerciyny/Nauka/conference_TUSO_2020_1_.pdf (дата зведення 29. 09. 2024).
3. Закон України «Про безпечність та якість харчових продуктів» від 06. 09. 2005 р. № 2809 – IV. URL : <https://www.rada.gov.ua> (дата зведення 29. 09. 2024).
4. Висновок на проект Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо харчових продуктів» № 4179а від 27.06.2014 р. Верховна Рада України. URL: <https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc34?id=&pf3511=51514&pf35401=307791> (дата зведення 29. 09. 2024).
5. Хацевич О. М., Складанюк М. Б. Хімія та аналіз харчових продуктів: Лабораторний практикум. Навчально-методичний посібник. Івано-Франківськ: Вид. Супрун В. П., 2019. 105 с. URL: <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/CHEMISTRY-AND-ANALYSIS-OF-FOOD-PRODUCTS.pdf> (дата зведення 29. 09. 2024).
6. Загальні технології харчових виробництв : підруч. / А. І. Українець, М. М. Калакура, Л. Ф. Романенко, В. А. Домарецький, О. О. Василенко, Л. М. Хомічак. К: Університет «Україна», 2010. 814 с. ISBN 978-966-388-318-2.

7. Контроль якості продуктів харчування та харчування добавок. Модуль 1: навч.-метод. посібник для студентів 5 курсу фармацевтичного факультету спеціальності «Фармація» / уклад. : С. О. Васюк, А. С. Коржова, Ю. В. Монайкіна. Запоріжжя : ЗДМУ, 2017. 131 с. URL:

<http://dspace.zsmu.edu.ua/bitstream/123456789/7566/1/Контроль%20якості%20прод.%20харч..pdf> (дата зведення 29. 09. 2024).

8. Харчова хімія. Тексти лекцій для студентів напрямку підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» / уклад: Гуменюк О. Л. Чернігів : ЧДТУ, 2013. 244 с. URL: <http://ir.stu.cn.ua/bitstream/handle/123456789/12369/Харчові%20добавки.Тексти%20лекцій.pdf> (дата зведення 29. 09. 2024).

9. Pouch T. Trouve A. Deregulation and the crisis of dairy markets in Europe: fact for economic interpretation. *Studies in Political Economy*. 2018. № 99. P. 194-212. URL: <https://doi.org/10.1080/07078552.2018.1492216> (дата зведення 29. 09. 2024).

10. Mysyuk M., Zakhodym M., Susharnyk Y., Reznik N. Problems of Food Security in Modern Conditions of Ukraine. *International Journal of Advanced and Science and Technology*. 2020. № 29. P. 4606-4613. URL: [URL:http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/17171](http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/17171) (дата зведення 29. 09. 2024).

11. Граф Х.-В., Сидоренко А. Споживацтво в сучасному світі. *Якість і безпечність харчових продуктів і сировини – проблеми сьогодення: матеріали міжнародної конференції*. Львів: Видавництво «Растр-7», 2020. С. 217-218. URL: https://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/fakultety/Tovaroznachcho_Kommerciyny/Nauka/conference_TUSO_2020_1.pdf (дата зведення 29. 09. 2024).

12. Якість та безпечність харчової продукції та сировини – проблеми сьогодення. *Матеріали міжнародної конференції: тези*

доповідей / за заг ред. П. О. Куцик. Львів: видавництво «Растр-7», 2020. 225 с. URL: https://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/fakultety/Tovaroznachcho_Kommerciyny/Nauka/conference_TUSO_2020_1_.pdf (дата зведення 29. 09. 2024).

13. Брулевич В. Безпечність харчових продуктів за законодавством України та Європейського Союзу. *Судова апеляція*. 2016. № 2. С. 75-83. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Suap_2016_2_11 (дата зведення 29. 09. 2024).

14. Морозова М. Базисні елементи в системі гарантування якості та безпечності у виробництві харчової продукції. *Якість та безпечність харчової продукції – проблеми сьогодення*: матеріали міжнародної конференції: Львів. Видавництво «Растр-7», 2020. С. 16-18. URL: https://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/fakultety/Tovaroznachcho_Kommerciyny/Nauka/conference_TUSO_2020_1_.pdf (дата звернення 29. 09. 2024).

15. Сокур Т. Перехід на європейську модель контролю якості та безпечності харчових продуктів в Україні. *Національний Юридичний журнал*. 2018. № 2. С. 128-132. URL: <https://ibn.idsi.md/en/cautare?find=35.072.2%3A612.392%3A005.336.3%28477%29> (дата зведення 29. 09. 2024).

16. Терещенко М. Державний контроль: сутність, основні підходи та концепція. *Вчені записи ТНУ ім. В. І. Вернадського. Серія: Державне управління*. 2019. № 4. С. 117-121. URL: https://www.pubadm.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/4_2019/23.pdf (дата зведення 29. 09 .2024).

17. Parfenova M. J., Babishin V. D., Sekerin V. D. Methodology making management decisions based on a modified Ramsey model. *Asian Social Science*. 2014. № 10. P. 292-301. URL: https://www.researchgate.net/publication/269668343_Methodology_Making

Management Decisions Based on a Modified Ramsey Model

(дата

зведення 29. 09. 2024).

18. Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, ветеринарну медицину та благополуччя тварин: Закон України від 18.05. 2017 № 2042-VIII. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2042-19#Text> (дата зведення 29. 09. 2024).

19. Решта С. П., Пилипенко Л. М., Данилова О. І. Фізіологічні аспекти якості харчових продуктів: навчальний посібник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 334 с. URL: <https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/58c63c55-f3df-4311-9889-561963d168aa/content> (дата зведення 29. 09. 2024).

20. Гуць В. Сучасні методи визначення якісних показників харчових продуктів. *Prospective and priority directions of scientific research in technical and agricultural scientific research in technical and agricultural sciences*. 2023. С. 248-272. URL: https://www.academia.edu/121317400/СУЧАСНІ_МЕТОДИ_ВИЗНАЧЕННЯ_ЯКІСНИХ_ПОКАЗНИКІВ_ХАРЧОВИХ_ПРОДУКТІВ (дата зведення 29. 09. 2024).

21. Методи контролю продукції харчових виробництв: опорні конспекти лекцій для студентів освітнього ступеня бакалавр спеціальності 181 «Харчові технології» спеціалізації «Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів / укл. : О. М. Постнова, К. Р. Касабова, Н. В. Гревцева, Н. В. Шматченко. Х.: ХДУХТ, 2018. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/7323/1/Control%20methods_KL_18.pdf (дата зведення 29. 09. 2024).

22. Ромоданова В. О. Методи контролю харчових виробництв: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів К.: Університет «Україна», 2012. 216 с. ISBN 978-966-388-416-5.

23. Експрес-методи дослідження безпечності та якості харчових продуктів : навч. посібник / за заг. ред. В. В. Євлаш, С. О. Самойленко: Н. О. Отрошко. Х.: ХДУХТ, 2016. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/4143/1/17_Kharchova%20Chemistry_181.pdf (дата зведення 29.09. 2024).

24. Самойленко С. О., Губський С. М. Сучасні методи дослідження сировини та харчових продуктів: конспект лекцій. Х.: ХДУХТ, 2019. 73 с. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/4114/1/Modern%20methods_181.pdf (дата звернення 29. 09. 2024).

25. Методи аналізу сировини та продукції харчових виробництв. Лабораторний практикум для студентів спеціальності 181 – Харчові технології / Укл.: Челябієва В. М. Чернігів: ЧНТУ, 2019. 53 с. URL: <http://ir.stu.cn.ua/bitstream/handle/123456789/18409/Методи%20аналізу%20сировини%20та%20продукції%20харчових%20виробництв.%20%28Частина%20I%29..pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата зведення 29. 09. 2024).

26. Brorawski P., Dunn J, Harper J. The intra-european union trade of milk and dairy products. *Acta Scientiarum Polonorum. Oeconomia*. 2019. № 18. Р. 13-23. URL: <https://doi.org/10.22630/ASPE.2019.18.2.15> (дата зведення 29. 09. 2024).

27. Кравченко Т. В. Методи контролю якості харчової продукції: методичні рекомендації для самостійної роботи студентів. Умань : ФОП Жовтий О. О. 2015. 187 с. URL: https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/14257/1/Metody_kontroliu.pdf (дата зведення 29. 09. 2024).

28. Данилюк А. В. Характеристика безпечності та якості харчових продуктів через призму державного контролю. *Юридична*

наука. 2020. № 7. С. 60-66. URL: <https://doi.org/10.32844/10.32844/2222-5374-2020-109-7.08> (дата зведення 29. 09. 2024).

29. Касянчук В. В. Статистична оцінка безпечності харчових продуктів як інтегрований підхід до забезпечення здорового харчування населення. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького*. 2010. № 2. С. 195-199. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnu_2010_12_2%284%29_40 (дата зведення 29. 09. 2024).

30. Про затвердження Положення про Державну службу України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів: Постанова Кабінету Міністрів України від 02. 09. 2015 р. № 667. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/667-2015-%D0%BF#Text> (дата зведення 29. 09. 2024).

31. Кузьмін О. В., Дяченко Т. Б. Вплив якості харчових продуктів на рівень життя. *Якість і безпека харчових продуктів*: тези доп. III Міжнар. наук.-практ. конф. К.: НУХТ. 2017. № 1. С. 46-47. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/1f6903c7-9d89-4789-8b97-bc3af2da20af/content> (дата зведення 29. 09. 2024).

32. Зозуля І. В. Безпечність та якість продуктів в Україні в умовах євроінтеграції : питання удосконалення законодавства. *Форум права*. 2017. № 4. С. 80-86. URL: <https://dspace.univd.edu.ua/browse/author?startsWith=ORCID:%09http:%2F%2Fforcid.org%2F0000-0002-3507-0012> (дата звертання 29. 09. 2024).

33. Галкіна О. М. Сучасний стан нормативно-правового забезпечення безпечності та якості харчових продуктів в Україні. *Науковий вісник публічного та приватного права*. № 1. 2017. С. 60-64. URL: <http://www.nvppp.in.ua/vip/2017/1/15.pdf> (дата зведення 29. 09. 2024).

34. Козій Т. В. Вдосконалення системи контролю безпечності харчових продуктів в Україні. *Економічний вісник університету*. 2017.

№ 35. С. 41-46. URL: <http://www.nvppp.in.ua/vip/2017/1/15.pdf> (дата зведення 29. 09. 2024).

35. Крачковський Р. Я. Поняття безпечності харчових продуктів та напрямків її забезпечення. *Матеріали Міжнародної наукової конференції «Міждисциплінарні наукові дослідження: особливості та тенденції»*. 2020. С. 142-143. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/33566> (29. 09. 2024).

36. Пазинчук О. О. Аналіз білків, жирів, вуглеводів у раціонах харчування спортсменів стрільців з лука. *Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова. Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт)*. 2019. № 5. С. 109-113. URL: <http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/24160> (дата зведення 29. 09. 2024).

37. Біоорганічна хімія. Практикум : навч. посіб. / Л. І. Остапченко, І. В. Компанець, О. В. Скопенко. К.: ВПЦ «Київський університет». 2019. 400 с. URL: https://biomed.knu.ua/images/stories/Kafedry/Biochimiya/Biblioteka/Ostapchenko_Kompanets_-_Bioorganichna_himiya_praktykum_compressed.pdf (дата зведення 29. 09. 2024).

38. Технологічна експертиза харчової продукції: навч.-метод. посібник / укл. В. М. Федорів, І. М. Ковбаса, В. В. Дійчук. Чернівці. 2020. 182 с. URL: https://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/32674/1/Techologyecspert_2020.pdf (дата зведення 29. 09. 2024).

39. Волощук А. Г., Горлій А. С. Хімічний аналіз продуктів харчування : метод. рекомендації до лаб. робіт. Чернівці. 2013. 32 с. URL: <https://archer.chnu.edu.ua/handle/123456789/3705> (дата зведення 29. 09. 2024).

40. Воробець М. М., Кобаса І. М., Сачко А. В. Методи контролю якості харчових продуктів. Метод. рекомендації до лабораторних робіт.

2013. 32 с. URL: <https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/3709> (дата зведення 29. 09. 2024).

41. Інструментальні методи аналізу харчової продукції: навчально-методичний посібник / укл.: А. В. Сачко, В. В. Дійчук, М. М. Воробець, О. В. Сема. Чернівці: Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича. 2020. 80 с. URL: <https://archer.chnu.edu.ua/handle/123456789/3168?show=full&locale-attribute=en> (дата зведення 29. 09. 2024).

42. Borawski P., Pawlewicz A., Parzonko A., Harper J. K. Factors Shaping Cow`s Milk Production in the EU. *Sustainability*. 2020. № 12. Р. 420. URL: <https://doi.org/10.3390/su12010420> (дата зведення 29. 09. 2024).

43. Рахман М. С. Аналіз ринку молока та молочної продукції України. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Серія Економіка*. 2021. № 101. URL: [file:///C:/Users/pc/Downloads/18315-Article%20Text-35764-1-10-20220119%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/pc/Downloads/18315-Article%20Text-35764-1-10-20220119%20(1).pdf) (дата зведення 29. 09. 2024).

44. Glyphosate in chicken poop used as fertilizer is hurting food production, researchers say. URL: <https://usrtk.org/pesticides/glyphosate-in-chicken-poop-usedas-fertilizer-is-hurting-food-production-researchers-say/> (дата звернення 29. 09. 2024).

45. Протасова Л. В. Аналіз виробництва молока та молочних продуктів в Україні. *Міжнародний збірник праць*. 2020. Випуск № 1. С. 229-234. URL: <https://eztuir.ztu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/5122/1/24.pdf> (дата зведення 29. 09. 2024).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Методики визначення білків, жирів та вуглеводів у харчових продуктах

1. Спектрофотометричний метод визначення білків

Суть методу. Полягає у зв'язуванні з білками одного з кислих барвників кумасі синього, який виробляють у двох модифікаціях: R-250 і G-250. При зв'язуванні з білками спектр поглинання барвника змінюється: інтенсивність забарвлення залежить від концентрації білка в пробі, а в діапазоні 1 – 10 мкг/см³ ці зміни дають лінійну залежність.

Реактиви стандартний розчин білка, що містить його 0,05 мг/см³, етанол (95 %), фосфорна кислота (85 %). Розчин барвника кумасі синього, який виготовлений за одним із двох варіантів:

Хід аналізу

- при визначенні білка 1,5 см³ дослідного розчину, що містить від 10 до 50 мкг білка, змішують з 1,5 см³ розчину Бредфорда;
- через 20...30 хв. вимірюють поглинання світла при 595 нм, використовуючи як нульовий (контрольний) розчин пробу, що не містить білків;
- концентрацію білка в пробі визначають за допомогою калібрувального графіка, який будують на основі ряду точно виготовлених білкових розчинів;
- для виготовлення останніх використовують кристалічний препарат чистого білка;

Якщо мають справу з концентрованими білковими розчинами (>5 мг/см³), зручніше брати 1,5 см³ води або розбавленого розчину хлористого натру, додати дослідний розчин мікролітровим шприцем, розчин ретельно перемішати і потім до нього додати барвник. Концентрований білковий розчин при контакті з барвником утворює осад. Реактив А дає більш високе поглинання, ніж реактив Б, але він менш стійкий при зберіганні.

Побудова калібрувального графіка

Використовують кристалічний препарат чистого дослідного білка, білок яйця або альбумін сироватки.

- 30 мг білка розчиняють в 100 см³ води (розчинність 100 %);
- з цього розчину відбирають серію пробірок відповідно 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 см³ розчину білка;
- в кожную пробірку додають по 1,5 см³ дистильованої води;
- розчини містять відповідно від 10 до 70 мкг білка;
- в кожную пробірку додають по 1,5 см³ розчину Бредфорда;
- через 5...10 хв. вимірюють оптичну густину при 595 нм, використовуючи як контроль пробу, що не містить білок;

В описаній методиці D₅₉₅ лінійно залежить від кількості білка в інтервалі від 10 до 50 мкг.

2. Визначення білка за методом Лоурі

Реактиви: ацетон, етиловий етер сульфатної кислоти (етилсульфат), трихлороцтова кислота (2% та 5 %), ортофосфорна кислота, хлоридна кислота, їдкий натр (0,5 н), натрій або калій гідротартрат, купрум сульфат, натрій вольфрамат, натрій молібдат, літій сульфат, бромна вода, кристалічний білок.

Реактив А (2 % розчин Na_2CO_3 у 0,1 н NaOH : 20 г Na_2CO_3 в 1000 см³ 0,1 н розчину NaOH . Розчин готують в день проведення аналізу.

Реактив В (0,5 % розчин $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в 1 % розчині натрій або калій гідротартрату): 10 г $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ($\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$) розчиняють в 300 см³ дистильованої води. В цей розчин додають 5 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, після розчинення реактиву об'єм суміші доводять до 1000 см³ дистильованою водою. Розчин виготовляють в день проведення аналізу.

Реактив С: перед визначенням готують суміш 50 см³ реактиву А змішують з 1 см³ реактиву В.

Реактив Фоліна – Чокальтеу: в круглодонну колбу на 1500...2000 см³ вносять 100 г натрій вольфрамату і 25 г натрій молібдату, розчиняють їх в 700 см³ дистильованої води.

До розчину додають 50 см³ 85 %-ї фосфорної кислоти і 100 см³ концентрованої хлоридної кислоти. Колбу з'єднують із оберненим холодильником і суміш кип'ятять при слабкому нагріванні на сітці 10 годин. Після закінчення кип'ятіння в колбу додають 150 г літій сульфату, 5 см³ води та 5 крапель бромної води. Суміш кип'ятять без холодильника 15 хв. у витяжній шафі. Потім розчин охолоджують до кімнатної температури, доводять об'єм водою до 1000 см³, фільтрують і зберігають в темній склянці з притертим шліфом. В одержаному реактиві визначають кислотність. Для цього реактив розводять в 10 разів і титрують 0,1 н NaOH по фенолфталеїну.

Реактив Е готують з реактиву Фоліна розведенням останнього дистильованою водою до 1 н розчину (за кислотою). Наприклад, при титруванні реактиву Фоліна його кислотність становила 2,3 н, то для виготовлення реактиву Е необхідно брати 10 см³ реактиву Фоліна і 13 см³ дистильованої води. Реактив Е зберігається тривалий час.

Підготовка матеріалу

- 100 см³ ліофільно висушеного або фіксованого іншим методом матеріалу заливають холодним ацетоном, суспензують;

- центрифугують з охолодженням 5 хв. при 3000 об/хв. Цю операцію повторюють 2...3 рази до повного виділення пігментів;

- осад промивають етилсульфатом і знову ацетоном,

- осад без пігментів настоюють при охолодженні 30 хв з 5 %-вою трихлороцетовою кислотою;

- центрифугують, потім осад промивають 2 % -вою трихлороцетовою кислотою;

- промитий осад розчиняють в 2 см³ 0,5 н NaOH протягом 5 хв. на киплячій бані;

- центрифугують, осад вдруге промивають 5 см³ NaOH ,

- в реакційну суміш беруть 0,1 см³ розчину (оптичну густину дослідного матеріалу визначають експериментально).

Хід аналіза

- до 0,1 см³ досліджуваного розчину додають 0,9 см³ дистильованої води, 5 см³ реактиву С,

- суміш ретельно перемішують і залишають при кімнатній температурі на 10 хв.;

- в кожену пробірку доливають 0,5 см³ реактиву Е і проби залишають при кімнатній температурі на 30 хв. для розвитку забарвлення;

- в присутності білка жовте забарвлення поступово змінюється на синє;

- інтенсивність забарвлення вимірюють на спектрофотометрі при 750 нм;

- концентрацію білка в пробі визначають за допомогою калібрувального графіка.

Побудова калібрувального графіка

- використовують кристалічний препарат чистого білка, найчастіше яєчний альбумін;

- 30 мг білка розчиняють в 100 см³ води;
- з цього розчину відбирають в серію пробірок відповідно по 0,1, 0,3, 0,5, 0,7 та 0,9 см³ розчину білка;
- додають 5 см³ реактиву С, витримують 10 хв, потім 0,5 см³ реактиву Е;
- залишають розчин на 30 хв.;
- вимірюють його оптичну густину на спектрофотометрі при 750 нм.

Розрахунки

концентрацію білка X (мг/г) в дослідному розчині обчислюють за формулою:

$$X = \frac{A \cdot V}{V_1 \cdot P}$$

де А – кількість білка в мг в 1 см³ дослідного розчину (визначають за калібрувальним графіком);

V – об'єм, в якому розчинена наважка, см³;

V₁ – кількість вихідного розчину, що взятий для визначення, см³;

P – наважка, г.

За кінцевий результат випробувань приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень, допустима абсолютна розбіжність між якими не повинна перевищувати 0,10%.

3. **Метод Бетрана (визначення цукрів).** Метод кількісного визначення вмісту цукрів базується на здатності редукуючих цукрів, які мають вільну альдегідну або кетонну групу, відновлювати в лужному середовищі сірчаноокислу мідь у закисну. Осад закису міді розчиняють у сірчаноокислому залізі у присутності сульфатної кислоти. При цьому закис міді окиснюється залізом, відновлюючи його в закисне, а останнє окиснюється розчином перманганату калію.

Підготовка до проведення вимірювань

Відбір середньої проби та підготовка її до аналізу виконують згідно нормативів. Проби, які надходять у лабораторію повинні бути без пошкоджень і змін якості продукту при транспортуванні та зберіганні.

Хід аналізу:

- з подрібненої, добре перемішаної середньої проби беруть по дві наважки, кладуть у відтаровані чашки і зважують на технічних терезах з точністю до 0,01 г (можна брати по одній наважці кожної проби, але із однієї проби на серію, досліджувану впродовж дня, беруть дві наважки. Якщо паралельні визначення при цьому не співпадають, аналізи всієї серії слід повторити);

- наважка залежно від кількості цукру складає 24...50 г. Треба врахувати, що в кінцевих 20 см³ розчину, взятих для аналізу, має міститися не менше 10 і не більше 100 мг цукру (краще 40–50) для того, щоб можна було користуватися таблицями Бетрана;

- наважку кладуть у ступку та ретельно розтирають з невеликою кількістю (1...2 г) чистого кварцевого піску або скляного порошку;

- потім переносять її до колби Кольрауша на 200...300 см³, споліскуючи ступку кілька разів дистильованою водою;

- доливають воду до 2/3 об'єму колби;

- при аналізі проб, які не мають грубих тканин, розтирання не потрібне;

- за потреби визначення не тільки вмісту загального цукру, а й сахарози в пробах, які багаті органічними кислотами та мають підвищену кислотність, в колбу поступово додають (до нагрівання її в бані) розчин вуглекислого натру або вуглекислого кальцію для нейтралізації, перевіряючи при цьому реакцію витяжки за лакмусом;

- колбу ставлять на 15 хв на водяну баню для вилучення цукрів за температури 80°C, занурюючи її до рівня рідини в ній, яку часто збовтують;

- при визначенні цукрів у пробах зі значним умістом крохмалю нагрівання ведуть за температури 40 °C протягом 30 хв;

- по закінченні нагрівання витяжки охолоджують до температури 30...40°C та освітлюють 30 % розчином оцтовокислого свинцю у кількості 5...10 см³ (розчин свинцю додають по краплях у витяжку, не доведени до повного об'єму, до миті закінчення утворення осаду. Спочатку осад випадає у вигляді великих пластівців, а потім спостерігається лише помутніння);

- після цього вміст колби перемішують і відстоюють 5 хв (поява прозорого шару рідини над осадом свідчить про те, що відбулося повне осадження);

- далі колбу охолоджують до кімнатної температури (8...20°C);

- приливають 18...20 см³ насиченого розчину двозаміщеного фосфорнокислого або сульфатнокислого натру для осадження надлишку оцтовокислого свинцю;

- вміст колби добре перемішують і дають осаду відстоятися (якщо надлишок оцтовокислого свинцю осаджують двозаміщеним фосфорнокислим натрієм, то для відстоювання достатньо 10 хв, за використання сульфатнокислого натру потрібно 24 год);

- після відстоювання перевіряють повноту осадження надлишку свинцю: по стінці шийки колби приливають кілька крапель розчину фосфорнокислого або сульфатнокислого натру;

- у випадку відсутності помутніння в місці з'єднання рідин вміст колби доливають дистильованою водою до риски;

- ретельно перемішують і через 1...2 хв. фільтрують крізь сухий складчастий фільтр у суху колбу;

- за виникнення помутніння додають ще 8...10 см³ реактиву, збовтують, дають відстоятися і знову повторюють аналіз на повне осадження надлишку оцтовокислого свинцю;

- для аналізу моноцукрів беруть дві порції фільтрату;

Визначення вмісту моноцукрів:

- дві паралельні проби фільтрату по 5...20 см³ (залежно від умісту цукру) переносять піпеткою до конічних колб місткістю 100...200 см³ (коли фільтрату взято менше 20 см³, то для збереження однакових об'ємів реагуючих речовин доливають дистильовану воду);

- до кожної колби додають по 20 см³ розчину сірчаноокислої міді й лужного розчину сегнетової солі: суміш цих розчинів називають фелінговою рідиною;

- вміст колб обережно перемішують і ставлять на електроплитку;

- суміш має кипіти рівно 3 хв (відлік часу ведуть окремо для кожної проби);

- після цього закис міді протягом 1...2 хв відстоюють;

- потім рідину фільтрують;

- коли розчин містить значно більше або менше цукру, ніж передбачали, то після 3-х хв кип'ятіння осад закису міді може не утворитися (мало цукру в розчині) або вся мідь відновлюється в закисну (багато цукру), що визначають за зникненням синього забарвлення або великим осадом. В обох випадках аналіз слід повторити;

- якщо для аналізу було взято 20 см³ розчину й осад не утворився або його було дуже мало (на титрування витрачено лише 1...2 см³ перманганату калію), дослід потрібно повторити. Слід збільшити масу наважки, розвести витяжку до того ж об'єму або ж зменшити розведення, взявши меншу колбу за тієї ж наважки. Концентрація цукру в розчині при цьому підвищиться. У процесі нагрівання суміші зникає синє забарвлення, тобто вся сірчаноокисла мідь витрачена на визначення вмісту цукру, кількість розчину зменшують, наприклад, замість 15...20 см³ беруть тільки 5...10 см³ і доводять об'єм розчину до 20 см³ водою. У випадку невдалих попередніх

проб, можна 10 см³ розчину довести водою у мірній колбі до 100 см³, перемішати і взяти звідти для аналізу 10...20 см³.

Фільтрування та розчинення осаду закису міді

- рідину фільтрують крізь азбестовий фільтр у колбу Бунзена, користуючись водоструменевим або масляним насосом Косовського;

- потім осад у колбі промивають тричі гарячою дистильованою водою шляхом декантації (не переносячи на фільтр більшої частини осаду), приливаючи кожного разу до колби по 5...10 см³ води доти, поки промивна вода буде мати тільки блакитнуватий відтінок;

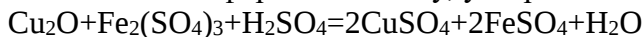
- під час роботи потрібно ретельно слідкувати за тим, щоб осад на фільтрі і в колбі весь час був вкритий водою, для запобігання його руйнування на повітрі;

- після промивання виливають фільтрат і всі промивні води з колби Бунзена, кілька разів ретельно споліскують її спочатку водогінною водою і востаннє – дистильованою;

- фільтр установлюють знову в колбу Бунзена;

- осад закису міді приливають, додають 15...20 см³ розчину залізо-амонійних галунів або окисного сульфатнокислого заліза;

- закис міді окислюється в сульфатнокислу мідь, а відповідна кількість заліза переходить із окисної форми в закисну, утворюючи прозору світло-зелену рідину:



- рідину фільтрують крізь той же фільтр для розчинення закису міді, який залишився на фільтрі;

- рідину на фільтрі відсмоктують через деякий час, щоб частинки повністю розчинились;

- для прискорення розчинення осаду обережно перемішують паличкою верхній шар;

- колбу, в якій був розчин, кілька разів споліскують гарячою дистильованою водою, змиваючи її також на фільтр.

Титрування рідини, що містить закисну сіль заліза

- гарячий фільтрат у колбі Бунзена відразу ж титрують розчином 0,1 н перманганату калію доки не з'явиться рожеве забарвлення (від останньої краплі перманганату), яке не зникає протягом півхвилини;

- перманганат калію в кислому середовищі окиснює утворене закисне залізо в окисне за рівнянням:



- при титруванні двох паралельних проб різниця має бути не більше 0,05 см³ за витрати на пробу 6...8 см³ розчину перманганату калію, при витраті 10...12 см³ допускається розходження на 0,1 см³.

- визначення вмісту цукру, починаючи з моменту додавання реактивів і до кінця титрування, має тривати не більше 15...20 хв.

Розрахунки:

У випадку, коли відома кількість 0,1 н розчину перманганату калію, яку витрачено на титрування, і титр перманганату за міддю, за таблицею глюкози знаходять вміст у досліджуваному розчині моноцукрів (додаток В, таблиця В1), а за таблицею інвертованого цукру – вміст інвертованого цукру (додаток В, таблиця В 2).

Для визначення вмісту цукрів у відсотках до досліджуваної речовини (за природної вологості), слід визначити, яка наважка відповідає кількості розчину, взятого для аналізу. Припустимо, що наважка речовини дорівнює 24 г. Об'єм витяжки був доведений до 300 см³. Для визначення вмісту моноцукрів брали 10 см³ розчину з додаванням такої ж кількості води. Тоді 10 см³ відповідають 800 мг овочів. Звідси відсоток моноцукрів (інверту):

$$X = \frac{a \cdot 100}{800}, \quad (9.13)$$

При інвертуванні цукру досліджуваний розчин було розбавлено у два рази (від 50 до 100 см³). Тоді 20 см³ такого розчину відповідають 800 мг овочів і відсотку інвертованого цукру:

$$Y = \frac{b \cdot 100}{800}, \quad (9.14)$$

У такому прикладі обидві формули мають однаковий знаменник через те, що за визначення вмісту моноцукрів витяжка була розведена у 30 разів і для аналізу взято 10 см³, за визначення ж вмісту інвертованого цукру витяжку розвели у 60 разів, але для аналізу взяли 20 см³ розчину.

Через величини X і Y, можна знайти відсоток сахарози:

$$Z = 0,95 \cdot (Y - X), \quad (9.15)$$

Коефіцієнт 0,95 вводиться через те, що 1 г інвертованого цукру отримують із 0,95 г сахарози.

Приклад розрахунку кількості різноманітних форм цукрів.

Наважка білоголової капусти – 24 г, витяжка доведена до 300 см³, уміст моноцукрів визначений в 10 см³; на титрування витрачено 11,45 см³ розчину перманганату з титром 6,29 мг за міддю. Звідси 11,45•6,29 = 72 мг міді, що відповідає 37 мг глюкози (за таблицею визначення вмісту глюкози). Ця кількість цукру міститься в 100 мг розчину, які відповідають 800 мг речовини. Тоді: моноцукрів = 4,63.

Визначення вмісту інвертованого цукру

50 см³ із тієї самої витяжки, в якій визначали вміст моноцукрів, після інверсії доведено до 100 см³. Із них для визначення вмісту цукру взято 20 см³. На титрування витрачено 13,20 см³ розчину перманганату або 13,2•6,29 = 83 мг міді, що відповідає 43 мг цукру (за таблицею визначення інвертованого цукру).

Така кількість цукру міститься в 20 см³ розчину, яка відповідає 800 мг речовини. Звідси випливає, що 800 43 100 = 5,38 % інвертованого цукру. Тепер можна розрахувати кількість сахарози в досліджуваній пробі капусти: 0,95•(5,38 – 4,63) = 0,71 %.

Для обчислення загального вмісту цукрів у випадках, коли визначають сахарозу, належить скласти результати визначення вмісту моноцукрів і цукрів.

Бажано визначити вміст цукру за один день. Якщо такої можливості немає, аналіз краще перервати після проведення інверсії хлоридною кислотою. Колби терміново охолоджують та залишають на ніч. Можна також залишити на 24 години витяжку після вилучення цукрів і додавання оцтовокислого свинцю. У такому разі надлишок солі свинцю потрібно осадити сірчаноокислим натрієм.

4. Спектрофотометричне визначення цукрів

Полягає в екстрагуванні цукрів з проб плодів і ягід гарячою дистильованою водою, очищенні отриманого екстракту від білків і пігментів, гідролізі сахарози при нагріванні у присутності хлоридної кислоти до глюкози та фруктози, окисненні останніх розчином Фелінга та визначенні їх кількості методом спектрофотометрії.

Реактиви: 15 % - вий розчин Na₂CO₃; 14,5 % - вий розчин ZnSO₄; 4%- вий розчин NaOH; 1%-вий розчин фериціаніда калія K₃[Fe(CN)₆], 2,5 М NaOH, HCl концентрована. Приготування реактивів та встановлення титру фериціаніда калію див. стор. 104.

Побудова калібрувального графіка за глюкозою. Щомісячно будують калібрувальний графік залежності оптичної густини від концентрації глюкози (мг/см^3).

- в ряд пробірок вносять по 6 см^3 робочих стандартних розчинів глюкози з концентраціями 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1 мг/см^3 і по 3 см^3 розчину Фелінга;

- колби струшують і нагрівають протягом 10 хв на киплячій водяній бані;

- після нагрівання пробірки швидко охолоджують у воді з льодом;

- надосадкову рідину обережно зливають у центрифужні пробірки та центрифугують їх протягом 15 хв при 3...4 тис. об/хв.

- вимірюють оптичну густину кожного розчину на спектрофотометрі за довжини хвилі 640 нм;

- за контроль приймають суміш 6 см^3 дистильованої води та 3 см^3 розчину Фелінга;

- проводять не менше 2-х паралельних вимірювань і знаходять середнє значення показника оптичної густини;

- щомісяця будують калібрувальний графік залежності оптичної густини (одиниці оптичної густини) від концентрації глюкози (мг/см^3).

Побудова калібрувального графіка за інвертним цукром

- в шість конічних колб місткістю по 250 см^3 кожна, вносять піпеткою по 20 см^3 розчину заліzosинеродистого калію, по 5 см^3 розчину гідроксиду натру (NaOH) = $2,5 \text{ моль/дм}^3$ і по 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; $9,5 \text{ см}^3$ стандартного розчину інвертного цукру, що відповідає 14, 15, 16, 17, 18 і 19 мг інвертного цукру. З бюретки відповідно доливають 3,0; 2,5; 2,0; 1,5; 1,0 і $0,5 \text{ см}^3$ води, тим самим доводячи об'єм рідини в кожній колбі до 35 см^3 ;

- колби послідовно приєднують до зворотного холодильника;

- вміст нагрівають до кипіння та кип'ятять 1 хв;

- охолоджують під струменем води до кімнатної температури;

- вимірюють оптичну густину на фотоелектроколометрі при $\lambda_{\text{max}} = 440 \text{ нм}$.

Контрольним розчином служить дистильована вода.

- вимірювання проводять в кюветі з відстанню між робочими гранями 10 мм. Розмір кювети підібраний так, щоб оптична густину стандартних розчинів, що містять 14-19 мг інвертного цукру, була в межах 0,2-0,7;

- оптичну густину кожного розчину визначають не менше трьох разів і з отриманих значень знаходять середнє арифметичне;

- результати визначень переносять на графік, відкладаючи на осі ординат значення оптичної густини і на осі абсцис - відповідні цим значенням маси інвертного цукру в міліграмах.

1.Екстрагування:

- наважку рослинного матеріалу, масою 25...150 г (залежно від вмісту цукрів) переносять в мірну колбу на 250 см^3 ;

- доливають близько 120 см^3 гарячої дистильованої води;

- нейтралізують 15%-вим розчином Na_2CO_3 до $\text{pH}=7$ (1 см^3 15%-вого розчину Na_2CO_3);

- колбу нагрівають на водяній бані за температури 80°C впродовж 15...30 хв;

- охолоджують до кімнатної температури;

- додають 15 см^3 14,5%-вого розчину ZnSO_4 ;

- додають 1 см^3 4%-вого розчину NaOH ;

- доводять до мітки дистильованою водою;

- збовтують та відфільтровують у колбу на 250 см^3 ;

- отримують ФІЛЬТРАТ 1;

2.Визначення редукуючих цукрів за глюкозою:

Гідроліз сахарози в екстракті

- 50 см³ фільтрату 1 переносять у мірну колбу на 100 см³;
- додають 2,5 см³ 10-вої хлоридної кислоти;
- суміш доводять до кипіння на водяній бані і витримують протягом 30 хв для гідролізу сахарози;
- потім охолоджують;
- кислоту нейтралізують до рН 7,0 (перевіряють за лакмусовим папером), додаючи 2,5 см³ натрій карбонату насиченого;
- дистильованою водою доводять вміст колби до мітки;
- збовтують і фільтрують через складчастий паперовий фільтр;
- в ряд пробірок піпеткою відбирають по 6 см³ фільтрату 1 та додають по 3 см³ розчину Фелінга;
- пробірки струшують та витримують на киплячій водяній бані протягом 10 хв;
- охолоджують у воді з льодом;
- у центрифужні пробірки обережно зливають надосадову рідину та центрифугують її протягом 15 хв при 3...4 тис. об/хв.
- контрольна проба: суміш 6 см³ екстракту і 3 см³ розчину Фелінга, яку не кип'ятять на бані та не центрифугують;
- вимірюють оптичну густину кожного розчину на спектрофотометрі за довжини хвилі 640 нм проти контролю;
- проводять не менше двох паралельних вимірювань і знаходять середнє значення показника оптичної густини;
- вміст цукрів у пробі розраховують за формулою:

$$X = \frac{A \cdot P \cdot V \cdot 100}{V_1 \cdot M}, \quad (9.16)$$

де X – вміст цукрів в пробі, %;

A – кількість глюкози в об'ємі взятому для спектрофотометричного визначення, встановлена за калібрувальним графіком, мг;

P – розведення проби, разів;

V – загальний об'єм кінцевого екстракту проби, см³;

V₁ – об'єм аліквоти кінцевого екстракту проби, взятий для аналізу, см³;

M – маса проби, мг.

3. Визначення редукуючих цукрів за інвертним цукром:

- розводимо фільтрат вдвічі: 50 см³ фільтрату 1 вносять у мірну колбу на 100 см³ та доводять до мітки дистильованою водою (отриманий розчин містить близько 2 г/дм);
- у конічну колбу місткістю 250 см³ вносять піпеткою 20 см³ розчину заліzosинеродистого калію;
- 5 см³ розчину гідроксиду натру концентрацією 2,5 моль/дм³;
- 8 см³ розведеного фільтрату;
- 2 см³ води;
- колбу приєднують до зворотного холодильника;
- вміст нагрівають до кипіння, кип'ятять 1 хв.;
- охолоджують під струменем холодної води до кімнатної температури;
- дослідний фільтрат повинен бути прозорим. Якщо отриманий розчин буде каламутним, то його слід профільтрувати;
- вимірюють оптичну густину на фотоелектроколориметрі при $\lambda_{\max} = 440$ нм. Контрольним розчином виступає дистильована вода;

- значення оптичної густини повинні знаходитися в інтервалі 0,2...0,7. У разі отримання інших значень визначення повторюють, відповідно змінивши об'єм випробуваного розчину та води, але так, щоб сумарний об'єм дорівнював 10 см³;

- оптичну густину вимірюють у кожному розчині не менше трьох разів і визначають середнє арифметичне значення.

Визначення цукрів у вигляді інвертного цукру

- виконують інверсію сахарози: 50 см³ отриманого фільтрата додають у мірну колбу місткістю 100 см³, додають 5 см³ хлоридної кислоти та перемішують;

- колбу ставлять на водяну баню (70 °С) та нагрівають розчин 5...8 хв.;

- розчин охолоджують до кімнатної температури;

- додають краплю розчину метилового оранжевого;

- нейтралізують додаванням по краплям гідроксиду натру з масовою концентрацією 200 г/дм³;

- на останньому етапі нейтралізації – розчин з масовою концентрацією 10 г/дм³ до появи жовто-гарячого забарвлення;

- нейтралізований розчин доводять водою до об'єму 100 см³;

- розводимо фільтрат вдвічі: 50 см³ розчину вносять у мірну колбу на 100 см³

- у конічну колбу місткістю 250 см³ вносять піпеткою 20 см³ розчину залісосинеродистого калію;

- 5 см³ розчину гідроксиду натру концентрацією 2,5 моль/дм³;

- 8 см³ розведеного розчину;

- 2 см³ води;

- колбу приєднують до зворотного холодильника;

- вміст нагрівають до кипіння, кип'ятять 1 хв.;

- охолоджують під струменем холодної води до кімнатної температури;

- вимірюють оптичну густину на фотоелектроколориметрі при $\lambda_{\max}=440$ нм.

Контрольним розчином виступає дистильована вода;

- оптичну густину визначають не менше трьох разів та визначають середнє значення;

- за допомогою графіка за отриманими значеннями оптичної густини визначають масу редукуючих цукрів у міліграмах;

- **масову частку редукуючих цукрів (X)** у відсотках визначають за формулою:

$$X = \frac{m_1 \cdot V \cdot V_2}{m \cdot V_1 \cdot V_3}, \quad (9.17)$$

де m – маса наважки продукта, г;

m₁ – маса редукуючих цукрів за графіком, мг;

V – об'єм дослідного розчину, який приготовано з наважки, см³;

V₁ – об'єм розчину, використаний для розбавлення, см³;

V₂ – об'єм, до якого доведений розбавлений розчин, см³;

V₃ – об'єм розбавленого розчину, який використано для визначення, см³.

- **масову частку цукрів у вигляді інвертного цукру (X₁)** у відсотках обчислюють за формулою

$$X_1 = \frac{m_2 \cdot V \cdot V_5}{m \cdot V_4 \cdot V_6},$$

де m – маса наважки продукта, г;

m₂ – маса інвертного цукру за графіком, мг;

V – об'єм дослідного розчину, який приготовано з наважки, см³;

V₅ – об'єм розчину після інверсії, см³;

V_4 – об'єм, дослідного розчину, який використано для інверсії, см^3 ;

V_6 – об'єм розчину, який використано для визначення, см^3 .

Масову частку сахарози (%) визначають за формулою:

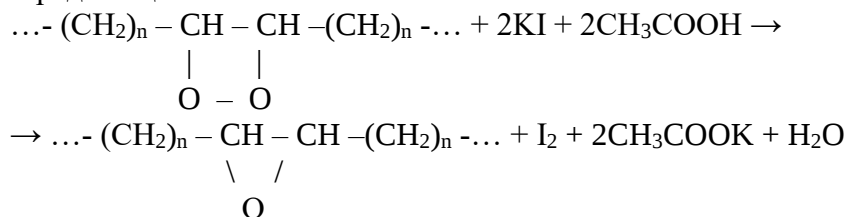
$$Z = 0,95 \cdot (X_1 - X),$$

Обчислення проводять до другого десяткового знака. За результат вимірювання беруть середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень і наводять цілим числом з одним десятковим знаком.

5. Визначення пероксидного числа в прогірклому жири . Одним із методів визначення якості жиру є вивчення вмісту продуктів окислення жиру: пероксидів, гідропероксидів. Ці показники можна виявити за допомогою встановлення пероксидного числа.

Пероксидним числом називають кількість мілілітрів розчину тіосульфату натрію ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), що необхідна для титрування вільного йоду, який виділяється при окисленні калію йодиду (KI) пероксидною групою 1 г жиру.

Метод оснований на взаємодії пероксидних груп жиру з KI в кислому середовищі.



Методика виконання роботи

В першу колбу (дослідний зразок) поміщають наважку жиру 1г, в другу (контрольний зразок) – 1мл води. Після цього в обидві колби додають по 5 мл льодяної оцтової кислоти, 6 мл хлороформу та 1 мл свіжоприготовленого насиченого розчину KI. Після цього колби струшують протягом 5 хвилин і титрують розчином $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, додаючи 10 крапель розчину крохмалю в якості індикатора. Перекисне число розраховують за формулою:

$$\text{ПЧ} = (A - B) \cdot f,$$

де (A-B) – різниця результатів титрування дослідного і контрольного зразків розчином $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,005 моль/л). F – коефіцієнт поправки на титр розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,005 моль/л)

6. Визначення кислотного і ефірного числа жиру

Обладнання та посуд: колби місткістю 150 мл., піпетки, бюретки.

Реактиви: спирт нейтралізований по фенолфталеїну, 1% спиртовий розчин фенолфталеїну, KOH (0,1 моль/л), HCl (0,1 моль/л), диетиловий ефір.

Приготування реактивів.

Спирт нейтралізований по фенолфталеїну, готують наступним чином: 2 частини диетилового ефіру та 1 частину етилового спирту змішують і нейтралізують 0,1 н розчином KOH в присутності фенолфталеїну (5 крапель фенолфталеїну на 50 мл суміші). Нейтралізацію проводять до ледь помітного забарвлення суміші.

Методика виконання роботи

В конічну колбу місткістю 100-150 мл зважують 3-5 г олії (з точністю до 0,01 г), додають 50 мл нейтралізованої суміші спирту та ефіру. Щоб прискорити розчинення суміш можна підігріти. Розчин масла при постійному ретельному перемішуванні швидко титрують 0,1 н водним розчином KOH до блідо-рожевого забарвлення, що не зникає протягом 30 сек. Кислотне число жиру (КЧ) в мл KOH розраховують за формулою:

$$KЧ = 5,611 \cdot V \cdot K / m, \text{ де}$$

5,611 – кількість мг КОН, що міститься в 1мл 0,1н розчину лугу,

V – об'єм 0,1 н розчину КОН, витраченого на титрування, мл

K – поправка до титру КОН для перерахунку на точну концентрацію лугу, m – маса наважки, г.

Кінцевим результатом є середнє арифметичне трьох визначень. Розходження між паралельними визначеннями повинно бути не більше 0,1 мг для сирих олій, та 0,06 мг для рафінованих.

7. Визначення числа омилення жиру

Реактиви: 0,1 % розчин фенолфталеїну, НСl 0,5 моль/л, спиртовий розчин КОН 0,5 моль/л.

Приготування спиртового розчину КОН 0,5 моль/л: 30 г КОН розчинити в 50-60 мл Н₂O, доливають 95°спирт до 1 л, залишають на добу . Прозорий розчин зливають і зберігають в посуді з темного скла.

Методика виконання роботи

В першу колбу (досліджувана проба) поміщають 2 г жиру, в іншу (контрольна проба) - 0,5 мл води. В обидві колби додають по 30 мл спиртового розчину КОН і кип'ятять із зворотним холодильником на водяній бані протягом 60 хвилин до повного омилення гліцеридів та нейтралізації вільних жирних кислот, періодично перемішують вміст колб. Після цього в обидві колби додають по 10 крапель розчину фенолфталеїну і титрують ще теплі колби, розчином НСl до зникнення рожевого забарвлення (нейтральна реакція).

Примітка: свіжий жир набуває світло-жовтого, старий жир – червоно-бурого забарвлення.

Кількість КОН (міліграм) або число омилення (ЧО), що витрачено на нейтралізацію вільних жирних кислот в 1 г жиру, визначається за формулою:

$$ЧО = (B-A) \cdot f \cdot 28,05/m$$

де (B-A) - різниця результатів титрування контрольного і дослідного зразків розчином соляної кислоти, мл; f - коефіцієнт поправки на титр розчину НСl(0,5 моль/л);

28,05 - кількість КОН в міліграмах, еквівалентна 1 мл розчину КОН. Зробити висновки до роботи.