

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ СИРОВИНИ ТА ФАЛЬСИФІКАЦІЇ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ»

Виконала: студентка 4 курсу, групи ЕКО-216
спеціальності 101 «Екологія»

«10» червня 2025 Казновська В.С.

Керівник: д.т.н., проф. каф. ЕХТЗД

«10» червня 2025 Сакалова Г. В.

Рецензент: к.х.н., доц, каф. ЕХТЗД

«10» червня 2025 Тітов Т.С.

Допущено до захисту

Завідувач Кафедри ЕХТЗД

к.т.н., доц. Іщенко В.А.

(прізвище та ініціали)

«10» червня 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 року

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Галузь знань 10 - Природничі науки
Спеціальність 101 – «Екологія»
Освітньо-професійна програма – Екологічна безпека та моніторинг довкілля

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕХТЗД

к.т.н., професор

В. А. Іщенко

« 25 » березня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Казновській Вікторії Сергіївні

1. Тема роботи: «ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ СИРОВИНИ ТА ФАЛЬСИФІКАЦІЇ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ»

керівник роботи Сакалова Г.В. д.т.н., професор

затверджено наказом по ВНТУ від “20” березня 2025 року № 97

2. Строк подання студентом роботи “10” червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи:

1. Літературні джерела з екології харчових продуктів і фальсифікації молочної продукції.
2. Нормативні документи України та ЄС щодо якості молока.
3. Основні види фальсифікацій молока та їх наслідки.(додаток Б)
4. Методи виявлення фальсифікацій (класичні й інноваційні).
5. Дані щодо порівняння українських і європейських стандартів.(додаток В)

4. Зміст текстової частини

1. Екологічні аспекти якості молочної продукції.
2. Види та причини фальсифікації молочних продуктів.
3. Методи виявлення фальсифікацій та оцінки якості молочної сировини.
4. Порівняння вітчизняних та європейських стандартів якості продукції.
5. Рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки та контролю якості молочних продуктів.

5. Перелік ілюстративного матеріалу

1. Технології Індустрії 4.0 в молочній промисловості
2. Види фальсифікації
3. Українські молочні заводи що працюють за стандартом

- ПрАТ"Вінницький молочний завод "Рошен"
- Літинський молочний завод – Білозгар

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання « 25 » березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітки
		початок	закінчення	
1.	Теоретичні основи екології харчових продуктів	25.03.2025	15.04.2025	викон
2.	Методи забезпечення якості молочної продукції	15.04.2025	30.04.2025	викон
3.	Аналіз та порівняння якості молочних продуктів за українськими та європейськими нормами	30.04.2025	19.05.2025	викон
4.	Підготовка висновків, додатків і переліку літератури. Оформлення пояснювальної записки та ілюстративної частини	19.05.2025	02.06.2025	викон
5.	Підготовка презентації та доповіді на захист БКР	02.06.2025	10.06.2025	викон

Студент

Керівник роботи


(підпис)

Казновська В. С.
(прізвище та ініціали)
Сакалова Г. В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Казновська В. С. Визначення якості сировини та фальсифікації молочних продуктів.

Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 101 «Екологія», освітня програма «Екологія та охорона навколишнього середовища».

Вінниця: ВНТУ, 2025. 88 с. На укр. мові. Бібліогр. 79 назв; табл. 2.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі досліджено екологічні основи якості та безпечності молочної продукції в умовах сучасної переробної промисловості.

У теоретичній частині висвітлено поняття екології харчових продуктів, актуальні проблеми молокопереробної галузі України, а також особливості фальсифікацій молочних продуктів і методи їх виявлення.

В аналітичній частині проведено аналіз нормативної бази щодо безпечності молока в Україні та ЄС, а також розглянуто технологічні та інструментальні методи виявлення фальсифікатів.

У прикладній частині порівняно підходи до контролю якості молочних продуктів в Україні та Європі, запропоновано практичні рекомендації щодо вдосконалення системи контролю та екологічної безпечності продукції.

Ключові слова: молочна продукція, фальсифікація, екологія харчових продуктів, якість сировини, нормативні вимоги, харчова безпека.

ABSTRACT

Kaznovska V. S. Determination of the quality of raw materials and falsification of dairy products.

Bachelor's qualification work in the specialty 101 "Ecology", educational program "Ecology and Environmental Protection".

Vinnytsia: VNTU, 2025. 88 c. In Ukrainian. Bibliography. 79 titles; Table 2.

The bachelor's qualification work investigates the ecological basis of quality and safety of dairy products in the modern processing industry.

The theoretical part highlights the concept of food ecology, current problems of the dairy processing industry of Ukraine, as well as the features of dairy product falsification and methods of their detection.

The analytical part analyzes the regulatory framework for milk safety in Ukraine and the EU, as well as technological and instrumental methods for detecting falsifications.

The applied part compares approaches to quality control of dairy products in Ukraine and Europe, and offers practical recommendations for improving the control system and environmental safety of products.

Keywords: dairy products, falsification, food ecology, raw material quality, regulatory requirements, food safety.

ВІДГУК

на бакалаврську кваліфікаційну роботу студентки 4 курсу,
групи *ЕКО-216*, спеціальності 101 «Екологія»

Казновської Вікторії Сергіївни

на тему: «**Визначення якості сировини та фальсифікації молочних продуктів**»

Дослідження представлені у бакалаврській роботі Казновської В.С., спрямовані на детальний аналіз нормативів якості молочних продуктів, способів визначення екологічно небезпечних речовин, та надання рекомендацій що до впровадження нормативів якості ЄС для харчових продуктів і виробництв, які сприяють розвитку сталого споживання та виробництва. З огляду на це, робота характеризується актуальністю та своєчасністю.

Позитивними рисами дипломної роботи є системність та послідовність викладення матеріалу, а також застосування прогресивного досвіду в сфері нормування якості та сертифікації молочної продукції. Студентом було проведено аналіз та порівняння можливих методів розв'язання поставленої задачі та обрано оптимальний варіант. Крім того, було наведено приклади реалізації розв'язання подібних задач на діючих підприємствах. Під час виконання магістерської роботи студентка проявила себе грамотним, кваліфікованим спеціалістом здатним приймати самостійно складні технічні рішення. Всі етапи роботи виконала самостійно і вчасно; окремі результати роботи були представлені на 2 науково-практичних конференціях з публікацією тез доповіді.

Робота має практичне значення, виконана на належному науково-методичному рівні і заслуговує високої позитивної оцінки.

Науковий керівник:

Д.т.н, проф., професор кафедри екології,
хімії та технологій захисту довкілля
Вінницького національного
технічного університету



Галина САКАЛОВА

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА

на бакалаврську кваліфікаційну роботу студентки 4 курсу,
групи ЕКО-216, спеціальності 101 «Екологія»

Казновської Вікторії Сергіївни

на тему: «Визначення якості сировини та фальсифікації молочних продуктів»

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню фізико-хімічних та технологічних показників молочної сировини та молокопродуктів, що включають нормативні вимоги до якості продукції, а також дослідженню сучасних підходів стосовно виявлення шкідливих та небезпечних домішок та ознайомленню з різноманітними фальсифікаційними діями, що зазвичай проводяться недобросовісними виробниками стосовно готової молочної продукції.

Актуальність цієї роботи не викликає жодних сумнівів, оскільки якість та безпечність молочної продукції є ключовими факторами продовольчої безпеки держави та здоров'я населення. Проведено аналіз нормативно-правового регулювання якості молочної продукції та систематизовано основні вітчизняні документи, такі як ДСТУ, ТУ, Закон України «Про безпечність та якість харчових продуктів» тощо, а також проведено порівняльний аналіз нормативної законодавчої бази України та ЄС, висвітлено напрямки контролю якості молочної продукції в Україні та Європі.

Автором роботи здійснено огляд теоретичних основ екології харчових продуктів, яка визначається як міждисциплінарна наука, що вивчає безпечність і якість продуктів з урахуванням екологічного, технологічного та споживчого аспектів. Особливу увагу було приділено сучасному стану молочної галузі в Україні.

Робота структурно загальноприйнята, складається із анотації, вступу, 3 розділів, висновків, списку літератури (79 джерел, з яких значна частина – іноземні) та додатків. Містить 2 таблиці.

Робота має важливе пізнавальне та практичне значення, виконана на належному науково-методичному рівні та заслуговує на позитивну оцінку.

Доцент кафедри екології, хімії та технологій
захисту довкілля
Вінницького національного
технічного університету,
к.х.н.

Т. С. Тітов

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ.....	6
1.1. Екологія харчових продуктів: сутність, значення та мета	6
1.2. Основні проблеми молокопереробної промисловості та шляхи їх вирішення.....	8
1.3. Фальсифікація молочних продуктів: поняття, види, причини виникнення	19
1.4. Основні фальсифікати молочних продуктів, контроль їх вмісту, нормування і маркування	33
2 МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	41
2.1. Поняття норм якості продуктів харчування.....	41
2.2. Вітчизняні нормативи щодо якості молочної продукції: допустимі рівні показників та методи їх визначення.....	42
2.3. Європейські стандарти якості молочних продуктів: вимоги, оцінка якості та безпечності	47
2.4. Технологічні методи виявлення фальсифікатів	51
3 АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯННЯ ЯКОСТІ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ЗА УКРАЇНСЬКИМИ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИМИ НОРМАМИ.....	62
3.1. Загальна характеристика напрямків контролю якості молочних продуктів в Україні та Європі.....	62
3.2. Порівняльна характеристика нормативної бази України та ЄС у сфері молокопереробки.....	65
3.3. Порівняльний аналіз підходів до виявлення фальсифікатів: Україна та ЄС	68

ВИСНОВКИ.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72
ДОДАТОК А ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	82
ДОДАТОК Б Основні види фальсифікації молочних продуктів та нормативні документи для їх виявлення.....	83
ДОДАТОК В Порівняння вимог до якості молочної продукції в Україні та ЄС	84
ДОДАТОК Г Публікація за матеріалами дипломної роботи.....	85
ДОДАТОК Д ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА	86

ВСТУП

Сучасний ринок молочних продуктів стрімко розвивається, охоплюючи як великі переробні підприємства, так і малі фермерські господарства, однак питання забезпечення якості та безпечності залишається критично важливим. Особливу стурбованість викликає проблема фальсифікації молочної продукції, що призводить до зниження харчової цінності, порушення прав споживача та загрожує здоров'ю населення. Актуальність теми зумовлена зростанням кількості випадків виявлення сторонніх домішок у молоці та молочних продуктах, особливо в умовах економічної нестабільності та недостатнього контролю з боку виробників.

Молоко, як біологічно цінний продукт, є чутливим до змін якості на всіх етапах — від надходження сировини до споживання. Водночас визначення його якісних характеристик вимагає впровадження сучасних методів аналізу, здатних швидко та достовірно виявити можливі порушення. В цьому контексті особливу важливість має не лише оцінка органолептичних та фізико-хімічних показників сировини, а й ідентифікація можливих фальсифікацій, таких як додавання крохмалю, рослинних жирів, нейтралізаторів кислотності тощо.

Мета роботи полягає у дослідженні якісних показників молочної сировини та розробці ефективних підходів до виявлення фальсифікацій у молочних продуктах.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз сучасного стану контролю якості молочної продукції в Україні та ЄС;
2. Вивчити нормативні вимоги до якості молока та молочної продукції;
3. Дослідити методи визначення основних показників якості молочної сировини;
4. Визначити найпоширеніші види фальсифікацій молочних продуктів;

5. Розробити рекомендації щодо покращення контролю якості на підприємствах.

Об'єктом дослідження є молочна продукція, представлена на вітчизняному ринку та сучасні нормативи щодо визначення фальсифікатів та небажаних речовин у молочних продуктах.

Предмет дослідження – фізико-хімічні та технологічні показники якості сировини, а також способи виявлення фальсифікацій у молочних продуктах.

Наукова новизна полягає у систематизації сучасних підходів до ідентифікації фальсифікацій, а також у застосуванні новітніх методів аналізу для контролю якості сировини на етапі її надходження до переробного підприємства.

Практичне значення полягає у можливості використання отриманих результатів для вдосконалення систем контролю якості на підприємствах молокопереробної галузі, а також для формування рекомендацій щодо запобігання фальсифікаціям.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

1.1. Екологія харчових продуктів: сутність, значення та мета

Навколишнє середовище та безпека харчових продуктів є двома важливими темами у світі. Діяльність людини створює великі загрози для навколишнього середовища та безпеки харчових продуктів. Наприклад, через інтенсивне використання одноразових масок, які в основному виготовлені з небіорозкладних полімерів, утворюється величезна кількість відходів. Фактично, навколишнє середовище та безпека харчових продуктів тісно взаємопов'язані [1]. З одного боку, безпека харчових продуктів сильно залежить від навколишнього середовища. Забруднювачі із забрудненого ґрунту, води та повітря можуть мігрувати в сільськогосподарські культури, овочі, рибу, тварин тощо. З іншого боку, для забезпечення безпеки та якості харчових продуктів проводяться різні процедури обробки, які збільшують навантаження на навколишнє середовище і навіть спричиняють його забруднення. Наприклад, харчова промисловість виробляє величезну кількість стічних вод. Якщо стічні води скидати безпосередньо в річки, вони будуть забруднені. Оскільки стічні води харчової промисловості зазвичай містять високу концентрацію органічних речовин, може легко відбутися евтрофікація [2]. Крім того, пакувальні матеріали для харчових продуктів широко використовуються як контейнери для харчових продуктів та для захисту продуктів від псування. Під час споживання їжі утворюється маса пакувальних відходів, які спричиняють екологічні проблеми, якщо їх не утилізувати належним чином. Однак, пластик, як один з найпоширеніших пакувальних матеріалів, не можна легко утилізувати, і він може існувати в навколишньому середовищі сотні років.

Навколишнє середовище та безпека харчових продуктів мають сильний вплив на здоров'я людини [3]. Проводиться багато досліджень для вивчення

міграції забруднюючих речовин з навколишнього середовища до їжі та, зрештою, до людини. Наприклад, повідомляється, що важкі метали у водному середовищі можуть мігрувати в риби шляхом біоаккумуляції та біоконцентрації. Коли ці забруднені риби споживаються, важкі метали мігрують в організм людини. Хоча концентрації важких металів у рибі зазвичай нижчі за максимально допустимий рівень, не можна ігнорувати той факт, що люди знаходяться на вершині харчового ланцюга. Іншими словами, оскільки для людини існують різні джерела їжі, важкі метали в нашому організмі можуть накопичуватися і зрештою досягати рівня, який спричиняє серйозні ризики для здоров'я, такі як рак [4]. Окрім поширених типів забруднювачів (наприклад, важких металів, пестицидів, патогенів, твердих частинок), існують також деякі нові типи забруднювачів (наприклад, мікропластик, засоби особистої гігієни, фармацевтичні препарати), і необхідні додаткові зусилля для вивчення їхнього впливу на здоров'я людини.

З огляду на важливість довкілля та безпеки харчових продуктів, не дивно, що було опубліковано багато пов'язаних досліджень, включаючи багато оглядових досліджень. Наприклад, Qin та ін. [5] розглянули вплив важких металів у ґрунті на безпеку харчових продуктів у Китаї та обговорили джерела (наприклад, пестициди, добрива, викиди транспортних засобів, спалювання вугілля, зрошення стічними водами, видобуток корисних копалин) та стратегії відновлення (наприклад, покращення ґрунту, фіторе mediaція, листове обприскування). Suhani та ін. [6] розглянули вплив забруднення кадмієм на безпеку харчових продуктів та здоров'я людини, зосередившись на механізмах (наприклад, клітинних або молекулярних змінах). Deshwal та ін. [7] розглянули вплив пакувальних матеріалів на основі металу на безпеку харчових продуктів та здоров'я (наприклад, міграція бісфенолу А, міграція металів, розчинення, почорніння та корозія). Sun та ін. [8] розглянули взаємозв'язок між забрудненням повітря та продовольчою безпекою з акцентом на продовольчу систему (наприклад, вплив

сільськогосподарської політики на продовольчу безпеку). Однак більшість цих оглядових досліджень зосереджені лише на певних підгалузях. Крім того, більшість цих оглядів базуються виключно на суб'єктивному досвіді дослідників у суміжних галузях. В епоху великих даних необхідно своєчасно надавати оновлену інформацію про дослідження навколишнього середовища та безпеки харчових продуктів за допомогою об'єктивного аналізу даних. Статистичний метод на основі наукометричного аналізу є потужним інструментом для розкриття тенденцій досліджень та прогресу в певних дослідницьких сферах за допомогою аналізу даних опублікованих документів. Однак, хоча вже існує чимало наукометричних досліджень з інших галузей досліджень, наукометричні дослідження з питань довілля та безпеки харчових продуктів дуже обмежені.

1.2. Основні проблеми молокопереробної промисловості та шляхи їх вирішення

Молочна галузь України, як невід'ємна складова агропромислового комплексу, посідає важливе місце в економіці держави, виконуючи не лише продовольчу, а й соціальну функцію. Проте її сучасний стан можна охарактеризувати як нестабільний, із виразною тенденцією до скорочення виробництва, зменшення поголів'я великої рогатої худоби та погіршення структури споживання молока і молокопродуктів населенням.

За даними Державної служби статистики України, у 2020 році виробництво молока становило близько 9,25 млн тонн, що на 11,6 % менше, ніж у 2015 році [9]. Варто зазначити, що левову частку молока, а саме 73 %, виробляють у домогосподарствах населення, що свідчить про низький рівень індустріалізації галузі. Така структура виробництва, на думку Тарасової [10], значною мірою ускладнює забезпечення стабільної якості продукції, оскільки

дрібні виробники не мають доступу до сучасних технологій охолодження та контролю якості.

Окрім цього, Україна протягом останніх років стикається з проблемою демографічного старіння сільського населення, що негативно позначається на забезпеченні трудовими ресурсами, особливо в молочному скотарстві [11]. До прикладу, середній вік працівників тваринницьких ферм у північних регіонах країни перевищує 52 роки. Цей факт прямо впливає на продуктивність праці, рівень інноваційної активності та, відповідно, на економічні результати виробництва.

Згідно з дослідженням Ніколаєнка [12], продуктивність однієї корови на промислових підприємствах становить у середньому 6,2 тис. кг молока на рік, тоді як у домогосподарствах – лише 4,1 тис. кг. Різниця обумовлена технологічним відставанням і браком стимулів для модернізації приватного сектору. У той же час, у провідних європейських країнах цей показник перевищує 8–9 тис. кг на рік, що свідчить про суттєвий резерв зростання продуктивності вітчизняного тваринництва.

Не менш показовою є ситуація на споживчому ринку. Рівень середньодушового споживання молочних продуктів в Україні залишається низьким — у 2022 році він становив близько 180 кг на рік при мінімально рекомендованому ВООЗ рівні у 320 кг [13]. Така різниця вказує на дефіцит доступної, якісної продукції в раціоні громадян, а також на зміну споживчих пріоритетів у бік альтернативних продуктів.

У 2025 році молочна галузь України продовжує функціонувати в умовах численних викликів, зумовлених як внутрішніми економічними змінами, так і зовнішньополітичними обставинами. Попри це, спостерігається певна стабілізація окремих показників, що дає підстави для обережного оптимізму.

Згідно з офіційною статистикою, у січні-лютому 2025 року обсяг виробництва молока становив близько 0,9 млн тонн, що на 3,5 % менше у порівнянні з аналогічним періодом 2024 року. Поголів'я корів скоротилося до

1,15 млн, що на 8,4 % нижче від минулорічного рівня [14]. Незважаючи на загальне зниження виробництва, сільськогосподарські підприємства змогли збільшити виробництво молока на 1,7 % у лютому, що з урахуванням високосного року еквівалентно зростанню на 5,3 % [14]. Це може свідчити про деяке зростання ефективності виробничих процесів у великих агропідприємствах.

Цінова ситуація на ринку сирого молока є волатильною. У березні 2025 року середня ціна на молоко на сільгосппідприємствах становила 16,6 грн/кг без ПДВ, що на 5,1 % менше, ніж у лютому, однак на 15 % вище, ніж у березні 2024 року. Ціна для домогосподарств у цей же період становила 10,5 грн/кг, що свідчить про стійке зростання цін у річному вимірі [14]. Водночас, операційна маржа виробництва молока знизилася до 15 %, що є найнижчим показником за останні роки та на 29 пунктів нижче, ніж у березні 2024 року.

Одним із позитивних моментів стало зростання зовнішньоекономічної активності у галузі. За перший квартал 2025 року експорт молочної продукції зріс на 21 % – до 31,14 тис. тонн, імпорт – на 12 %, до 15,37 тис. Тонн [15]. Особливо динамічно зростає експорт вершкового масла, який у грошовому еквіваленті збільшився на 275 %, досягнувши 23 млн доларів США. Аналогічна ситуація спостерігається у сегменті твердих сирів, експорт яких зріс на 31 %, до 14,7 млн доларів [15]. Ці дані демонструють високий зовнішній попит на українську молочну продукцію, зумовлений її конкурентною ціною та якісними характеристиками.

Однак загальний стан галузі залишається уразливим через низку факторів. По-перше, значним є вплив інфляції, яка в 2024 році сягнула 12 %, що спричинило здорожчання молочної продукції на внутрішньому ринку: вершкове масло подорожчало на 33,9 %, молоко – на 18,8 %, сири – на 16,2 % [16]. По-друге, негативний ефект мали перебої з енергопостачанням, які змусили виробників закуповувати дизельні генератори та списувати зіпсовану продукцію, що значно збільшило собівартість виробництва. Крім того,

зменшення поголів'я корів і скорочення обсягів сировини створюють суттєвий дефіцит для переробної промисловості.

Повномасштабна війна, що розпочалася в Україні у 2022 році, радикально змінила умови функціонування молочної галузі. Сектор, який до цього стабільно забезпечував внутрішній ринок і мав експортний потенціал, зіткнувся з численними викликами: втратами виробничих потужностей, зниженням поголів'я, порушенням логістичних ланцюгів, скороченням внутрішнього попиту та зростанням виробничих витрат.

Станом на 2023 рік, за даними Державної служби статистики України, загальне поголів'я корів скоротилося на 8% порівняно з попереднім роком і становило 1,32 млн голів. Особливо помітне зменшення відбулося в домогосподарствах населення – на 9%, до 939,6 тис. голів [17]. Причинами стали мобілізація працездатного населення, депопуляція сільських територій, мінування угідь і відсутність доступу до ветеринарних препаратів і кормів.

На фоні цього скорочення спостерігається і зниження загального обсягу виробництва молока-сировини. У січні–вересні 2023 року виробництво молока в Україні зменшилося на 6% у порівнянні з аналогічним періодом попереднього року, склавши близько 5,67 млн тонн [18]. Однак молочно-товарні ферми зуміли продемонструвати відносну стабільність: обсяги виробництва на підприємствах у 2024 році виросли на 6% і досягли рівня 2,81 млн тонн, що фактично відповідає довоєнним показникам 2021 року [18]. Це свідчить про високу стійкість організованого сектора виробництва навіть в умовах війни.

Військові дії завдали значної шкоди молокопереробній інфраструктурі. Так, було втрачено щонайменше 39 переробних підприємств у таких регіонах, як Харківська, Луганська, Донецька, Херсонська та інших, які опинилися в зоні бойових дій або окупації [19]. Частина з них була зруйнована або демонтована, інші – зупинили діяльність через втрату доступу до сировини та енергопостачання. Водночас деякі виробники змогли оперативно перемістити

виробництво до більш безпечних західних регіонів, де у 2023–2024 роках було відкрито низку нових міні-заводів.

Попри втрати, зовнішньоекономічна активність у секторі зберігається. У жовтні 2023 року Україна експортувала 8 790 тонн молочної продукції на суму 18,15 млн доларів США, що на понад 20% більше, ніж у вересні того ж року [20]. Основними напрямками експорту стали країни Європейського Союзу, зокрема Польща та Німеччина, а також Близький Схід. Проте зростає й імпорт, що свідчить про необхідність збалансування внутрішнього виробництва і ринку.

Молочна галузь залишається вразливою до інфляційних процесів і зростання собівартості. Ціни на енергоносії, корми та логістику зросли в рази, що негативно вплинуло на рентабельність як малих, так і великих виробників. Додатковим тягарем стали перебої з електроенергією, які змушували підприємства закуповувати генератори, утилізувати зіпсовану продукцію та витрачати ресурси на забезпечення безперервної роботи холодильного обладнання.

Загалом, аналізуючи динаміку розвитку молочної галузі, варто зазначити, що її трансформація потребує системного підходу: від модернізації виробництва до формування територіальних кластерів, інтеграції до європейських ланцюгів постачання та зміцнення внутрішнього ринку. У цьому процесі надзвичайно важливо забезпечити державну підтримку – як у вигляді прямих дотацій, так і через податкові стимули та доступ до дешевих кредитних ресурсів. Незважаючи на численні виклики, молочна галузь України зберігає значний потенціал. Його реалізація потребує впровадження інноваційних підходів до організації виробництва, зміцнення взаємодії між сільськогосподарськими підприємствами та науковими установами, а також активної участі держави у формуванні сприятливого бізнес-середовища.

Молокопереробна промисловість України у 2022–2024 роках опинилася в епіцентрі складного соціально-економічного трансформаційного процесу,

зумовленого військовими діями. В умовах воєнного стану в країні галузь зіштовхнулася із системними викликами, які не лише змінили її функціональні параметри, але й поставили під сумнів її здатність до стабільного відновлення без комплексного втручання з боку держави та міжнародної підтримки.

Однією з найяскравіших тенденцій, що спостерігалася упродовж останніх років, є катастрофічне скорочення виробничих потужностей молокопереробних підприємств у прифронтових регіонах. За даними Мошковської [21], внаслідок бойових дій було втрачено або тимчасово зупинено діяльність понад 40 заводів, що становить приблизно 25 % від загальної кількості молокопереробних підприємств країни. Найбільших втрат зазнали Харківська, Херсонська, Миколаївська та Запорізька області — регіони, які традиційно формували вагомую частку національного виробництва сирів, кисломолочних продуктів та масла.

Зі скороченням виробничої бази гостро постала проблема нестачі кваліфікованих кадрів. Частина фахівців або мобілізована, або вимушено переміщена до безпечніших регіонів. За оцінками аналітиків [21], дефіцит кваліфікованої робочої сили у галузі перевищив 30 %, що унеможливило повноцінну роботу навіть тих підприємств, які зберегли матеріальну базу.

Паралельно відбулося значне звуження сировинної бази. За період з 2022 по 2023 рік загальне виробництво молока в Україні скоротилося на 15 %, а поголів'я дійного стада — на 11 % [21]. Особливо відчутними ці втрати стали для малих і середніх переробників, які працювали на регіональному рівні й мали обмежені можливості для транспортування сировини з інших областей.

На фоні цього занепаду актуалізувалася проблема якості продукції та стабільності асортиментного ряду. Згідно з дослідженням Івашиної, Бишовець і Оліферчук [22], значна частина підприємств вимушено змінила або скоротила свій асортимент, зосередившись на базових і менш вибагливих до логістики продуктах, таких як пастеризоване молоко, кефір і масло. Це, у свою

чергу, позначилося на конкурентоспроможності вітчизняних виробників на зовнішніх ринках.

Фінансовий аспект проблеми не менш гострий. Більшість підприємств, навіть тих, що залишилися у відносно безпечних регіонах, відчують хронічний дефіцит обігових коштів, викликаний як зниженням внутрішнього попиту, так і девальвацією гривні. Як зазначають Бондаренко і Омеляненко [23] ціни на основні енергоресурси та логістику зросли на 60–90 %, що призвело до зниження маржинальності виробництва та масового зупинення інвестиційних програм.

Незважаючи на всі вищезазначені складнощі, галузь зберігає потенціал до відновлення, що обумовлено її системоутворюючим значенням у структурі агропромислового комплексу України. У цьому контексті важливою є державна підтримка, яка може реалізовуватися у формі пільгового кредитування, дотацій на модернізацію виробництва та компенсації логістичних витрат. Водночас, варто активніше залучати міжнародну допомогу, зокрема через програми USAID, FAO та інших партнерських ініціатив. Молокопереробна промисловість України наразі переживає одну з найскладніших фаз в своїй новітній історії. І хоча ситуація характеризується високим рівнем невизначеності, саме через інноваційний підхід, державне сприяння та мобілізацію внутрішніх ресурсів галузь може не лише адаптуватися до нових умов, але й стати основою для сталого відновлення агропродовольчого сектору країни.

Сталий розвиток харчових продуктів зараз стикається одночасно з кількома беспрецедентними кризами, включаючи зміну клімату, спалахи пандемій та політичну напруженість, серед інших. Побудова стійких продовольчих систем, заохочення інновацій та впровадження технологічних досягнень мають першочергове значення для вирішення цих викликів [24]. Одним із харчових секторів, який є дуже вразливим до зміни клімату та інших

глобальних продовольчих проблем, але також відповідає за значний викид парникових газів, є молочна промисловість.

Молочні продукти вважаються важливим джерелом багатьох поживних та функціональних сполук. Критичні умови експлуатації для контролю процесу виробництва молочних продуктів були широко вивчені, щоб забезпечити високу якість та безпеку цих швидкопсувних харчових продуктів. Однак виробники молочної продукції завжди шукають стійкі методи переробки та інші нові технології, щоб запропонувати інноваційні рішення для цього динамічного харчового сектору. Учасники молочної промисловості є одними з тих, хто швидко впроваджує нові технології та автоматизацію, що стимулюється настанням четвертої промислової революції (а саме Промисловості 4.0). Основними рушіями Промисловості 4.0 у харчовому секторі є штучний інтелект, робототехніка, інтелектуальні датчики, 3D-друк, Інтернет речей, великі дані, хмара, блокчейн, доповнена реальність, кібербезпека, цифрові двійники та кіберфізичні системи [25]. Застосування цих технологій у сільському господарстві часто називають розумним землеробством, точним землеробством або сільським господарством 4.0, тоді як харчові фабрики, що використовують ці передові технології, часто називають «розумними фабриками».

Шість технологій Індустрії 4.0 було визначено та вважаються основними факторами, що сприяють розвитку Молочної промисловості 4.0 (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Технології Індустрії 4.0 в молочній промисловості [26]

Технологія	Застосування у молочній промисловості
Робототехніка	Автоматизація повторюваних або складних процесів на виробництві.
	Покращення гігієни та зменшення людського втручання у виробничий процес.
3D-друк	Створення інноваційних продуктів з використанням молочних інгредієнтів у тривимірній формі.
	Формування персоналізованих харчових продуктів із врахуванням індивідуальних потреб споживачів.
Великі дані (Big Data)	Аналіз даних щодо виробництва, якості, здоров'я тварин, прийняття рішень у реальному часі.
	Прогнозування попиту, оптимізація поставок, виявлення аномалій у виробничих даних.
Інтернет речей (IoT)	Збір точних даних на фермах у режимі реального часу для оптимізації процесів.
	Моніторинг температури, вологості та стану здоров'я тварин через підключені пристрої.
Штучний інтелект (AI)	Моделювання процесів, моніторинг та прийняття рішень у переробці та агровиробництві.
	Оптимізація логістичних маршрутів та контроль за якістю молочних продуктів.
Блокчейн	Прозорість, безпека та автентичність ланцюга постачання молочних продуктів.
	Виявлення фальсифікації, моніторинг якості та запобігання втраті харчової цінності.

Робототехніка – це міждисциплінарна та мультидисциплінарна галузь, яка поєднує передові системи, пов'язані з механічним, електричним та електронним обладнанням і програмним забезпеченням. Використання робототехніки в харчовій промисловості може варіюватися від простих повторюваних завдань до складних процесів. Технологія робототехніки вже давно використовується в багатьох виробничих секторах, наприклад, в автомобілебудуванні, але потенційне застосування робототехніки в молочній промисловості досліджується [27].

3D-друк – технологія тривимірного (3D) друку (або адитивне виробництво) нещодавно стала перспективною інновацією, що використовує цифрові дані для створення різних видів твердих та напівтвердих харчових продуктів. Протягом останніх кількох років застосування 3D-друку викликало величезний інтерес у багатьох харчових секторах [28]. Спостерігається швидке зростання наукових робіт, присвячених 3D-друку молочних продуктів. Молочні продукти та інгредієнти складаються з різних компонентів, функціональних можливостей та структур, що робить їх дуже складним, але водночас дуже перспективним джерелом сировини для 3D-друку харчових продуктів.

Великі дані (BD) – стосується надзвичайно великих і складних наборів даних, які неможливо проаналізувати або обробити традиційними методами. Аналіз великих даних (BDA) – це процес використання передових аналітичних інструментів і методів для обробки цих масивних наборів даних. У молочній промисловості BD/BDA може застосовуватися різними способами, оскільки молочна промисловість генерує величезні обсяги даних. Застосування стосуються виробництва молока, якості молока, управління фермами, моніторингу та прийняття рішень у режимі реального часу, здоров'я тварин та сталого розвитку ланцюга поставок.

Інтернет речей (IoT) – це система, яка з'єднує пристрої через мережу, що дозволяє обмінюватися даними. IoT має потенціал для створення

інтелектуальних середовищ з потужними інструментами в багатьох галузях сільського господарства та тваринництва, що дозволяє створювати, змінювати та обмінюватися інформацією [29]. IoT все частіше використовується на молочних фермах для збору точних даних у реальному часі та обміну ними з фермером або іншими зацікавленими сторонами.

Штучний інтелект – це обчислювальна технологія, що використовується для імітації людських здібностей сприймати навколишнє середовище, навчатися та приймати рішення [30]. У харчовому секторі методи ШІ відіграють ключову роль в автоматизації розумного сільського господарства та харчової переробної промисловості та можуть допомогти прискорити перехід до стійких продовольчих систем. Загалом, технології на основі ШІ можуть використовуватися в процесі моніторингу та прийняття рішень у режимі реального часу.

Блокчейн можна розглядати як один із факторів, що сприяють розвитку Індустрії 4.0, і він може задовольнити зростаючу потребу галузі в значно надійнішій та ефективнішій інфраструктурі управління ланцюгами поставок. Технологію блокчейн можна визначити як криптографічно захищені розподілені реєстри, де реєстри розподіляються у форматі peer-to-peer між суб'єктами, що робить її децентралізованою системою [31]. Існує потреба в децентралізованих рішеннях, таких як блокчейн, через єдині точки відмови, нерівності продукції, компроміси з якістю та втрату даних, присутні в традиційних ланцюгах постачання продуктів харчування. Впровадження блокчейну в ланцюжку постачання харчових продуктів, особливо в поєднанні з іншими технологіями, такими як Інтернет речей, забезпечує сумісність даних, зниження витрат, прозорість, можливість аудиту, цілісність та автентичність. Для захисту вразливих груп населення було запропоновано блокчейн-рішення, які виходять за рамки відстеження харчових продуктів та охоплюють не лише підтримку харчової цінності молочних продуктів, а також виявлення їх фальсифікації та забруднення.

1.3. Фальсифікація молочних продуктів: поняття, види, причини виникнення

У сучасних умовах зростаючої глобалізації, конкурентного тиску та змін кліматичної ситуації молочна галузь стикається з численними викликами, серед яких особливої уваги заслуговує проблема фальсифікацій. Фальсифікація молочних продуктів, хоча й є давнім явищем, набуває нових форм і масштабів під впливом як ринкових, так і технологічних чинників. Причини її виникнення є багатограними та мають як економічне, так і соціальне, правове й інституційне підґрунтя.

Насамперед, економічний чинник є чи не найголовнішою мотивацією до фальсифікацій. У багатьох країнах, зокрема з невисоким рівнем доходу населення, виробники намагаються знизити собівартість продукції шляхом додавання води, рослинних жирів або замінників білка. За оцінками міжнародних досліджень, фальсифіковане молоко може зменшити витрати виробника на 20–30 %, що забезпечує значну цінову перевагу в конкурентному середовищі [32]. Така логіка «виживання на ринку» часто превалює над етичними нормами та споживчими правами.

Другим вагомим чинником є відсутність або слабкість системи контролю якості. У багатьох регіонах державні інститути не мають ані достатньої кількості лабораторного обладнання, ані фахівців, здатних оперативно виявляти порушення. Навіть у країнах із розвиненими економіками ефективність перевірок залишається вибірковою, а більшість виявлень фальсифікації відбувається внаслідок скарг або незалежних досліджень.

Технологічна доступність також відіграє свою роль. Сучасні технології, як-от мікрофлюїдні пристрої, 3D-друк, спектроскопія, стають інструментами як для контролю, так і для самих фальсифікаторів [33]. Наприклад, наявність стабілізаторів та емульгаторів дозволяє створювати продукти, які зовні й за

смаком не відрізняються від справжнього молока, хоча фактично є його імітацією. Водночас такі «сірі» технології дозволяють обманювати як споживача, так і прості лабораторні тести.

Ще однією важливою причиною фальсифікацій є низький рівень обізнаності споживачів. Більшість покупців не мають можливості або звички перевіряти склад продуктів, що відкриває поле для маніпуляцій. Особливо це стосується молочних продуктів з коротким терміном зберігання, таких як сир, сметана чи кефір, які найменше піддаються глибокому лабораторному контролю в реальних умовах торгівлі. Значний вплив має також сезонний дефіцит сировини, особливо влітку або взимку. У цей період зниження надоїв провокує виробників до додавання сторонніх речовин для збереження стабільності поставок. Частина підприємств використовує ці заходи як «тимчасовий компроміс», що з часом перетворюється на постійну практику.

Не можна оминути й етичну деградацію бізнесу — брак корпоративної відповідальності, коли прибуток ставиться вище за безпеку та здоров'я споживача. У глобальній перспективі це формує кризу довіри до молочної продукції як такої. Дослідження Schaefer et al. [34] показують, що понад 35 % респондентів у ЄС сумніваються в якості купованого молока, що свідчить про системну недовіру.

Сучасні дослідження демонструють, що до 20 % зразків молока в країнах, що розвиваються, містять сторонні домішки, які класифікують як фальсифікат. Ця цифра приголомшує, особливо враховуючи те, що мова йде про продукт, який вживають щоденно мільйони людей — від немовлят до літніх осіб. Різноманіття фальсифікаторів варіюється від примітивного розведення водою — найбільш поширеної форми обману — до складніших маніпуляцій, як-от додавання сечовини, мила, крохмалю, миючих засобів, глюкози, соди, формаліну, перекису водню тощо [35].

Розведення водою, хоч і вважається «традиційною» формою фальсифікації, не є безневинною. Така маніпуляція змінює харчову цінність

продукту, знижує вміст білка, кальцію та інших мікроелементів. У разі використання неякісної води — а це часто трапляється в умовах неконтрольованого виробництва — можливе занесення в молоко патогенів, зокрема кишкової палички або сальмонели.

Інший поширений тип фальсифікації — додавання крохмалю, що маскує зниження густини та створює ілюзію насиченості. Такий підхід, хоча й менш токсичний, усе ж небезпечний для людей з харчовими алергіями або непереносимістю до складових. Глюкоза і сечовина, своєю чергою, не лише порушують хімічний склад молока, а й можуть спричинити порушення роботи нирок при системному вживанні, особливо у дітей [33].

Не менш тривожною є фальсифікація консервантами, зокрема формаліном та перекисом водню, які використовують для збільшення терміну зберігання молока. Ці речовини, будучи потужними окисниками, при тривалому вживанні асоціюються з канцерогенними ризиками. Формалін, наприклад, є сполукою, що класифікується як канцероген I групи за класифікацією ВООЗ. Нове покоління фальсифікацій пов'язане з використанням рослинних жирів замість молочних, особливо в сирі, вершковому маслі та сметані. Такі заміни важко виявити органолептично, але вони значно знижують харчову цінність продукту. За результатами одного з досліджень, понад 30 % зразків вершкового масла на українському ринку у 2023 році містили значну частку немолочних жирів [32].

З розвитком цифрових технологій з'явилися й новітні методи виявлення фальсифікацій. Зокрема, використання ІЧ-спектроскопії в поєднанні з хемометричними алгоритмами, мікрофлюїдних тестів та нейронних мереж дозволяє виявляти домішки з точністю до 96–98 % [35]. Особливий інтерес викликають компактні прилади для експрес-аналізу, які можна використовувати навіть у польових умовах або на споживчому рівні.

Таблиця 1.2 - Види фальсифікації [33]

Вид фальсифікації	Мета фальсифікації	Можливі наслідки для здоров'я
Розведення водою	Збільшення об'єму молока	Ризик патогенів, зниження харчової цінності
Додавання крохмалю	Імітація густоти та вмісту сухих речовин	Алергічні реакції, порушення травлення
Додавання глюкози/сечовини	Маскування нестачі білка, підвищення густоти	Токсичність для нирок, особливо у дітей
Консерванти (формалін, перекис водню)	Збільшення терміну зберігання	Канцерогенність, токсичність, отруєння
Заміна молочного жиру рослинним	Зменшення собівартості продуктів	Зниження біологічної цінності, порушення обміну речовин
Використання миючих засобів або соди	Імітація білкової піни, маскування розбавлення	Отруєння, розлади шлунково-кишкового тракту

Фальсифікація молочних продуктів — це не лише технологічне чи економічне порушення, а комплексна проблема з етичним, медичним і

соціальним вимірами. У сучасних умовах вона вимагає не просто вдосконалення методів контролю, а й формування нової культури споживання, підвищення відповідальності виробників, інтеграції цифрових технологій у моніторинг та посилення законодавчого регулювання.

У зв'язку з масштабами фальсифікацій у молочному секторі, що охоплюють як розвинені, так і країни, що розвиваються, дедалі більшої актуальності набуває питання розробки та впровадження ефективних, точних і доступних методів виявлення недобросовісних практик. Сучасна наука пропонує широкий спектр підходів — від традиційних лабораторних аналізів до новітніх технологій на стику біотехнологій, хеометрії та штучного інтелекту. Одним із найпоширеніших напрямів у виявленні фальсифікацій є інфрачервона спектроскопія (ІЧ-спектроскопія), зокрема у середньо- та ближньоінфрачервоному діапазонах. Вона дозволяє швидко й безконтактно визначати хімічний склад молока, а також виявляти сторонні домішки, як-от крохмаль, сода, сечовина, формалін або рослинні жири. ІЧ-аналіз дозволяє з точністю до 97 % ідентифікувати навіть мінімальні домішки в сирому молоці.

Не менш важливу роль відіграє спектроскопія у поєднанні з хеометричними методами аналізу, зокрема частковим регресійним аналізом найменших квадратів (PLS-DA), що дозволяє класифікувати зразки за ступенем відхилення від стандарту. Така комбінація аналітичних і статистичних інструментів є ефективною для одночасного виявлення кількох фальсифікаторів у реальному часі.

Останні роки стали свідками інтенсивного розвитку мініатюризованих експрес-технологій, зокрема мікрофлюїдних платформ. Наприклад, Patari et al. [35] розробили 3D-паперовий тестовий пристрій, який здатен одночасно виявляти крохмаль, формалін і сечовину за 2–3 хвилини без використання складного обладнання. Подібні тести можуть стати незамінними в умовах польових перевірок або контролю на рівні роздрібної торгівлі.

Іншою перспективною сферою є біосенсори на основі ферментів, що дозволяють фіксувати наявність глюкози, сечовини або перекису водню — речовин, що часто використовуються для продовження терміну зберігання фальсифікованого молока. Sharma et al. [33] успішно апробували фермент-імобілізовані смужки для виявлення цих речовин у польових умовах.

Новітній вектор — використання алгоритмів штучного інтелекту, зокрема згорткових нейронних мереж (CNN), для аналізу зображень молочних продуктів. Khan et al. [36] довели, що використання моделі на базі CNN дозволяє з точністю понад 95 % розпізнавати зразки фальсифікованого молока за характером текстури та колірної гами. Водночас активно розвивається напрям спектроскопії в поєднанні з великими даними (Big Data), що дозволяє обробляти великі масиви інформації в режимі реального часу, виявляючи як явну, так і латентну фальсифікацію. Особливе значення має створення баз даних молока різних регіонів і пори року для побудови еталонних профілів.

Не варто забувати і про традиційні методи: титрування, визначення густини, кислотності, рефрактометрія — залишаються актуальними, зокрема для первинної перевірки молока на місцях. Проте їх ефективність значно нижча порівняно з новітніми інструментами, а результати можуть залежати від суб'єктивного фактору та умов проведення. Сучасна система контролю фальсифікацій молочних продуктів базується на принципах інтеграції класичних і інноваційних підходів, серед яких ключовими є швидкість, точність, доступність і можливість автоматизації. У майбутньому розвиток цієї галузі, ймовірно, буде зосереджений на створенні мобільних платформ, використанні хмарних сервісів для обробки даних та впровадженні AI-аналізу у повсякденну практику державного і комерційного контролю.

Серед усіх доступних методів збереження молока та молочних продуктів охолодження, без перебільшення, залишається найпростішим, найдоступнішим і водночас найефективнішим способом подовження їх терміну придатності. Його популярність пояснюється як фізіологічними

властивостями самого молока — багатого на білки, жири й вуглеводи, що є чудовим середовищем для розвитку мікроорганізмів, — так і технологічною зручністю реалізації охолодження на різних етапах: від доїння до транспортування та роздрібного продажу.

Відповідно до загальноприйнятих стандартів, температура зберігання сирого молока має бути не вищою за $+4^{\circ}\text{C}$. Саме в такому діапазоні істотно пригнічується активність як патогенних, так і умовно патогенних мікроорганізмів, зокрема кишкової палички, стафілококів та лістерій [37]. Дослідження демонструють, що навіть короткочасне перевищення температурного режиму ($+6$ – 8°C) здатне активізувати бактеріальний ріст у 2–3 рази, що не лише знижує якість молока, а й унеможливорює його подальше перероблення.

Система охолодження молока складається з кількох ключових ланок. По-перше, це швидке охолодження після доїння, що дозволяє "законсервувати" мікробіологічний стан молока у момент отримання. По-друге, безперервне підтримання низької температури на всіх етапах транспортування, з використанням ізотермічних цистерн або спеціалізованих рефрижераторів. І по-третє, суворий контроль температурного режиму в місцях зберігання — від переробних заводів до супермаркетів.

Варто зазначити, що тривалість зберігання молока при охолодженні обмежена. У середньому, сире молоко можна зберігати при $+4^{\circ}\text{C}$ не більше ніж 48–72 години без значного зниження якості. Подовження цього терміну вимагає або додаткової термічної обробки (пастеризації), або використання хімічних консервантів, які не завжди є прийнятними з точки зору здоров'я споживача. Особливу увагу в останні роки приділяють так званому "розумному охолодженню", що передбачає моніторинг температури в режимі реального часу за допомогою сенсорних систем та IoT-технологій. Такі рішення вже впроваджуються у великих молочних господарствах і дають

змогу не лише зберігати якість продукції, а й запобігати фальсифікації або порушенню умов транспортування.

Водночас у багатьох регіонах світу, зокрема в сільських районах країн, що розвиваються, охолодження досі залишається недоступною розкішшю. Через відсутність електропостачання або холодильної техніки, фермери змушені вдаватися до традиційних методів збереження, наприклад, заквашування або копчення, які істотно змінюють характеристики продукту.

У сучасному молочному виробництві, де безпечність продуктів стоїть у центрі технологічного ланцюга, термізація розглядається як один із перспективних методів консервування, що забезпечує баланс між мікробіологічною безпекою та збереженням харчової цінності. Попри те, що цей метод є менш відомим широкому колу споживачів у порівнянні з пастеризацією або ультрапастеризацією, він набуває дедалі більшої популярності серед виробників, які прагнуть зберегти «живу» структуру молока при мінімальному втручанні.

Термізація — це короткочасне нагрівання сирого молока до температури 57–68°C протягом 15–30 секунд. Цей температурний режим є проміжним між охолодженням та пастеризацією, і має на меті знищення психрофільної мікрофлори, яка є основним чинником псування молока при низьких температурах зберігання [38]. На відміну від повної пастеризації, термізація не знищує всю мікрофлору, однак значно знижує її кількість до рівня, який дозволяє зберігати молоко протягом 3–5 діб при температурі +4°C без істотних втрат якості.

Практичні переваги термізації зумовлюють її поширення серед молокозаготівельних кооперативів і малих виробників. Зокрема, метод дозволяє стабілізувати якість сировини перед транспортуванням на великі переробні підприємства без необхідності в дорогих установках для пастеризації. Термізоване молоко зберігає на 85–90% більше природних ферментів і імунологічно активних білків, порівняно з пастеризованим [38].

Окрему увагу термізація отримала в контексті досліджень мікробіоти молока. Згідно з даними Kennang Ouamba et al. [38] метод дозволяє зберігати структуру мікробної спільноти, що особливо важливо для наукових цілей, а також при виробництві ферментованих продуктів, таких як йогурти чи кисломолочні напої.

Слід зазначити, що термізація не є самодостатнім методом консервування в довгостроковому періоді, однак вона ефективно поєднується з іншими заходами, такими як охолодження, санітарна обробка тари, або навіть використання природних біоконсервантів. Як відзначає Singh et al. [39], комбінація термізації з використанням молочнокислих бактерій дозволяє продовжити термін зберігання до 7 діб без зміни органолептичних властивостей продукту.

У сільських регіонах Африки, згідно з дослідженням Nuwemuhwezi & Ssemakula [40], термізація використовується як локальний спосіб стабілізації молока в умовах нестабільного електропостачання. Там цей метод застосовують на рівні домогосподарств як компроміс між відсутністю холодильного обладнання та потребою в безпечному зберіганні.

Таким чином, термізація постає як адаптивний, поміркований метод консервації, що ідеально підходить для малих та середніх виробників. Вона не лише дозволяє продовжити термін зберігання продукту без значних втрат у складі, але й зберігає його «живу» природу, що відповідає сучасним трендам у харчовій промисловості — мінімальна обробка при максимальній користі.

Пастеризація — це термічна обробка молока при температурі нижче точки кипіння (зазвичай у межах 60–85 °C), яка має на меті знищення патогенних мікроорганізмів і ферментів, що спричиняють псування продукту. Цей метод зберігає більшість природних властивостей молока, але суттєво подовжує термін його придатності — з 24 годин (у випадку сирого молока) до 5–10 днів у пастеризованого [39].

Пастеризація забезпечує майже повну елімінацію збудників туберкульозу, бруцельозу, кишкової палички та сальмонели. Саме тому вона вважається одним із основних елементів системи харчової безпеки, що гарантує споживачеві якісний і безпечний продукт.

Однак ефективність пастеризації залежить від дотримання технологічного режиму. Класична низькотемпературна пастеризація (63 °C протягом 30 хвилин) забезпечує збереження смаку й вітамінів, але потребує більше часу та енергії. Водночас високотемпературна обробка (наприклад, 72 °C протягом 15 секунд) дозволяє зменшити втрати поживних речовин і є більш енергоефективною. Ультрапастеризація (УНТ, до 135 °C за 1–2 секунди) дає змогу зберігати молоко до 6 місяців без холодильника, хоча й дещо змінює його органолептичні властивості [39].

У практиці фермерських господарств і малих виробників пастеризація часто проводиться у спрощеному вигляді, з використанням неавтоматизованих систем, що, на жаль, підвищує ризик недотримання температурного режиму. У традиційних умовах пастеризацію здійснюють над відкритим вогнем, що ускладнює контроль за точністю обробки, особливо за відсутності термометра.

Слід також згадати альтернативні термічні технології, які вдосконалюють класичну пастеризацію. Наприклад, застосування високовольтного електричного поля (HVEF) забезпечує подібний до пастеризації ефект без суттєвого підвищення температури. Такий метод дозволяє зберегти натуральний смак і структуру молока, але поки що залишається переважно експериментальним. Ще одним напрямом розвитку є комбіновані методи — поєднання пастеризації з ферментацією, охолодженням або використанням натуральних антимікробних сполук, зокрема лізоциму чи ефірних олій. Ці підходи можуть не тільки подовжити термін зберігання, а й додатково підвищити функціональні властивості продукту.

Пастеризація залишається «золотим стандартом» у консервуванні молочних продуктів — методом, який об'єднує надійність, відносну простоту, технологічну гнучкість і ефективність. Сучасна наука спрямовує зусилля на її оптимізацію та інтеграцію з інноваційними техніками, що дозволяє адаптувати цей підхід до нових вимог споживача і викликів безпеки харчової продукції.

Серед різноманітних методів консервування молочних продуктів стерилізація посідає особливе місце як один із найефективніших способів тривалого збереження харчової безпеки, при мінімальному використанні хімічних консервантів. З огляду на високу біологічну активність молока, його багатий мікробіологічний склад та схильність до швидкого псування, саме стерилізація дозволяє істотно подовжити термін зберігання без суттєвих втрат органолептичних властивостей або харчової цінності.

Суть методу полягає у нагріванні молока до температур понад 100 °C (зазвичай до 110–135 °C) із подальшим герметичним пакуванням. Такий термічний вплив забезпечує повну інактивацію патогенних мікроорганізмів, спороутворюючих бактерій та ферментативних систем, відповідальних за псування продукту. Завдяки цьому стерилізоване молоко може зберігатися від 6 місяців до року без холодильника — показник, який принципово недосяжний для пастеризованого або ферментованого молока [39].

Особливої актуальності метод набуває в умовах нестабільних логістичних ланцюгів або відсутності холодильного обладнання, зокрема в сільських районах або зонах гуманітарних криз. У цьому контексті стерилізація є не лише технологічним прийомом, а й інструментом забезпечення продовольчої безпеки. Наприклад, у країнах Південної Азії понад 70 % фасованого молока реалізується саме у стерилізованому вигляді, що забезпечує більшу гнучкість у дистрибуції [40].

Водночас стерилізація має і свої обмеження. Тривалий або надмірний термічний вплив може зумовити часткову деградацію чутливих вітамінів (зокрема B1 і B6), зміну смаку та легке карамелізування лактози. Ці зміни, хоча

й не шкодять здоров'ю, можуть впливати на сприйняття продукту споживачем, особливо в регіонах із високими органолептичними вимогами.

У контексті інноваційних технологій з'являються також альтернативні методи стерилізації, зокрема обробка високовольтним електричним полем (HVEF). Як засвідчили експерименти Mogla et al. [41], застосування електричного поля інтенсивністю 30–40 кВ/см дозволяє досягнути мікробіологічної стабільності молока без суттєвого нагріву, що мінімізує втрати поживних речовин і зберігає натуральний смак.

У контексті глобального зростання вимог до безпеки та терміну зберігання харчових продуктів, традиційні методи консервування молока — пастеризація, охолодження, хімічне консервування — поступово доповнюються або навіть витісняються інноваційними технологіями. Однією з таких перспективних альтернатив є метод опромінення, зокрема застосування високовольтного електричного поля (High Voltage Electric Field, HVEF), який набирає дедалі більшої популярності в наукових колах і на практиці.

Технологія HVEF передбачає вплив на молочну продукцію електричних полів інтенсивністю до 40 кВ/см, що, згідно з дослідженням Mogla et al. [41], дозволяє істотно пригнічувати ріст мікроорганізмів, відповідальних за псування. Зокрема, результати їх експерименту показали, що під впливом HVEF мікробіологічна стабільність сирого молока збільшується щонайменше на 5 днів без суттєвої втрати органолептичних або харчових якостей.

Опромінення не призводить до термічного нагрівання продукту, що важливо для збереження термочутливих компонентів, таких як вітаміни групи В, кальцій, лактоза та молочні білки. Це вигідно відрізняє HVEF від традиційної термічної обробки, яка часто змінює смак і текстуру молока.

Крім мікробіологічного ефекту, HVEF також демонструє здатність знижувати активність ензимів, зокрема фосфатази, що може сповільнювати

процеси гідролізу білків і жирів, подовжуючи тим самим термін зберігання не лише молока, а й перероблених продуктів, таких як йогурт чи вершки.

Однак, як і будь-яка технологія, метод опромінення має свої виклики. Основними з них є енергозатратність установки, необхідність точного контролю параметрів напруги та тривалості опромінення, а також психологічне сприйняття споживачами, які часто плутають іонізуюче випромінювання з радіоактивністю. Проте варто підкреслити, що HVEF не має жодного стосунку до радіації й є цілком безпечним для споживання.

Станом на сьогодні ця технологія продовжує активно досліджуватись у провідних лабораторіях, зокрема у рамках міждисциплінарних досліджень у сфері харчової інженерії, мікробіології та безпеки харчових продуктів. Крім HVEF, вивчаються також інші методи нетеплового впливу — ультразвук, високий тиск, УФ-опромінення — проте саме електрополя мають потенціал стати частиною промислового стандарту в найближчому майбутньому.

Хімічна консервація традиційно посідає важливе місце серед методів збереження якості молока та молочних виробів упродовж тривалого часу. Одним із найдавніших і водночас найконтroversійніших методів є використання перекису водню (H_2O_2). Як показують дослідження Rokhsana et al. [42], добавка цього консерванту в низьких концентраціях може ефективно пригнічувати розвиток мікроорганізмів у сирому коров'ячому молоці, продовжуючи термін його придатності щонайменше на 48 годин при температурі +4 °C. Проте довготривале використання перекису пов'язане з токсикологічними ризиками, адже навіть сліди цієї речовини можуть негативно вплинути на слизову оболонку шлунково-кишкового тракту при регулярному вживанні. Іншим хімічним агентом, що здобув увагу вчених, є азидол — антимікробний консервант, який забезпечує ефективне збереження мікробіоти сирого молока для подальшого мікробіологічного аналізу. Комбіноване використання азидолу та диметилсульфоксиду (DMSO) дозволяє

зберігати проби протягом тижня без суттєвих змін у структурі бактеріальних спільнот, що є критично важливим для молекулярно-генетичних досліджень.

У сільськогосподарській практиці, зокрема в умовах спекотного клімату, набули поширення антисептики рослинного походження та кислотні добавки (оцтова, молочна кислоти). Їх популярність обумовлена порівняно низькою вартістю та доступністю. Проте, як зазначають Singh et al. [39], ефективність таких засобів значною мірою залежить від дозування, способу введення й технологічних умов, що часто ускладнює їх стандартизацію.

Хімічна консервація також використовується у виробництві сухого молока та молочних порошків, де додавання стабілізаторів (наприклад, триполіфосфатів) дозволяє зберігати розчинність, попереджуючи агрегацію білків. Проте важливо дотримуватись встановлених норм, оскільки надмірне використання фосфатів може призвести до порушення метаболічного балансу в організмі споживача.

З етичного та нормативного погляду, питання хімічної консервації залишається предметом дискусій. І хоча деякі методи вже заборонені в ряді країн (наприклад, додавання формаліну або борної кислоти), в окремих регіонах світу вони й досі використовуються, що вказує на потребу в посиленні глобального моніторингу та гармонізації санітарно-гігієнічних стандартів. З огляду на сучасні вимоги безпеки та екологічності харчових продуктів, хімічна консервація переживає процес трансформації. Її роль поступово змінюється — від засобу «швидкої реакції» на метод інтегрованого контролю якості, що поєднує традиційні технології з новітніми підходами, зокрема наноструктурованими консервантами, біополімерними матрицями та природними антибактеріальними агентами.

1.4. Основні фальсифікати молочних продуктів, контроль їх вмісту, нормування і маркування

У сучасній молочній промисловості проблема фальсифікації набуває все більшої актуальності, і одним з найпоширеніших та водночас найсуперечливіших прикладів є використання пальмової олії як заміниці молочного жиру. Ця практика, хоч і не завжди є прямим порушенням технічних регламентів, у багатьох випадках розцінюється як обман споживача, особливо коли заміна відбувається без належного маркування.

Пальмова олія — це рослинний жир, який отримують з м'якоті плодів олійної пальми (*Elaeis guineensis*). Вона має високу термостабільність, тривалий термін зберігання і низьку собівартість, що робить її привабливою для виробників, особливо в умовах інфляційного тиску та високої вартості молочного жиру. Як зазначають Gallo і Minervini [43], саме через ці економічні переваги пальмова олія стала «зручним компромісом» між бізнес-інтересами та технологічними вимогами до продукції.

Однак із наукової точки зору використання пальмової олії в молочних продуктах змінює їх харчовий профіль. Молочний жир містить комплекс біологічно активних сполук: коротколанцюгові жирні кислоти, кон'юговану лінолеву кислоту, фосфоліпіди, які мають імуномодулюючу дію. Водночас у пальмовій олії переважають насичені жирні кислоти, зокрема пальмітинова, надлишкове споживання якої пов'язане з підвищеним ризиком серцево-судинних захворювань [44].

Ще одна проблема — відсутність прозорості у маркуванні. Як зазначено в аналітичному огляді Azad & Ahmed [45], деякі виробники маскують присутність рослинного жиру, використовуючи узагальнені формулювання на кшталт «рослинна олія», не вказуючи її походження. Це створює хибне уявлення про натуральність продукту, що особливо критично у категоріях, де очікується наявність виключно молочних інгредієнтів — вершковому маслі,

сирі, сметані. У більшості випадків визначити вміст пальмової олії в продукті органолептично неможливо. Для цього використовують хроматографічні методи, інфрачервону спектроскопію та мас-спектрометрію — технології, які потребують кваліфікованих спеціалістів і лабораторного обладнання. Тому споживач фактично позбавлений можливості самостійно оцінити автентичність продукту.

Згідно із Законом України № 3947-IX, з 2024 року заборонено використання немолочних жирів, зокрема пальмової олії, у виробництві традиційної молочної продукції (молоко, масло, сметана, сири тощо). Також закон передбачає обов'язкове маркування із вказанням точного походження жирів, якщо вони входять до складу продукту.

Крім того, встановлено граничний вміст трансжирних кислот — не більше 2 г на 100 г жиру. Контроль за дотриманням норм здійснюється через лабораторний аналіз та документальну перевірку.

Окрему стурбованість викликає використання пальмової олії в дитячому харчуванні, зокрема в йогуртах та сирках, які позиціонуються як «збагачені» або «для щоденного споживання». За даними Suman et al. [46], систематичне споживання таких продуктів у дитячому віці може впливати на формування метаболічних порушень, а також створювати харчові звички, не відповідні фізіологічним потребам. У світовій практиці використання пальмової олії не заборонене, однак суворо регулюється. Європейський Союз вимагає чіткого зазначення джерела жиру на етикетці, а також обмеження на вміст насичених жирів у продуктах для дітей. В Україні ж, як показує практика, контроль залишається недостатнім, а ефективна система реагування на фальсифікацію перебуває лише на стадії формування.

У світлі зростаючих вимог до якості й безпечності харчових продуктів, особливо таких чутливих, як молочна продукція, увага до потенційно шкідливих домішок, включаючи харчову соду (натрій гідрокарбонат, NaHCO_3), не лише не зменшується, а навпаки — загострюється. На перший

погляд, сода здається безпечною речовиною, адже вона широко використовується в кулінарії, пекарстві й навіть у медицині як антацид. Однак її навмисне додавання до молока — це вже не технологія, а форма фальсифікації, яка має як технологічні, так і правові наслідки.

Соду додають до молока переважно з двох причин. Перша — це маскування підвищеної кислотності, що є ознакою початку псування продукту. Друга — подовження терміну зберігання молока без охолодження, особливо у регіонах з обмеженим доступом до холодильного обладнання. Дослідження Azad & Ahmed [45] зазначає, що натрій гідрокарбонат, реагуючи з молочною кислотою, нейтралізує її, створюючи хибне враження свіжості продукту. Однак, така «свіжість» — лише візуальна і короткочасна, вона приховує справжній мікробіологічний стан продукту. Серед побічних ефектів тривалого вживання молока із содою — порушення кислотно-лужного балансу організму, особливо небезпечно для дітей і людей із захворюваннями шлунково-кишкового тракту. За даними Gallo & Minervini [43], хронічне споживання продуктів з доданими лужними агентами, зокрема содою, може впливати на секрецію шлункового соку, знижувати апетит і спричиняти функціональні розлади травлення.

Ще один аспект — діагностична помилка під час контрольних перевірок молока. Наявність соди впливає на показники кислотності, густини та вмісту сухих речовин, що ускладнює ідентифікацію інших видів фальсифікацій. Як показують результати огляду Li et al. [47], сода є однією з найбільш поширених і водночас важковизначуваних домішок у молоці, особливо за умов, коли вона додається в малих дозах або разом з іншими речовинами (наприклад, крохмалем чи глюкозою). Крім того, варто згадати, що сода не лише маскує псування, а й пришвидшує мікробну дисоціацію білкових компонентів, що може погіршити технологічні властивості молока під час подальшої переробки, особливо у виробництві сиру або кисломолочних продуктів. Це

створює додаткові ризики для переробників, які використовують таке молоко, не підозрюючи про його попередню "обробку".

З правової точки зору, додавання соди до молока без відповідного маркування вважається санітарним порушенням та фальсифікацією продукту. В країнах Європейського Союзу, Сполучених Штатах Америки та багатьох інших юрисдикціях це суворо заборонено, і за подібні дії передбачена як адміністративна, так і кримінальна відповідальність. Якщо сода використовується як харчова добавка, її наявність повинна бути зазначена в переліку інгредієнтів на упаковці продукту. Наприклад, у списку інгредієнтів може бути вказано: «натрій карбонат (E500)». Така інформація повинна бути легко помітною та зрозумілою для споживача. Додавання соди до молока — це приклад технологічно «вмотивованої» фальсифікації, яка створює ілюзію якості, але насправді несе приховані загрози для здоров'я споживачів і підриває довіру до галузі в цілому. Її виявлення вимагає застосування сучасних аналітичних методів, таких як ІЧ-спектроскопія, хеометричний аналіз і хроматографія, що дозволяють розпізнати навіть мінімальні відхилення від нормативного складу.

Однією з найпоширеніших і водночас найменш помітних фальсифікацій є підмішування крохмалю до молока або молочних виробів. Ця речовина, що у своїй натуральній формі використовується в кулінарії як згущувач, у випадку молочних продуктів може маскувати розбавлення водою, створюючи ілюзію нормальної консистенції.

З технологічної точки зору крохмаль додають для імітації високої масової частки сухих речовин, насамперед білка. У розведеному молоці знижуються показники густини, що легко виявити за допомогою стандартних лабораторних методів, тому додавання крохмалю частково «вирівнює» ці параметри. Таку практику особливо часто застосовують у тіньовому секторі — в малих господарствах, приватних переробних підприємствах або в ланцюгах, де відсутній належний контроль якості.

В окремих регіонах Африки та Азії понад 10 % вибірових зразків молока містили залишки крохмалю [46]. При цьому важливо зазначити, що навіть у розвинених країнах фальсифікації крохмалем трапляються в окремих партіях продукції низької цінової категорії. Проблема ускладнюється тим, що в невеликих дозах крохмаль не змінює смак або запах продукту, а значить — практично не викликає підозр у пересічного споживача.

Хоча сам по собі харчовий крохмаль не є токсичним, регулярне споживання фальсифікованої продукції з його надлишком може призвести до порушення травлення, особливо у дітей і літніх людей, а також у пацієнтів з ферментативною недостатністю. Більше того, використання нехарчового технічного крохмалю (наприклад, з текстильної промисловості) становить серйозну загрозу для здоров'я — у такому разі можливі алергічні реакції, інтоксикації й навіть порушення метаболічних процесів. В Україні, відповідно до чинного законодавства, додавання крохмалю до молочних продуктів допускається лише за наявності технологічної необхідності та повинно бути чітко зазначено в маркуванні. У переліку інгредієнтів крохмаль вказується як «крохмаль» або, при використанні модифікованого варіанту — із зазначенням його типу, наприклад, «модифікований кукурудзяний крохмаль».

Завдяки розвитку аналітичних технологій на сьогодні існує низка ефективних методів виявлення крохмалю у молочних продуктах. Один з найпоширеніших — йодна проба, коли при додаванні краплі йоду до зразка молока забарвлення у фіолетовий або синій колір вказує на наявність крохмалю. Проте для точного кількісного аналізу використовують високоефективну рідинну хроматографію (HPLC) та спектроскопічні методи, які демонструють точність понад 95 % [47]. Слід зазначити, що проблема фальсифікації крохмалем не є ізольованою. Вона найчастіше супроводжується іншими порушеннями — розведенням водою, додаванням соди чи сечовини, що свідчить про комплексний характер проблеми якості у галузі. Її вирішення

потребує посилення контролю на всіх етапах виробничого ланцюга — від ферми до полиці супермаркету.

Антибіотики стали невіддільною частиною сучасного тваринництва, а їх застосування в молочному скотарстві — практикою, що забезпечує стабільність виробництва, контроль хвороб і захист економічних інтересів фермерів. Водночас, їх залишки в молочній продукції викликають занепокоєння у споживачів, регуляторів та медичних фахівців, адже пов'язані з потенційними ризиками для здоров'я людини, включаючи алергічні реакції, порушення мікробіому та антибіотикорезистентність.

Основна причина використання антибіотиків у молочному секторі — лікування та профілактика інфекційних захворювань, передусім маститів — запальних процесів молочної залози, які становлять до 40 % усіх випадків захворюваності в молочному стаді. Для лікування маститу найчастіше застосовують β -лактамні антибіотики, зокрема пеніцилін і цефалоспорини, які забезпечують широкий спектр дії та хорошу проникність у тканини [70]. У випадках тяжкого перебігу захворювання, особливо в умовах недостатньої ветеринарної підтримки, фермери нерідко застосовують антибіотики без належного дотримання дозування, тривалості курсу та періоду виведення препарату з організму тварини.

Іншою важливою причиною є профілактичне застосування антибіотиків. У великих господарствах, де високий рівень тваринної щільності та ризик передачі інфекцій, антибіотики можуть вводитися навіть здоровим коровам — особливо в післяродовий період або в умовах зміни раціону й навколишнього середовища. Це створює умови для накопичення залишків антибіотиків у молоці, які при неналежному контролі надходять у харчовий ланцюг [71].

Не менш важливою є економічна мотивація: хвороба тварини — це втрата продуктивності, зниження якості молока, витрати на лікування, відбраковування продукції. В умовах економічної нестабільності або браку

доступу до якісних ветеринарних послуг фермери часто обирають «самолікування» за допомогою антибіотиків — з метою швидкого відновлення поголів'я або уникнення карантинних витрат.

Крім того, проблема посилюється відсутністю повноцінного моніторингу залишків антибіотиків у продукції на етапі переробки. У багатьох країнах з низьким або середнім рівнем контролю було виявлено, що понад 15 % зразків молока містять сліди заборонених або невведених антибіотиків [72]. Зокрема, це стосується тетрациклінів, сульфонамідів, фторхінолонів, які застосовуються при інфекціях дихальної та шлунково-кишкової систем.

Варто також враховувати, що деякі антибіотики мають подвійне використання — як ветеринарні засоби й водночас як технологічні інгібітори для продовження терміну зберігання сирого молока. Хоча це грубе порушення законодавства, воно ілюструє, наскільки глибоко проблема пов'язана з браком нагляду, освіти та ресурсів.

Застосування антибіотиків у молочному виробництві — це, з одного боку, необхідна умова ветеринарного контролю, а з іншого — фактор ризику, що потребує системного управління. Причини їх використання — як об'єктивні (хвороби, профілактика), так і суб'єктивні (економія, недотримання протоколів), — вказують на потребу в посиленні регуляторної бази, розбудові системи спостереження та підвищенні обізнаності виробників. В умовах зростання антибіотикорезистентності та споживчої чутливості до якості харчових продуктів, встановлення допустимих рівнів залишкових кількостей антибіотиків (максимально допустимих рівнів — МДР) стало одним із ключових елементів системи контролю безпечності молочної продукції.

На міжнародному рівні встановлення МДР координується через роботу Комісії Codex Alimentarius та регулюється європейським законодавством (зокрема, Regulation (EU) No 37/2010). Наприклад, для β -лактамів, таких як пеніцилін G, встановлено МДР у межах 4 мкг/кг (тобто 4 мкг на літр молока), а для стрептоміцину — 200 мкг/кг. Для інших антибіотиків, як-от

окситетрациклін або еритроміцин, встановлені межі становлять 100 мкг/кг та 40 мкг/кг відповідно [71].

У США ці значення схожі, однак допускаються певні відмінності в періодах виведення. Наприклад, якщо корова отримує пеніцилін внутрішньом'язово, то молоко дозволяється використовувати лише через 72 години після останньої ін'єкції, аби уникнути перевищення порогу МДР [73]. Європейський Союз дотримується ще жорсткіших вимог — навіть сліди антибіотиків понад встановлений рівень є підставою для утилізації партії молока.

Українське законодавство (Наказ Мінагрополітики №118 від 12.03.2019) узгоджено з європейськими нормативами. Згідно з ним, для сирого молока-сировини, що використовується для переробки, також встановлено гранично допустимі рівні залишкових кількостей ветеринарних препаратів, включно з антибіотиками. Однак, як показують дослідження, на практиці проблема виявлення антибіотиків полягає не лише у перевищенні допустимих меж, а й у прихованому, несанкціонованому застосуванні препаратів (Ríos et al., 2024).

За даними Botelho et al. [70], в регіонах із слабким ветеринарним наглядом понад 10 % випадків перевищення МДР припадають на тетрацикліни, 6 % — на сульфонаміди, і 4 % — на фторхінолони. У Колумбії, наприклад, в одному з досліджень понад 15 % зразків пастеризованого молока мали залишки антибіотиків, зокрема β -лактамів, що свідчить про серйозні порушення технології утилізації молока з вмістом препаратів.

2 МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

2.1. Поняття норм якості продуктів харчування

Якість харчових продуктів — це не лише смак чи зовнішній вигляд, а передусім відповідність певним нормативам, які гарантують безпечність і поживну цінність продукції. Ці норми встановлюються на рівні держави та міжнародних організацій і охоплюють широкий спектр характеристик — від складу, кількості основних інгредієнтів, до фізико-хімічних, мікробіологічних показників.

У законодавстві України основними документами, що регулюють ці питання, є Технічний регламент щодо харчових продуктів, Закон «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» та ДСТУ, серед яких — ДСТУ ISO 9001:2015.

Якість нормується через вимоги до:

- Безпечності (відсутність шкідливих речовин);
- Харчової цінності (збереження білків, жирів, вітамінів);
- Ідентичності (відповідність заявленому складу);
- Упаковки та маркування (повна та правдива інформація для споживача).

У реальності ж на ринку трапляється значна частка фальсифікованої продукції. За даними досліджень, у 2019 році в Україні було виявлено понад 40% випадків фальсифікації харчових продуктів під час перевірок. Найчастіше фальсифікуються молочні вироби, ковбаси, мед, олія, крупи. Основні способи фальсифікації — це:

- Асортиментна (заміна продукту на дешевший аналог);
- Якісна (використання дешевих інгредієнтів замість заявлених);
- Кількісна (зменшення маси або об'єму без зміни ціни);
- Інформаційна (неповне або недостовірне маркування).

Для виявлення фальсифікатів застосовують лабораторні аналізи, а також порівняння продукту зі стандартами ДСТУ. Наприклад, у випадку молочних продуктів встановлено чіткі граничні норми для вмісту жиру, білка, відсутності немолочних жирів (як-от пальмова олія).

Ефективна боротьба з фальсифікатами потребує не лише контролю з боку держави, а й підвищення обізнаності споживачів. Законодавство передбачає обов'язкове маркування всіх інгредієнтів, включаючи харчові добавки, барвники та ароматизатори. Проте його дотримання не завжди гарантоване без належного контролю.

2.2. Вітчизняні нормативи щодо якості молочної продукції: допустимі рівні показників та методи їх визначення

Якість та безпечність молочної продукції є ключовими факторами продовольчої безпеки держави та здоров'я населення. В Україні контроль за молочною галуззю здійснюється на основі низки національних стандартів та нормативно-правових документів, які визначають вимоги до фізико-хімічних, мікробіологічних, органолептичних показників продукції, а також до умов її виробництва, зберігання та транспортування. Ці нормативи є обов'язковими для виконання як великими переробними підприємствами, так і малими виробниками, зокрема фермерами та фермерськими кооперативами.

Сучасна нормативна база формується з урахуванням європейських підходів, гармонізації з вимогами ЄС, а також адаптації до новітніх технологічних змін у харчовій промисловості. Вона охоплює як загальні технічні умови, так і спеціалізовані стандарти для окремих видів молочної продукції, включаючи пастеризоване молоко, кисломолочні вироби, сметану, йогурти, згущене молоко тощо.

Нижче наведено перелік основних вітчизняних нормативів, які регулюють якість і безпечність молочної продукції в Україні:

1. **ДСТУ 2661:2010** – Молоко коров'яче питне. Технічні умови
Встановлює вимоги до питного пастеризованого, стерилізованого, ультрапастеризованого молока.
2. **ДСТУ 3662:2018** – Молоко коров'яче-сировина. Технічні умови
Містить вимоги до якості молока-сировини за фізико-хімічними, мікробіологічними показниками, допустимі рівні домішок.
3. **ДСТУ 4273:2003** – Молоко та молочні продукти. Правила приймання, методи відбору проб та підготовки їх до аналізу
Регламентує процедуру відбору проб молочної продукції для лабораторного контролю.
4. **ДСТУ ISO 707:2001** – Молоко та молочні продукти. Керівні вказівки щодо відбору проб. Стандартизує методику відбору зразків для контролю якості молока та молочних продуктів.
5. **ДСТУ 4503:2005** – Вершки і молоко згущені. Технічні умови
Визначає вимоги до якості згущених молочних продуктів із цукром і без.
6. **ДСТУ 4399:2005** – Сметана. Технічні умови
Регламентує органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники для сметани.
7. **ДСТУ 6004:2008** – Йогурти. Загальні технічні умови
Встановлює вимоги до йогуртів, включаючи допустимі добавки, масову частку жиру та мікрофлору.
8. **ДСТУ 7357:2013** – Молоко кисломолочне. Технічні умови
Визначає вимоги до кефіру, ряжанки, ацидофіліну та інших кисломолочних продуктів.
9. **Закон України “Про безпечність та якість харчових продуктів”**
Комплексний нормативно-правовий акт, що визначає загальні принципи

безпеки, простежуваності та контролю молочних (і не лише) продуктів на ринку.

10. Наказ Мінагрополітики №118 від 12.03.2019 – Вимоги до безпеки та якості молока і молочних продуктів. Актуалізовані вимоги до фізико-хімічних та мікробіологічних показників, терміни введення в дію вимог до сирого молока.

Молочна продукція, як один із найбільш чутливих до зовнішніх впливів харчових сегментів, вимагає чітко визначених стандартів якості, які забезпечують її безпеку для споживача та придатність до зберігання, переробки і транспортування. В Україні система оцінювання якості молока та молочних виробів ґрунтується на сукупності національних стандартів — ДСТУ, а також окремих нормативно-правових актів, гармонізованих із європейськими вимогами.

На рівні молока-сировини головним нормативним документом є ДСТУ 3662:2018 [50]. Цей стандарт класифікує молоко за якісними ознаками на три гатунки: екстра, вищий, перший. Ключові фізико-хімічні показники, що підлягають контролю, включають:

- Масову частку жиру, яка повинна становити не менше 3,4 % (для коров'ячого молока);
- Масову частку білка – щонайменше 2,8 %;
- Густину – від 1027 до 1034 кг/м³ залежно від жирності;
- Кислотність – у межах 16–18 °Т (Тернера);
- Температура приймання – не вище +10 °С.

Окремої уваги заслуговують мікробіологічні показники. Для молока гатунку "екстра" загальне бактеріальне забруднення не повинно перевищувати 300 тис. КУО/см³, для "вищого" – 500 тис., а для "першого" – до 3 млн КУО/см³. Вміст соматичних клітин — важливий показник здоров'я дійної худоби — не повинен перевищувати 400 тис./см³ для молока вищих гатунків.

ДСТУ 2661:2010 [51] регламентує вимоги до пастеризованого та ультрапастеризованого молока, зокрема допустимий термін зберігання (до 5 діб у пастеризованого, до 21 доби — у ультрапастеризованого), відсутність сторонніх запахів, осаду, згустків, зміни кольору.

У кисломолочній продукції — відповідно до ДСТУ 7357:2013 [52] та ДСТУ 4399:2005 [53] — особливу увагу приділяють органолептичним властивостям (густота, однорідність, приємний кисломолочний запах), а також вмісту живих молочнокислих бактерій (не менше 10^7 КУО/см³ для йогуртів і не менше 10^6 для сметани та кефіру).

Не менш важливими є показники відсутності забруднювачів. Згідно з Наказом Мінагрополітики №118 від 12.03.2019, у молоці заборонено перевищення допустимих рівнів антибіотиків (наприклад, пеніциліну – не більше 4 мкг/кг), мікотоксинів (афлатоксину М1 – до 0,05 мкг/кг), залишків миючих засобів, а також додавання будь-яких сторонніх домішок (крохмалю, соди, перексиду водню тощо) [54].

Гігієнічні та санітарні вимоги до виробництва, визначені в ДСТУ 4273:2003 [55] та ISO 707:2001 [56], стосуються методики відбору проб, частоти перевірок, умов транспортування та обов'язкового зберігання зразків продукції для повторного аналізу.

Важливо розуміти, що дотримання зазначених показників — це не просто формальність, а передумова допуску продукції до ринку, зокрема до експортного. В умовах адаптації українського законодавства до вимог ЄС ці норми виступають своєрідною гарантією якості, що підвищує конкурентоспроможність українських виробників як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку.

В Україні методи визначення основних показників якості молока та молочних продуктів чітко регламентуються низкою державних стандартів, зокрема ДСТУ 4273:2003, ДСТУ ISO 707:2001, а також профільними

документами на кожен вид продукції (ДСТУ 3662:2018, ДСТУ 2661:2010 та ін.).

Фізико-хімічні показники залишаються основою більшості контролюючих процедур. Так, масову частку жиру визначають за методом Гербера, де жир виділяється за допомогою сірчаної кислоти, центрифугується і зчитується за шкалою бутирометра. Це один із найдавніших, проте досі ефективних і широко застосовуваних методів у лабораторіях. Масову частку білка часто визначають за методом К'ельдаля або за допомогою інфрачервоної спектроскопії, що дозволяє здійснювати експрес-аналіз без додаткової підготовки проби.

Густина молока вимірюється лактометром — простим у застосуванні приладом, який дає уявлення про загальну концентрацію сухих речовин у молоці. Цей показник є ключовим для виявлення розведення водою — одного з найпоширеніших видів фальсифікації.

Визначення кислотності здійснюється методом титрування з використанням розчину лугу (NaOH) і фенолфталеїну як індикатора. Кислотність дозволяє оцінити ступінь свіжості продукту, а також вплив мікрофлори на нього.

Мікробіологічні методи, згідно з ДСТУ 3662:2018 та Наказом Мінагрополітики №118, включають визначення загальної кількості мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАМ) та кількість соматичних клітин. Ці дослідження проводяться шляхом посіву зразків на цільні живильні середовища, інкубації та підрахунку колоній. Кількість соматичних клітин встановлюють за допомогою тесту "Кальфор", електронно-оптичних методів або автоматизованих систем типу «CombiFoss».

Органолептична оцінка — хоч і вважається суб'єктивною, залишається важливим компонентом. Вона включає візуальне оцінювання (забарвлення, однорідність), запах, смак і консистенцію продукту. Особливого значення

органолептика набуває у кисломолочних виробках, де відхилення в кислотності чи текстурі часто вказують на порушення технології.

Методи виявлення сторонніх домішок і забруднень, таких як крохмаль, сода, перексид водню, базуються на простих хімічних реакціях. Наприклад, наявність крохмалю перевіряється йодною пробою, при якій зразок молока фарбується в синій або фіолетовий колір у разі позитивного результату. Перекис водню можна виявити за допомогою перманганату калію або інших редокс-індикаторів.

Загальна методологія відбору проб і підготовки їх до аналізу регламентується ДСТУ 4273:2003 та ISO 707:2001. Вона включає дотримання температурного режиму, стерильності, вимог до обсягу вибірки, посуду та часу між відбором і тестуванням. Це особливо важливо при експорті продукції, коли від правильності процедури залежить результат всієї партії.

Зазначені методи доповнюються сучасними технологіями: інфрачервоними аналізаторами, хроматографією, системами автоматизованого контролю. Проте традиційні хімічні та мікробіологічні методи залишаються базою лабораторного моніторингу — особливо в умовах невеликих виробництв.

2.3. Європейські стандарти якості молочних продуктів: вимоги, оцінка якості та безпеки

Становлення високих стандартів якості та безпеки молочної продукції є одним із пріоритетів аграрної політики країн Європейського Союзу. У сучасних умовах глобалізації та інтеграції продовольчих ринків вимоги до молочної продукції не обмежуються лише базовими параметрами якості — дедалі більше уваги приділяється простежуваності, гігієні, технологічній чистоті та етиці виробництва. Саме тому ЄС створив

розгалужену систему нормативних документів, яка охоплює як законодавчі акти прямої дії, так і технічні стандарти ISO, що мають рекомендаційний, але фактично обов'язковий для ринку характер.

Європейські стандарти, зокрема регламенти ЄС та міжнародні специфікації ISO, встановлюють чіткі вимоги до всіх етапів виробничого ланцюга: від відбору молока-сировини на фермах до кінцевого пакування готової продукції. Вони охоплюють не лише фізико-хімічні та мікробіологічні показники, а й аспекти належної гігієнічної практики (GHP), систем управління безпечністю (НАССР), а також правила офіційного контролю та імпорто-експортного нагляду.

Для країн, що прагнуть до економічної інтеграції з ЄС, зокрема України, знання й імплементація цих стандартів є ключовим фактором успішного виходу на європейський ринок, адаптації галузі до сучасних вимог і гарантування безпеки харчового ланцюга. Нижче наведено перелік основних нормативних документів, які формують основу регуляторного поля для молочної продукції у Європейському Союзі.

1. Regulation (EC) No 853/2004 – Загальні гігієнічні вимоги до виробництва харчових продуктів
2. Regulation (EC) No 853/2004 – Специфічні гігієнічні правила для харчових продуктів тваринного походження
3. Regulation (EU) No 1308/2013 – Спільна організація ринку сільськогосподарської продукції
4. ISO 22000:2018 – Системи управління безпечністю харчових продуктів (включає НАССР)
5. ISO 707:2008 – Молоко та молочні продукти – Керівні вказівки щодо відбору проб
6. ISO 22184:2021 – Молоко та молочні продукти – Визначення вмісту цукрів методом рідинної хроматографії

7. ISO 21528-2:2017 – Визначення ентеробактерій методом підрахунку колоній
8. Regulation (EU) 2017/625 – Офіційний контроль за дотриманням законодавства щодо харчових продуктів
9. Regulation (EU) 2020/692 – Вимоги до імпорту молока та молочних продуктів з третіх країн
10. European Guide for Good Hygiene Practices in the Production of Artisanal Cheese and Dairy Products – Настанови з гігієни для виробників ремісничої молочної продукції

У сучасній системі харчової безпеки Європейського Союзу молочна продукція посідає стратегічно важливе місце як один із найбільш чутливих і споживаних сегментів продовольчого ринку. Високі вимоги до її якості та безпечності обумовлені не лише харчовою цінністю, а й підвищеним ризиком мікробіологічного, хімічного та технологічного забруднення. Саме тому в ЄС створено комплексну систему правових і технічних стандартів, яка охоплює кожен етап виробництва, контролю та обігу молочних продуктів.

Основою регулювання вважається Regulation (EC) No 852/2004 [60], що визначає загальні гігієнічні вимоги до всіх харчових продуктів. У разі молока ці вимоги конкретизуються у Regulation (EC) No 853/2004 [61], де встановлюються правила щодо первинного виробництва, умов доїння, охолодження, транспортування та переробки. Зокрема, сировинне молоко має зберігатися при температурі не вище +6 °C і містити не більше ніж 100 000 КУО/см³ загальної кількості мікроорганізмів та до 400 000 соматичних клітин на мілілітр.

Що стосується оцінки якості, вона здійснюється відповідно до стандартів ISO, зокрема ISO 707:2008 [62] для відбору проб і ISO 21528-2:2017 [63] для визначення ентеробактерій методом підрахунку колоній. Визначення вмісту цукрів, білків, жирів та інших складників відбувається за допомогою таких методів, як рідинна хроматографія (ISO 22184:2021) [64] та ІЧ-

спектроскопія. Такі аналізи дозволяють не лише визначити відповідність продукту нормативам, але й виявити можливу фальсифікацію або відхилення, що виникають внаслідок порушення технологій.

На системному рівні впроваджується НАССР-підхід, стандартизований у ISO 22000:2018 [65], що вимагає від підприємств впровадження системи управління безпечністю харчових продуктів. Вона базується на виявленні критичних точок ризику на кожному етапі виробництва та реалізації молочної продукції — від ферми до споживача. Така система стала обов'язковою для всіх операторів ринку харчових продуктів тваринного походження в ЄС.

Контроль за дотриманням законодавства здійснюється в межах Regulation (EU) 2017/625 [66], що передбачає офіційний нагляд, аудит, відбір зразків, перевірку документації та систем простежуваності. У разі експорту з третіх країн, таких як Україна, застосовуються додаткові вимоги, викладені в Regulation (EU) 2020/692 [67], що регулює імпорتنний контроль та сертифікацію.

Особливої уваги заслуговують гігієнічні настанови для малих та середніх виробників, зокрема European Guide for Good Hygiene Practices in the Production of Artisanal Cheese and Dairy Products [68], що допомагає впроваджувати стандарти якості на локальному рівні, не ускладнюючи діяльність мікропідприємств.

Таким чином, європейська модель забезпечення якості та безпеки молочних продуктів є багаторівневою, структурованою та орієнтованою на запобігання ризикам, а не лише на реагування на порушення. Її особливістю є інтеграція законодавчих регламентів, технічних стандартів ISO та практичних інструментів контролю, що забезпечують високий рівень захисту здоров'я споживача. Впровадження цієї системи в країнах-партнерах, таких як Україна, є не лише вимогою торговельної гармонізації, а й запорукою підвищення внутрішньої якості продукції та довіри споживача.

2.4. Технологічні методи виявлення фальсифікатів

Визначення фальсифікації в молочній продукції має критичне значення для забезпечення якості, безпеки та достовірності інформації для споживача. Ефективні методи виявлення підробок сприяють захисту здоров'я населення, підтримці добросовісної конкуренції та дотриманню стандартів харчової промисловості.

Кріоскопія — це метод визначення температури замерзання молока, який є одним із найточніших способів виявити фальсифікацію шляхом додавання води. Температура замерзання натурального молока зазвичай коливається в межах від $-0,520$ до $-0,560$ °C. Будь-яке відхилення в бік підвищення свідчить про можливе розведення молока водою.

У науковій статті Soto et al. (2025), опублікованій у журналі *Applied Sciences*, було детально проаналізовано практичне застосування кріоскопії у рамках міжлабораторних тестувань у Чилі. Автори виявили, що середній показник температури замерзання зразків становив $-0,531$ °C. Такий результат є показовим, оскільки свідчить про високу якість молока у вибірці, однак також вказує на необхідність чітко встановлених граничних значень, за якими можна судити про фальсифікацію.

У роботі наголошено, що ефективне використання кріоскопії потребує дотримання міжнародних стандартів, зокрема ISO 13528:2022, який регламентує статистичні підходи до оцінки результатів міжлабораторних досліджень. Авторами також було відзначено, що точність вимірювань значною мірою залежить від кількості учасників тестування. Наприклад, у випадках, коли кількість лабораторій була меншою за вісім, рекомендується застосовувати модифіковану методику оцінки середнього значення, яка враховує потенційну зміщеність результатів.

Метод К'ельдаля є одним із найстаріших і найпоширеніших методів визначення загального вмісту білка в харчових продуктах, зокрема в молоці.

Він був запропонований данським хіміком Йоханом К'ельдалем у 1883 році і з того часу залишається "золотим стандартом" у харчовій аналітиці.

Суть методу полягає у визначенні загального вмісту азоту в зразку. Адже білки містять азот, і знаючи його кількість, можна розрахувати вміст білка, помноживши на коефіцієнт перерахунку (для молока зазвичай використовують коефіцієнт 6,38) (Warakaulle).

Метод складається з трьох основних етапів:

1. Мінералізація — органічна речовина розкладається у присутності концентрованої сірчаної кислоти, яка перетворює азот у форму амонію (NH_4^+).
2. Нейтралізація і дистиляція — до розчину додають луг (зазвичай гідроксид натрію), який вивільняє аміак (NH_3), що потім переганяється у розчин борної кислоти.
3. Титрування — кількість аміаку визначається титруванням кислотами, що дозволяє точно обчислити вміст азоту, а отже — і білка.

Цей метод точний і надійний, проте має і свої обмеження. Він не здатен відрізнити білковий і небілковий азот, тому у продуктах, де є аміни, нітрати чи інші азотовмісні речовини, результат може бути завищеним. Крім того, він потребує тривалого часу, використання агресивних реагентів та спеціального лабораторного обладнання.

Попри це, метод К'ельдаля залишається незамінним у офіційних стандартах контролю якості молочної продукції, зокрема через свою універсальність і відповідність міжнародним нормам.

Метод Дюма — це сучасна альтернатива класичному методу К'ельдаля для визначення загального вмісту білка в харчових продуктах. Він базується на визначенні кількості азоту, але використовує зовсім інший фізико-хімічний підхід. Метод названо на честь французького хіміка Жана-Батіста Дюма, який ще у XIX столітті розробив принципи цього аналізу.

Суть методу полягає в повному згорянні зразка в середовищі чистого кисню при температурі близько 900–1000 °C (Warakaulle). Під час горіння органічні сполуки розкладаються, а зв'язаний у білках азот переходить у молекулярний азот (N_2), який потім вимірюється спеціальним газовим детектором, найчастіше — за допомогою термокондуктивності.

Переваги методу Дюма очевидні:

- Швидкість: один аналіз триває всього кілька хвилин, тоді як метод К'ельдаля може займати понад годину.
- Безпечність: немає потреби в концентрованих кислотах чи лугах, що робить метод екологічно безпечнішим та зручнішим для автоматизації.
- Автоматизація: сучасні прилади дозволяють проводити аналіз без участі оператора після підготовки зразка.

Однак, як і метод К'ельдаля, Дюма не розрізняє джерела азоту — тобто, він так само враховує небілкові форми азоту. Це потрібно враховувати при оцінці результатів у складних або підозрілих зразках.

Інфрачервона спектrophотометрія — це аналітичний метод, що ґрунтується на поглинанні молекулами речовини інфрачервоного (ІЧ) випромінювання. Кожна молекула має унікальний спектр поглинання в ІЧ-діапазоні, що дозволяє ідентифікувати специфічні сполуки в складних матрицях, зокрема в харчових продуктах.

У дослідженні Siva Krishna et al. (2025) для визначення меламіну в сухому молоці використовували середню інфрачервону спектrophотометрію (MIR). Методика включає такі основні етапи:

1. Підготовка зразка: Сухе молоко попередньо розчиняється або наноситься безпосередньо на спеціальну кювету (наприклад, кристалічну пластину з KBr), яка пропускає ІЧ-промені.
2. Сканування ІЧ-спектру: Зразок опромінюється ІЧ-випромінюванням, і прилад фіксує ділянки спектра, де поглинання відповідає

характеристикам меламіну — зазвичай в області $1500\text{--}1700\text{ см}^{-1}$, що відповідає коливанням груп NH та C=O.

3. Порівняння з калібрувальними спектрами: Отримані спектри порівнюються з базою даних або калібрувальними зразками, що містять відомі концентрації меламіну. Це дозволяє не лише підтвердити наявність речовини, а й кількісно її визначити.
4. Обчислення концентрації: Програмне забезпечення інтерпретує інтенсивність сигналу та надає результат у мг/кг або ін. одиницях.

Метод характеризується високою чутливістю — згідно з дослідженням, виявляється до 1 мг меламіну на кг молочного порошку. Крім того, метод не потребує складної пробопідготовки чи використання агресивних хімікатів, що робить його особливо привабливим для харчових лабораторій.

Газова хроматографія (ГХ) є одним із найефективніших методів аналізу профілю жирних кислот у молочних продуктах, що дозволяє виявляти фальсифікацію шляхом додавання рослинних жирів, таких як пальмова олія або маргарин. У дослідженні Radovanović et al. (2025) було проаналізовано можливість виявлення фальсифікації молочного жиру в продукті "каймак" шляхом додавання маргарину та рафінованої пальмової олії. Зразки каймаку були підготовлені з додаванням 5%, 10% та 20% зазначених жирів. Аналіз проводився за допомогою газової хроматографії з полум'яно-іонізаційним детектором (ГХ-ПІД), що дозволило визначити зміни в профілі жирних кислот.

Принцип методу:

1. Підготовка зразка: Жири з молочного продукту екстрагуються та перетворюються на метилові ефіри жирних кислот (FAMES) для покращення леткості та стабільності під час аналізу.
2. Газова хроматографія: FAMES вводяться в хроматограф, де розділяються на колонці з нерухомою фазою. Кожна жирна кислота має

характерний час утримання, що дозволяє їх ідентифікувати та кількісно визначити.

3. Детекція: Полум'яно-іонізаційний детектор фіксує кількість кожної жирної кислоти, що дозволяє побудувати профіль жирнокислотного складу зразка.

Дослідження показало, що додавання маргарину або пальмової олії змінює співвідношення насичених та ненасичених жирних кислот у каймаку. Зокрема, виявлено зменшення вмісту коротколанцюгових насичених жирних кислот (C4:0, C6:0, C8:0, C10:0) та збільшення вмісту довголанцюгових ненасичених жирних кислот (C18:1, C18:2), що характерно для рослинних жирів. Ці зміни дозволяють виявити фальсифікацію навіть при додаванні 10% немолочних жирів.

Газова хроматографія є надійним та точним методом для виявлення фальсифікації молочних продуктів шляхом аналізу профілю жирних кислот. Її застосування дозволяє забезпечити якість та автентичність молочної продукції, що є важливим для захисту прав споживачів та підтримки стандартів харчової безпеки.

Інфрачервона спектроскопія, зокрема середньоінфрачервона (MIR), є потужним інструментом для аналізу складу молочних продуктів і виявлення фальсифікацій. У дослідженні Ceniti et al. (2023) розглянуто застосування середньоінфрачервоної спектроскопії для виявлення домішок і забруднювачів у молоці, включаючи фальсифікацію жирів.

Принцип методу:

1. Спектроскопічний аналіз: MIR-спектроскопія базується на вимірюванні поглинання інфрачервоного випромінювання молекулами зразка. Кожна хімічна сполука має унікальний спектр поглинання, що дозволяє ідентифікувати її присутність.
2. Області спектру: У середньоінфрачервоному діапазоні ($4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$) розташовані характерні смуги поглинання для різних функціональних

груп, таких як C=O, C-H, O-H, що дозволяє детально аналізувати склад жирів.

3. Виявлення фальсифікацій: Зміни в спектрах поглинання можуть свідчити про наявність сторонніх жирів, таких як рослинні олії, у молочних продуктах. Наприклад, зміщення або поява нових піків у спектрі може вказувати на фальсифікацію.

MIR-спектроскопія дозволяє швидко та без використання хімічних реагентів аналізувати молочні продукти на предмет фальсифікацій. Це особливо корисно для рутинного контролю якості на виробництві та в лабораторіях. Завдяки високій чутливості та точності, цей метод є ефективним інструментом для забезпечення автентичності молочних продуктів і захисту споживачів від недобросовісних практик.

Йодна проба є одним із найпростіших і найефективніших методів виявлення фальсифікації молока шляхом додавання крохмалю (Amlqadr). В основі методу лежить хімічна реакція між йодом і амілозою — компонентом крохмалю. У результаті утворюється стійкий комплекс, що має характерне синьо-чорне забарвлення. Це дозволяє візуально визначити наявність стороннього домішку в молочному продукті. Якщо крохмаль у зразку відсутній, розчин зберігає свій жовтуватий колір, що характерно для самого йоду.

Процедура проведення тесту досить проста:

1. Взяти приблизно 5 мл молока в чисту пробірку.
2. Довести зразок до кипіння та дати йому охолонути до кімнатної температури.
3. Додати 1–2 краплі розчину йоду (приготованого шляхом розчинення 2,6 г йоду та 3 г калій йодиду в 200 мл дистильованої води).
4. Спостерігати за зміною кольору: поява синьо-чорного забарвлення вказує на присутність крохмалю.

Метод є якісним, тобто дозволяє визначити лише наявність або відсутність крохмалю в зразку. Для отримання кількісної інформації необхідно застосовувати додаткові аналітичні підходи, наприклад фотометрію чи титриметрію. Основною перевагою йодної проби є її простота, швидкість виконання і відсутність потреби в складному лабораторному обладнанні. Завдяки цьому метод широко використовується не лише в лабораторіях контролю якості, а й у польових умовах або навіть у побуті.

Водночас варто враховувати певні обмеження. Метод не дає змоги точно визначити кількість крохмалю і може давати хибнопозитивні результати у випадках, коли в зразку присутні інші речовини, що утворюють подібні комплекси з йодом. Незважаючи на це, йодна проба залишається дієвим і доступним інструментом для первинного скринінгу фальсифікацій у молочній продукції.

Поляриметрія — це аналітичний метод, що дозволяє визначати концентрацію оптично активних речовин, таких як сахароза, шляхом вимірювання кута обертання площини поляризованого світла при проходженні через розчин. Цей метод широко використовується для виявлення фальсифікації молока шляхом додавання цукрів, які змінюють його оптичну активність (Ceniti).

Принцип дії поляриметрії полягає в тому, що оптично активні речовини, розчинені в рідині, обертають площину поляризованого світла на певний кут, який залежить від концентрації речовини, довжини кювети та температури. Сахароза має специфічне значення обертання, що дозволяє її ідентифікувати та кількісно визначити в суміші.

Процедура аналізу:

1. Підготовка зразка: молоко очищується від білків і жирів шляхом додавання реагентів, таких як ацетат цинку та гексаціаноферат(II) калію, з подальшою фільтрацією.

2. Вимірювання: очищений зразок поміщається в поляриметричну кювету, і вимірюється кут обертання площини поляризованого світла.
3. Інверсія сахарози: для підтвердження наявності саме сахарози проводиться її гідроліз до глюкози та фруктози за допомогою слабого розчину соляної кислоти.
4. Повторне вимірювання: після інверсії проводиться повторне вимірювання кута обертання.
5. Розрахунок: різниця між початковим і повторним вимірюванням дозволяє розрахувати концентрацію сахарози в зразку.

Цей метод є точним і надійним для виявлення додавання сахарози в молочні продукти. Однак варто враховувати, що інші оптично активні речовини, присутні в молоці, можуть впливати на результати, тому важливо проводити додаткові аналізи для підтвердження результатів.

Титриметричні методи, зокрема кислотно-основне титрування, є ефективними інструментами для виявлення фальсифікацій у молочній продукції шляхом додавання лужних речовин, таких як сода або мило. Ці домішки змінюють кислотно-лужний баланс молока, що можна виявити за допомогою вимірювання рН або титрування кислотами.

У дослідженні Jabeen et al. (2022) було розроблено екологічно чисті рН-індикаторні папери на основі природних барвників, таких як куркума, троянда, буряк та червона капуста. Ці індикатори змінюють колір залежно від рН середовища, що дозволяє виявляти зміни кислотності або лужності зразків. Наприклад, індикатор на основі куркуми змінює колір з жовтого на червоний при переході від кислого до лужного середовища, що свідчить про наявність лужних домішок.

Принцип методу:

Кислотно-основне титрування полягає у поступовому додаванні стандартного розчину кислоти до зразка молока до досягнення точки еквівалентності, яка визначається за допомогою індикатора. Зміна кольору

індикатора свідчить про завершення реакції нейтралізації. Кількість доданої кислоти дозволяє розрахувати концентрацію лужних домішок у зразку.

Процедура аналізу:

1. Підготовка зразка молока та фільтрація для видалення твердих частинок.
2. Додавання природного рН-індикатора до зразка.
3. Поступове титрування зразка стандартним розчином кислоти (наприклад, HCl) до зміни кольору індикатора.
4. Запис об'єму доданої кислоти та розрахунок концентрації лужних домішок.

Цей метод є простим, економічним та екологічно безпечним, що робить його придатним для використання в умовах обмежених ресурсів. Використання природних індикаторів знижує потребу в синтетичних хімікатах, що відповідає сучасним тенденціям сталого розвитку.

В умовах посилення контролю за якістю харчових продуктів питання виявлення залишків антибіотиків у молочній продукції набуло ключового значення. Наявність навіть незначних слідів антимікробних препаратів може не лише становити ризик для здоров'я споживачів, але й створювати бар'єри для експорту та підірвати довіру до бренду. З огляду на це, сучасна аналітична практика пропонує низку методів для якісного та кількісного визначення антибіотиків у молоці, що відрізняються за точністю, вартістю, часом виконання та чутливістю.

Найпоширенішими є мікробіологічні інгібіторні тести, такі як Delvotest або Eclipse 100. Принцип їх дії базується на здатності антибіотиків пригнічувати ріст специфічних тестових мікроорганізмів. Після інкубації у пробірках із середовищем відбувається зміна кольору в разі відсутності антибіотика. Ці методи прості, дешеві та підходять для швидкого скринінгу, однак мають обмежену специфічність і не дозволяють визначити тип або концентрацію речовини.

Для більш точної діагностики використовують імуноферментний аналіз (ELISA) — метод, заснований на специфічній взаємодії антитіл з молекулами антибіотиків. ELISA дозволяє виявляти окремі класи речовин, зокрема β -лактами, тетрациклінів або сульфонамідів, із високою чутливістю (до 1–2 мкг/л) і у відносно короткий термін [71]. Його широке використання пояснюється гнучкістю — існують комплекти для індивідуального та групового аналізу, а також сумісність із лабораторним автоматичним обладнанням.

Найвищу точність демонструють методи хроматографічного аналізу, зокрема високоефективна рідинна хроматографія (HPLC) та газова хроматографія в поєднанні з мас-спектрометрією (GC-MS, LC-MS). Ці методи дозволяють не лише виявити, але й кількісно оцінити конкретну сполуку, визначити її структурні особливості та провести ретроспективний аналіз — тобто оцінити, коли і як антибіотик потрапив до продукту [72]. Проте вартість обладнання та складність методик обмежують їх широке застосування, особливо у фермерських лабораторіях.

Додатково використовуються експрес-тест-смужки, які є модифікацією ELISA, але в спрощеній формі. Вони зручні у польових умовах, дозволяють фермеру або контролеру на молокозаводі швидко перевірити наявність порушень до початку переробки партії [73]. Інноваційні підходи, зокрема нанотехнології та біосенсори, перебувають на етапі активної розробки. Вони потенційно забезпечать ще вищу чутливість і можливість багаторазового використання приладів, зокрема з використанням графенових або електрохімічних сенсорів.

Методи визначення антибіотиків у молочній продукції охоплюють широкий спектр технологічних рішень — від простих скринінгових проб до високоточної інструментальної аналітики. Вибір методу залежить від цілей аналізу, доступних ресурсів, типу виробництва та вимог ринку. Усі ці інструменти є критично важливими елементами системи забезпечення

безпеки молока, яка, у свою чергу, формує довіру споживачів і визначає конкурентоздатність продукції на міжнародному ринку.

Забезпечення якості та безпеки молочних продуктів є глобальним пріоритетом, що вимагає застосування різноманітних аналітичних методів, адаптованих до регіональних умов та ресурсів. У статті Poonia et al. (2016) наведено огляд методів виявлення фальсифікацій у молоці, що використовуються в різних частинах світу.

У європейських країнах широко застосовуються високоточні методи, такі як газова хроматографія (GC) та інфрачервона спектроскопія (IR), для аналізу складу молочних продуктів. Ці методи дозволяють виявляти домішки, такі як рослинні жири або сторонні білки, з високою точністю. Наприклад, GC використовується для визначення профілю жирних кислот, що допомагає виявити додавання немолочних жирів.

У зв'язку з випадками фальсифікації молока, зокрема додаванням меламіну, в азійських країнах активно використовуються методи мас-спектрометрії (MS) та інші високочутливі аналітичні техніки. Ці методи дозволяють виявляти навіть незначні кількості шкідливих домішок, забезпечуючи високий рівень безпеки споживання молочних продуктів.

У регіонах з обмеженими ресурсами, таких як Африка та Південна Америка, переважають прості та економічні методи, такі як йодна проба та титриметричні аналізи. Ці методи не потребують дорогого обладнання та можуть бути ефективно використані для виявлення фальсифікацій, таких як додавання крохмалю або лужних речовин.

Вибір методів виявлення фальсифікацій у молочній продукції значною мірою залежить від регіональних можливостей та потреб. У розвинених країнах застосовуються високоточні аналітичні техніки, тоді як у регіонах з обмеженими ресурсами використовуються простіші, але ефективні методи.

3 АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯННЯ ЯКОСТІ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ЗА УКРАЇНСЬКИМИ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИМИ НОРМАМИ

3.1. Загальна характеристика напрямків контролю якості молочних продуктів в Україні та Європі

Якість молочної продукції — це поняття багатогранне, і сьогодні воно охоплює не лише органолептичні характеристики продукту, але й дотримання вимог безпечності, стабільності складу, відповідності стандартам та очікуванням кінцевого споживача. В умовах стрімкої модернізації агропромислового сектору та дедалі жорсткіших міжнародних регламентів Україна перебуває в процесі трансформації підходів до контролю якості молочної продукції — від фрагментарної перевірки до комплексного управління.

Станом на 2024 рік в Україні зареєстровано понад 200 молокопереробних підприємств, з яких лише 58 % впровадили дієві системи управління безпечністю за принципами HACCP [74]. Цей показник вказує на необхідність глибшої інтеграції контролю якості в операційну діяльність підприємств, особливо малих і середніх, що становлять основну частку на ринку.

На базовому рівні якість молока оцінюється за органолептичними ознаками — кольором, запахом, консистенцією, смаком — що є швидким, але суб'єктивним методом. Проте ключовими для сучасної практики є фізико-хімічні показники: кислотність (оптимальний рівень — 16–18 °Т), густина (не нижче 1028 кг/м³ для молока 1 гатунку), масова частка жиру (мінімум 3,2 %) та білка (від 2,8 %) [75]. Близько 18 % зразків молока, відібраних у 2023 році з господарств Житомирської та Вінницької областей, не відповідали хоча б одному з базових стандартів.

Окремої уваги потребує мікробіологічна безпечність продукції, адже молоко — живе середовище, і навіть незначне відхилення умов зберігання або транспортування може призвести до стрімкого росту мікроорганізмів. У середньому допустимий рівень загального мікробного обсіменіння (КУО/см³) у молоці-сировині не повинен перевищувати 100 000, проте в селянських господарствах цей показник може сягати понад 1 млн КУО/см³ у весняно-літній період [76].

Визначення залишкових кількостей антибіотиків — окрема стратегічна лінія контролю. Згідно з даними Bazuma et al. [77], у 9,6 % зразків молока, досліджених у рамках програми моніторингу, були виявлені сліди β-лактамних антибіотиків вище допустимого рівня. Для зниження таких ризиків застосовуються швидкі методи скринінгу — зокрема Delvotest, SNAP-test та ELISA, здатні виявляти наявність залишків на рівні 2–4 мкг/л протягом 15–30 хвилин.

Ще одним потужним напрямком розвитку є використання інструментальних методів аналізу, таких як інфрачервона спектроскопія, ультразвукова детекція, хроматографічні методи. Ці технології дозволяють одночасно контролювати до 8–10 параметрів молока з точністю понад 95 %. Так, впровадження ІЧ-аналізаторів на молокозаводах Львівської області дозволило зменшити кількість браку на етапі приймання сировини на 27 % упродовж року [75].

На стратегічному рівні дедалі більше підприємств починають інтегрувати цифрові технології. Використання мультиспектрального аналізу, edge computing та IoT-датчиків у реальному часі дає змогу проводити безперервний контроль якості ще на етапі доїння. За даними Liu et al. [78], застосування таких систем дозволяє знизити ризик потрапляння забрудненого молока в загальний резервуар до 98 %.

Нарешті, питання системного управління якістю не обмежується лише лабораторним контролем. Воно включає систему документації, навчання

персоналу, простежуваність ланцюгів поставок, внутрішні аудити та періодичну переоцінку ризиків. Впровадження стандартів ISO 9001 та ISO 22000 вже стало практикою на великих підприємствах, однак лише 12 % дрібних виробників мають документи, що підтверджують впровадження подібних систем [74].

Контроль якості молочної продукції в Україні трансформується від реактивного до превентивного, технологічно підкріпленого та системного підходу.

Контроль якості молочних продуктів у Європейському Союзі є не лише технічним інструментом забезпечення безпеки харчових продуктів, а й стратегічним елементом аграрної політики та довіри споживача. Європейська система контролю має комплексний характер, поєднуючи правове регулювання, науково обґрунтовані методики аналізу та цифрові інновації.

Першим напрямком є фізико-хімічний контроль, який охоплює визначення базових показників якості молока: масової частки жиру, білка, сухих речовин, кислотності, густини та температури зберігання. Для цього використовуються класичні лабораторні методи (різні види титрування, рефрактометрія, центрифугування), а також інфрачервона спектроскопія, яка забезпечує високу точність і автоматизацію вимірювань. Цей контроль є обов'язковим на всіх етапах — від збору молока до виходу готової продукції.

Другим ключовим напрямком виступає мікробіологічний моніторинг. У країнах ЄС він базується на регламентах (зокрема Regulation (EC) No 853/2004) та передбачає перевірку загальної кількості мікроорганізмів, вмісту соматичних клітин, наявності патогенних бактерій (*Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp.) та залишків антибіотиків. Найбільш поширені швидкі методи виявлення антибіотиків — мікробіологічні інгібіторні тести та ELISA — застосовуються навіть на етапі приймання сировини.

Окрему увагу приділяють органолептичному контролю. Незважаючи на суб'єктивний характер, цей етап зберігає значення при оцінюванні якості

готових продуктів — сметани, йогуртів, сирів. У поєднанні з лабораторними тестами він дозволяє фіксувати зміни в структурі, запаху чи кольорі, які можуть бути ранніми ознаками технологічних відхилень або мікробного псування.

Четвертим напрямком є впровадження систем управління якістю, зокрема HACCP, ISO 9001 та FSSC 22000. На молочних підприємствах ЄС це вже не рекомендація, а стандартна вимога, що охоплює ризик-орієнтоване мислення, картографування процесів і постійний самоконтроль. Ця система стала основою для формування так званих «розумних молокозаводів», де рішення приймаються на основі обробки великих масивів даних у реальному часі.

П'ятий, інноваційний напрям — використання цифрових технологій для контролю якості. Йдеться про мультиспектральний аналіз, сенсорні платформи, edge computing та інтернет речей (IoT), які дозволяють в реальному часі відстежувати зміну фізичних параметрів сировини та продуктів. Наприклад, мультиспектральні сенсори можуть виявити псування або розведення молока ще до його пастеризації, а блокчейн-технології забезпечують простежуваність усіх етапів обробки.

Таким чином, європейська модель контролю якості молочних продуктів — це синтез традиційних лабораторних підходів і новітніх цифрових рішень, об'єднаних у єдину систему управління ризиками. Її головна мета — не лише виявлення дефектів, а запобігання їм завдяки проактивному моніторингу та автоматизованому аналізу.

3.2. Порівняльна характеристика нормативної бази України та ЄС у сфері молокопереробки

Сучасна молокопереробна галузь функціонує в умовах високої нормативної щільності, що обумовлено як специфікою самого продукту —

надзвичайно чутливого до мікробіологічних змін, — так і вимогами споживачів до його якості, безпечності та достовірності інформації. У цьому контексті Україна, яка стратегічно орієнтується на європейський ринок, має потребу в глибокій гармонізації своєї нормативної бази з правом Європейського Союзу. Така адаптація не лише забезпечує відповідність продукції міжнародним вимогам, але й відкриває широкі експортні можливості.

Нормативна база ЄС побудована на принципі загального регламентування і прямої дії: документи, ухвалені на рівні Союзу, є обов'язковими для всіх країн-членів. У сфері молочних продуктів це, зокрема, Regulation (EC) No 852/2004 та Regulation (EC) No 853/2004. Перший визначає загальні гігієнічні вимоги до виробництва харчових продуктів, другий — встановлює спеціальні правила для продуктів тваринного походження, включаючи молоко та молочні вироби. На рівні України аналогічні функції виконують ДСТУ 2661:2010, ДСТУ 3662:2018, а також Наказ Мінагрополітики №118 від 12.03.2019. Утім, українські нормативи мають значно фрагментованішу структуру: кожен документ регламентує окремий вид продукції, часто залишаючи простір для неоднозначного тлумачення.

Суттєвою відмінністю є також система класифікації сировини. В Україні досі використовується гатункова система: молоко поділяється на екстра, вищий і перший гатунки залежно від фізико-хімічних та мікробіологічних показників (ДСТУ 3662:2018). Для прикладу, у 2023 році частка молока екстрагатунку в загальному обсязі склала лише 13,2 %, тоді як вищого — 28,4 %. У ЄС таких гатунків немає — замість цього використовуються фіксовані межі допустимих значень. Наприклад, загальна кількість мікроорганізмів не має перевищувати 100 000 КУО/мл, а соматичних клітин — 400 000/мл (Regulation (EC) No 853/2004).

Ще однією важливою точкою дотику і розбіжності є система контролю якості. ЄС вимагає повсюдного впровадження принципів НАССР (Hazard

Analysis and Critical Control Points), які стали обов'язковими з 2006 року відповідно до ISO 22000:2018. Україна декларує обов'язковість HACCP з 2019 року, проте за даними Держпродспоживслужби, станом на 2024 рік повноцінно впровадили цю систему лише 47 % малих і середніх виробників. Бракує не лише технічного забезпечення, але й практичних знань про аналіз ризиків, картографування технологічних процесів та ведення документації.

ЄС демонструє вищу нормативну деталізацію у сфері маркування. Regulation (EU) No 1169/2011 вимагає обов'язкової інформації про алергени, поживну цінність, країну походження, умови зберігання і навіть тип упаковки. У порівнянні з цим, український Закон «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів» лише наближається до такого рівня деталізації.

Інституційно система контролю в ЄС функціонує згідно з Regulation (EU) 2017/625 — документом, що регламентує офіційний нагляд, аудит, відбір зразків, верифікацію та обмін інформацією між компетентними органами. В Україні цю функцію виконує Держпродспоживслужба. Однак кількість лабораторій, акредитованих за міжнародними стандартами, поки що залишається обмеженою і це суттєво ускладнює визнання результатів таких аналізів у міжнародному просторі.

Не менш важливою є простежуваність — у ЄС це не просто рекомендація, а обов'язкова вимога для всіх операторів ринку, включаючи фермерські господарства. Українська система простежуваності ще в процесі формування: повноцінне впровадження цифрового маркування, реєстрів сировини та логістичних ланцюгів передбачається щонайменше на 2026 рік.

Таким чином, нормативна база Європейського Союзу відзначається системністю, повнотою та суворістю імплементації. Україна ж демонструє поступове, але поки що нерівномірне наближення до європейських стандартів, причому не лише на рівні норм, а й у практиці їх застосування. Для подальшої інтеграції української молокопереробної галузі до єдиного європейського ринку необхідні не лише гармонізація документів, а й інвестиції у навчання

персоналу, лабораторну інфраструктуру, цифрові інструменти та державний контроль. Це довгий, але вкрай необхідний шлях, на якому кожен норматив — це не лише формальність, а крок до якісної, безпечної, прозорої молочної продукції.

3.3. Порівняльний аналіз підходів до виявлення фальсифікатів: Україна та ЄС

Системи контролю якості харчових продуктів в Україні та в Європейському Союзі мають багато спільного, оскільки українське законодавство поступово гармонізується з європейськими вимогами. Проте між ними зберігаються і важливі відмінності, що зумовлені як технічними, так і організаційними факторами.

Спільні риси:

1. Використання лабораторних методів контролю — спектрофотометрія, хроматографія, ІЧ-спектроскопія, мікробіологічний аналіз.
2. Наявність технічного регламенту і базових стандартів (у ЄС — ISO, НАССР; в Україні — ДСТУ ISO, НАССР на підприємствах).
3. Обов'язкове маркування складу продукту із зазначенням харчових добавок, алергенів та походження інгредієнтів.
4. Інспекційна діяльність держорганів (в Україні — Держпродспоживслужба, у ЄС — EFSA, національні агенції).

Однак, методики виявлення фальсифікації харчових продуктів в Україні та країнах Європейського Союзу демонструють і суттєві розбіжності, що зумовлені як технічними, так і інституційними чинниками. Попри використання схожих аналітичних підходів (хроматографія, спектроскопія, мікробіологія), рівень їх систематичності, глибини та ефективності суттєво різняться.

Однією з ключових відмінностей є підхід до моніторингу. В Україні контроль зазвичай здійснюється вибірково і здебільшого в межах планових перевірок, тоді як у ЄС діє превентивна стратегія, заснована на принципі оцінки ризиків (risk-based approach). Це дозволяє зосередити ресурси на найбільш уразливих групах товарів і запобігти порушенням до їх появи.

Другий аспект — глибина лабораторної діагностики. Українські лабораторії обмежені у використанні високоточних методів через нестачу фінансування та сучасного обладнання. У країнах ЄС застосовуються такі технології, як ядерний магнітний резонанс (NMR), високоефективна рідинна хроматографія (HPLC), мас-спектрометрія (LC-MS), що забезпечує високу чутливість і точність виявлення навіть слідів фальсифікації.

Крім того, в ЄС активно використовуються інформаційні системи, такі як RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed) та TRACES, що дозволяють швидко відслідковувати партії продукції, підозрювані у порушеннях. Україна лише частково інтегрує такі підходи, і поки не має доступу до подібних референтних баз даних на загальнонаціональному рівні.

Ще одна важлива відмінність — залучення програмних засобів та штучного інтелекту. У Європі такі рішення дедалі частіше використовують для аналізу зразків і прогнозування потенційних загроз. В Україні подібні технології ще перебувають на етапі впровадження.

Головні розбіжності полягають у рівні технічного забезпечення, підходах до контролю (реактивний vs превентивний), використанні цифрових технологій і глибини аналітики. Їх подолання в Україні потребує інституційного реформування, інвестицій у лабораторії та ширшої інтеграції в європейські інформаційні мережі безпечності харчових продуктів.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання у бакалаврській кваліфікаційній роботі на тему «Визначення якості сировини та фальсифікації молочних продуктів» було досліджено фізико-хімічні та технологічні показники молочної сировини, нормативні вимоги до якості продукції, а також сучасні підходи до виявлення фальсифікацій.

У першому розділі роботи визначено теоретичні основи екології харчових продуктів як міждисциплінарної науки, що вивчає безпечність і якість продуктів з урахуванням екологічного, технологічного та споживчого аспектів.

Проведено аналіз нормативно-правового регулювання якості молочної продукції в Україні, систематизовано ключові документи, такі як ДСТУ, технічні умови, Закон України «Про безпечність та якість харчових продуктів» та Наказ Мінагрополітики №118. Встановлено допустимі рівні показників якості та розглянуто відповідні методи їх визначення.

У контексті європейських стандартів розглянуто Regulation (EC) No 853/2004, Regulation (EU) No 37/2010, ISO 22000 та інші нормативні документи. Виявлено, що європейська система контролю якості базується переважно на профілактичних заходах, включаючи впровадження HACCP та забезпечення простежуваності продукції.

Порівняльний аналіз нормативної бази України та ЄС виявив певні розбіжності щодо категоризації сировини, методів контролю, рівня цифровізації процедур оцінки ризиків.

Проведено аналіз щодо антибіотиків у молочній продукції, встановлено, що допустимі рівні більшості речовин в Україні та ЄС збігаються, але моніторинг у вітчизняній практиці менш ефективний.

Отримані результати можуть бути використані для розробки практичних рекомендацій щодо вдосконалення контролю якості, впровадження систем НАССР на виробництвах та підвищення споживчої обізнаності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Qin G, Niu Z, Yu J, et al. Soil heavy metal pollution and food safety in China: effects, sources and removing technology. *Chemosphere*. 2021;267:129205 URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33338709/>
2. Feng XC, Bao X, Che L, Wu QL. Enhance biological nitrogen and phosphorus removal in wastewater treatment process by adding food waste fermentation liquid as external carbon source. *Biochem Eng J*. 2021;165:107811. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369703X2030365X?via%3Dihub>
3. Fung F, Wang HS, Menon S. Food safety in the 21st century. *Biom J*. 2018;41:88–95. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29866604/>
4. Yu B, Wang X, Dong KF, et al. Heavy metal concentrations in aquatic organisms (fishes, shrimp and crabs) and health risk assessment in China. *Mar Pollut Bull*. 2020;159:111505 URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32768674/>
5. Qin J, Kim MS, Chao K, et al. Subsurface inspection of food safety and quality using line-scan spatially offset Raman spectroscopy technique. *Food Control*. 2017;75:246–254. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713516306855?via%3Dihub>
6. Suhani I, Sahab S, Srivastava V, Singh RP. Impact of cadmium pollution on food safety and human health. *Curr Opin Toxicol*. 2021;27:1–7. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2468202021000176>
7. Deshwal GK, Panjagari NR. Review on metal packaging: materials, forms, food applications, safety and recyclability. *J Food Sci Technol*. 2020;57:2377–2392 URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32549588/>
8. Sun F, DAI Y, Yu X. Air pollution, food production and food security: a review from the perspective of food system. *J Integr Agric*. 2017;16:2945–2962 URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2095311917618148>

9. Гладій М. Р., Просович О. П. Сучасний стан та перспективи розвитку молочної галузі України / М. Р. Гладій, О. П. Просович // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. – 2022. – № 22. – С. 33–40. – URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2022/oct/28838/vse-22-33.pdf>
10. Тарасова Ю. В. Стан та перспективи розвитку молочної галузі України / Ю. В. Тарасова // Вісник соціально-економічних досліджень. – 2017. – Вип. 1(64). – С. 159–165. URL: https://journals.urau.ua/vsed_oneu/article/view/181978
11. Рожко З. М., Струс Л. І., Чеснік Н. В. Системний підхід до розвитку молочної галузі України / З. М. Рожко, Л. І. Струс, Н. В. Чеснік // Економіка та управління. – 2023. – № 3(34). – С. 41–48. – URL: https://www.econ.vernadskyjournals.in.ua/journals/2023/34_73_3/7.pdf
12. Ніколаєнко С. М. Формування територіального кластера в молочної промисловості / С. М. Ніколаєнко // Бізнес Інформ. – 2022. – № 10. – С. 89–96. URL: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2022-10_0-pages-89_96.pdf
13. Рахман М. С., Гризо Д. А. Аналіз ринку молока та молочної продукції України / М. С. Рахман, Д. А. Гризо // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Економічна. – 2021. – № 101. – С. 54–60. URL: https://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?2_S21P03=FILA%3D&2_S21STR=VKhE_2021_101_8&C21COM=S&I21DBN=LINK
14. Стан виробництва молока в Україні у 2025 році // AgroWeek. – 2025. URL: <https://agroweek.com/agroekonomika/vyrobnytstvo-moloka-ukrayini-zmenshylosya-2025/>
15. Україна в першому кварталі 2025 року наростила експорт та імпорту молочної продукції // Укрінформ. – 2025. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3980986-ukraina-v-persomu-kvartali-narostila-eksport-ta-import-molocnoi-produkcii.html>

16. Інфляція та блекаути — головні виклики молочної галузі у 2025 році // Censor.biz. – 2025. URL: <https://biz.censor.net/resonance/3532803/inflyatsiya-ta-bleauty-golovni-vyklyky-molochnoyi-galuzi-u-2025-rotsi>
17. Лавренюк Г. Вплив війни на молочний сектор, нарощення надоїв у МТФ, очікування щодо цін на молочні продукти. Асоціація виробників молока. 2023. URL: <https://avm-ua.org/uk/post/vpliv-vijni-na-molocnij-sektor-narosenna-nadoiv-u-mtf-ocikuvanna-sodo-cin-na-molocni-produkti-ganna-lavrenuk>
18. Кухалейшвілі Г. Виробництво молока-сировини скоротилося на 6% в січні-вересні 2023 року. Асоціація виробників молока. 2023. URL: <https://avm-ua.org/uk/post/virobnictvo-moloka-sirovini-skorotilosa-na-6-v-sicni-veresni-2023-roku>
19. Чагаровський В. Яким був 2023 рік для виробників та переробників молока? Спілка молочних підприємств України. 2023. URL: <https://uadairy.com/vadym-chagarovskiy-yakym-buv-2023-rik-dlya-vyrobnykiv-ta-pererobnykiv-moloka/>
20. Заборона. Як війна впливає на м'ясо-молочну галузь в Україні. 2023. URL: <https://zaborona.com/vplyv-vijny-na-molochnu-galuz-ukrayiny-zbytky-vtraty-ta-vyklyky/>
21. Мошковська О. М. Молокопереробна промисловість України в умовах воєнного стану / О. М. Мошковська // Товари і ринки. – 2024. – № 4(52). – С. 4–13. URL: <https://journals.knute.edu.ua/commodities-and-markets/article/view/2208>
22. Івашина Л. Л., Бишовець Л. Г., Оліферчук О. Г. Ринок молочної продукції в Україні: асортимент та якість / Л. Л. Івашина, Л. Г. Бишовець, О. Г. Оліферчук // Інновації та технології в сфері послуг і харчування. – 2024. – № 4(14). – URL: <https://journals.chdtu.ck.ua/index.php/itsf/article/view/138>
23. Бондаренко В., Омеляненко О. Ринок молока в Україні: загрози та перспективи / В. Бондаренко, О. Омеляненко // Modeling the Development of the Economic Systems. – 2024. – № 12(48). – URL: <https://mdes.khmnu.edu.ua/index.php/mdes/article/view/537>

24. Galanakis C.M. The “vertigo” of the food sector within the triangle of climate change, the post-pandemic world, and the Russian-Ukrainian war. *Foods*. 2023;12:721. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9956103/>
25. Bai C., et al. Industry 4.0 technologies assessment: a sustainability perspective. *Int. J. Prod. Econ.* 2020;229 URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925527320301559>
26. Casino F., et al. Blockchain-based food supply chain traceability: a case study in the dairy sector. *Int. J. Prod. Res.* 2021;59(19):5758–5770 URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2020.1789238>
27. Gehlot A., et al. Dairy 4.0: intelligent communication ecosystem for the cattle animal welfare with blockchain and IoT enabled technologies. *Appl. Sci.* 2022;12(14):7316. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/14/7316>
28. Hu L., et al. ‘Effect of enzymatic-ultrasonic hydrolyzed chitooligosaccharide on rheology of gelatin incorporated yogurt and 3D printing’. *Food Hydrocolloids*. 2022;132 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X2200371X?via%3Dihub>
29. da Rosa Righi R., et al. Towards combining data prediction and internet of things to manage milk production on dairy cows. *Comput. Electron. Agric.* 2020;169 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169919314437?via%3Dihub>
30. Manning L., et al. Artificial intelligence and ethics within the food sector: developing a common language for technology adoption across the supply chain. *Trends Food Sci. Technol.* 2022;125:33–42. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224422001558?via%3Dihub>
31. Gehlot A., et al. Dairy 4.0: intelligent communication ecosystem for the cattle animal welfare with blockchain and IoT enabled technologies. *Appl. Sci.* 2022;12(14):7316. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/14/7316>

- 32.Kaur, H., & Sinha, A. Adulteration of Milk: A Review // *ShodhKosh Journal of Visual and Performing Arts.* – 2024. URL:https://www.researchgate.net/publication/381307560_Adulteration_of_Milk_A_Review
- 33.Sharma, R., et al. Rapid detection of hydrogen peroxide and nitrite in adulterated cow milk using enzyme-immobilized strips // *RSC Advances.* – 2025. URL: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2025/ra/d4ra06816e>
- 34.Schaefer, J., et al. A comprehensive review of direct, indirect, and AI-based detection methods for milk powder adulteration // *Frontiers in Sustainable Food Systems.* – 2025. – Vol. 5. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2025.1571317/full>
- 35.Patari, S., Datta, P., & Mahapatra, P. S. 3D Paper-based milk adulteration detection device // *Scientific Reports.* – 2022. – Vol. 12. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-17851-3>
- 36.Khan, M. A., et al. A Systematic Review of Spectroscopic Techniques for Detecting Milk Adulteration // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* – 2025. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408347.2025.2477535>
- 37.Monardes H. G., Moore R. K., Corrigan B., Rioux Y. Preservation and Storage Mechanisms for Raw Milk Samples for Use in Milk-Recording Schemes // *Journal of Dairy Science.* – 2022. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0362028X22052590>
- 38.Kennang Ouamba A. J., LaPointe G., Dufour S., Roy D. Optimization of Preservation Methods Allows Deeper Insights into Changes of Raw Milk Microbiota // *Microorganisms.* – 2020. – Vol. 8(3). URL: <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/3/368>
- 39.Singh B., Debnath A., Rani R., Dharaiya C. N. 5 Advanced Preservation Technologies for Milk and Milk Products // *ResearchGate.* – 2023. URL: https://www.researchgate.net/publication/367361492_5_ADVANCED_PRESERVATION_TECHNOLOGIES_FOR_MILK_AND_MILK_PRODUCTS

40. Nuwemuhwezi G., Ssemakula E. Traditional Methods of Milk Processing and Preservation by Local Farmers in Kashongi Sub County Kiruhura District // *American Journal of Science, Engineering and Technology*. – 2017. – Vol. 2(2). – URL: <https://www.researchgate.net/publication/334965236>
41. Mogla A., et al. Milk Preservation by Using High Voltage Electric Field (HVEF) // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. – 2020. – Vol. 9(7). – URL: <https://www.ijcmas.com/9-7-2020/Achal%20Mogla%2C%20et%20al.pdf>
42. Rokhsana F., Das U. K., Yeasmin R., Nahar A., Parveen S. Studies on the Preservation of Raw Cow's Milk by Chemical Method // *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*. – 2007. – Vol. 42(3). – URL: <https://www.banglajol.info/index.php/BJSIR/article/view/670>
43. Gallo, A., Minervini, F. A Review of Milk Frauds and Adulterations from a Technological Perspective // *Applied Sciences*. – 2023. – Vol. 13(17), Article 9821. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/17/9821>
44. Acosta-Dibarrat, J., Palacios-Santander, J. M., Amaya-González, S., & Campuzano, S. Contaminants in the Cow's Milk We Consume? Pasteurization and Other Processing Effects on Residues of Pesticides, Metals, Mycotoxins, and Hormones // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2022. – Vol. 19(2). URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8822143/>
45. Azad, T., Ahmed, S. Common Milk Adulteration and Their Detection Techniques // *International Journal of Food Contamination*. – 2016. – Vol. 3. URL: <https://foodsafetyandrisk.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40550-016-0045-3>
46. Suman, M., La Porta, N., Gazzotti, T. Chemical Contaminants in Milk and Public Health Concerns: A Review // *Italian Journal of Food Safety*. – 2015. – Vol. 4(3). URL: https://www.researchgate.net/publication/271022079_Chemical_Contaminants_in_Milk_and_Public_Health_Concerns_A_Review

47. Li, Y., Li, Q., Yang, J., Liu, H., & Zhang, Y. Recent Advances in the Determination of Milk Adulterants and Contaminants // *Foods*. – 2023. – Vol. 12(14), Article 2667. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10418805/>
48. Степасюк Л. М., Старомінський В. Б. Стан та тенденції розвитку ринку молока в Україні // *Економіка та суспільство*. – 2024. – Вип. 70. – С. 270–275. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/5365/5309>
49. Івашина Л. Л., Бишовець Л. Г., Оліферчук О. Г. Ринок молочної продукції в Україні: асортимент та якість // *Інновації та технології у сфері обслуговування та харчовій промисловості*. – 2024. – № 4(14). – С. 25–34. URL: <https://www.journals.chdtu.ck.ua/index.php/itsf/article/view/138>
50. ДСТУ 3662:2018 – Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови – URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=78402
51. ДСТУ 2661:2010 – Молоко коров'яче питне. Технічні умови – URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58992
52. ДСТУ 7357:2013 – Молоко кисломолочне. Технічні умови – URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=27494
53. ДСТУ 4399:2005 – Сметана. Технічні умови – URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=27496
54. Наказ Мінагрополітики №118 від 12.03.2019 – Вимоги до безпечності та якості молока і молочних продуктів – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0330-19>
55. ДСТУ 4273:2003 – Молоко та молочні продукти. Правила приймання, методи відбору проб та підготовки їх до аналізу – URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=27499
56. ДСТУ ISO 707:2001 – Молоко та молочні продукти. Керівні вказівки щодо відбору проб – URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=27498
57. ДСТУ 4503:2005 – Вершки і молоко згущені. Технічні умови – URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=27497

- 58.ДСТУ 6004:2008 – Йогурти. Загальні технічні умови – URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=27495
- 59.Закон України “Про безпечність та якість харчових продуктів” – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр>
- 60.Regulation (EC) No 852/2004 – Загальні гігієнічні вимоги до виробництва харчових продуктів. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32004R0852>
- 61.Regulation (EC) No 853/2004 – Специфічні гігієнічні правила для харчових продуктів тваринного походження, включаючи молоко та молочні продукти. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32004R0853>
- 62.ISO 707:2008 – Молоко та молочні продукти – Керівні вказівки щодо відбору проб. URL: <https://www.iso.org/standard/42858.html>
- 63.ISO 21528-2:2017 – Мікробіологія харчових продуктів – Визначення ентеробактерій методом підрахунку колоній. URL: <https://www.iso.org/standard/63501.html>
- 64.ISO 22184:2021 – Молоко та молочні продукти – Визначення вмісту цукрів методом рідинної хроматографії. URL: <https://www.iso.org/standard/75886.html>
- 65.ISO 22000:2018 – Системи управління безпечністю харчових продуктів, включаючи принципи HACCP. URL: <https://www.iso.org/standard/65464.html>
- 66.Regulation (EU) 2017/625 – Офіційний контроль за дотриманням законодавства щодо харчових продуктів, включаючи молочні продукти. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017R0625>
- 67.Regulation (EU) 2020/692 – Вимоги до ввезення молока та молочних продуктів з третіх країн. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0692>
- 68.European Guide for Good Hygiene Practices in the Production of Artisanal Cheese and Dairy Products – Рекомендації щодо гігієнічних практик для виробників

- ремісничих сирів та молочних продуктів. URL: https://food.ec.europa.eu/system/files/2017-12/biosafety_fh_guidance_artisanal-cheese-and-dairy-products_en.pdf
- 69.Regulation (EU) No 1308/2013 – Спільна організація ринку сільськогосподарської продукції, включаючи молочний сектор. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32013R1308>
- 70.Botelho, B. G., Reis, N., Oliveira, L. S., & Sena, M. M. Antibiotics in Dairy Production: Where Is the Problem? // *Dairy*. – 2022. – Vol. 3(3), pp. 506–521. URL: <https://www.mdpi.com/2624-862X/3/3/39>
- 71.Mosalagae, D., Ntshabele, B., & Shimelis, M. Determination of antibiotic residues in milk and assessment of human health risk associated with consumption of raw milk // *Veterinary World*. – 2021. – Vol. 14(8). URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8365374/>
- 72.Moudgil, P., Bedi, J. S., Aulakh, R. S., & Gill, J. P. S. Antibiotic residues in milk: Past, present, and future // *Journal of Animal Research*. – 2019. – Vol. 9(4). URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6760505/>
- 73.Stolker, A. A. M., & Brinkman, U. A. T. Screening Methods for Antimicrobial Residues in the Dairy Chain: A Review // *Foods*. – 2024. – Vol. 13(1), Article 41. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11591364/>
- 74.Ліннік О.М., Власенко І.П. Особливості впровадження системи управління якістю молочної продукції // Вісник КНТУ. – 2022. – №4. – С. 122–126. – URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/bitstreams/dcd892c3-2233-43c9-aa76-d37595c986fd/download>
- 75.Чередниченко О.І., Шевченко Л.І. Аналітичні підходи для перевірки якості молочної продукції // Наукові праці НУХТ. – 2021. – №27. – URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/bitstreams/e1865249-79c6-4866-a3f9-1169d7331ab9/download>
- 76.Рогозюк А.І. Сучасні методи досліджень якості молока // Проблеми галузі, напрями автоматизації процесів. – 2020. – С. 75–76. – URL:

https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/32031/2/PGNAP_2020_Rogozyuk_A-Modern_research_methods_75-76.pdf

77. Bazyma L., Tkachova N., Popova T., et al. Quality and safety of new types of dairy products based on cow's and mare's milk with vegetable additives // *Future Foods*. – 2023. – Vol. 3. – URL: <https://fppn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43014-023-00218-0>
78. Liu H., Wang Z., Liu X., et al. Real-Time Milk Quality Control Using Multi-Spectral Sensing and Edge Computing // *Applied Sciences*. – 2024. – Vol. 14(23):10916. – URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/23/10916>
79. Бойко Р.С., Сакалова Г.В., Казновська В.С. Ефективна утилізація відпрацьованих сорбентів водоочисних технологій // *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: X Міжнародний молодіжний конгрес, 27–28 березня 2025 р., Україна, Львів: збірник матеріалів.* — Київ: Яроченко Я.В., 2025. — С. 186. URL: <https://doi.org/10.51500/7826-65-0>

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Визначення якості сировини та фальсифікації молочних продуктів

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

Підрозділ екології, хімії та технологій захисту довкілля

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 3,39 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

зав. каф. ЕХТЗД Іщенко В.А.

(прізвище, ініціали, посада)

(підпис)

доц. каф. ЕХТЗД Васильківський І.В.

(прізвище, ініціали, посада)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку

Матусяк М.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

Сакалова Г.В.

Здобувач

Казновська В.С.

ДОДАТОК Б

Основні види фальсифікації молочних продуктів та нормативні документи
для їх виявлення

Назва фальсифікату	Мета фальсифікації	Можливі наслідки	Нормативи / Методи визначення (ДСТУ, інше)
Розведення водою	Збільшення об'єму продукції	Зниження поживної цінності, ризик патогенів	ДСТУ 3662:2018; визначення густини, кислотності
Додавання крохмалю	Імітація густоти	Алергії, порушення травлення	ДСТУ 4273:2003; йодний тест
Додавання глюкози або сечовини	Маскування білкового дефіциту	Токсичний вплив на нирки	Біосенсиори, ферментні смужки, ІЧ- спектроскопія
Додавання формаліну / перекису	Подовження терміну зберігання	Канцерогенний ефект	Традиційні реактивні методи, ІЧ-аналіз
Додавання рослинних жирів	Зменшення собівартості	Зниження харчової цінності	ДСТУ 4399:2005; хроматографія
Додавання миючих засобів, соди	Імітація білкової піни	Отруєння, ГКТ	рН-метрія, ІЧ- спектроскопія

ДОДАТОК В

Порівняння вимог до якості молочної продукції в Україні та ЄС

Показник	Норма в Україні (ДСТУ)	Норма ЄС (Regulation / Directive)
Кількість соматичних клітин	$\leq 500\,000$ кл/мл (ДСТУ 3662:2018)	$\leq 400\,000$ кл/мл (Regulation (EC) № 853/2004)
Загальна бактеріальна забрудненість	$\leq 1 \times 10^5$ КУО/мл	$\leq 1 \times 10^5$ КУО/мл (Regulation (EC) № 853/2004)
Вміст жиру / білка	Стандартизовано залежно від виду продукту	Регламентовано (Reg. EU 2016/127 – дитяче харч.)
Наявність домішок (фальсифікації)	Заборонено (ДСТУ 3662, 4399 тощо)	Заборонено (Reg. EU 1169/2011, 2017/625)
Залишки антибіотиків	Не перевищувати МДР (максимально допустимі рівні)	Regulation (EU) 37/2010
Вимоги до маркування	ДСТУ 4518:2008, ДСТУ ISO 22000	Regulation (EU) № 1169/2011

ДОДАТОК Г

Публікація за матеріалами дипломної роботи

БОЙКО Р.С., САКАЛОВА Г.В., КАЗНОВСЬКА В.С. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)
**ЕФЕКТИВНА УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ СОРБЕНТІВ ВОДООЧИСНИХ
 ТЕХНОЛОГІЙ**

*Вінницький національний технічний університет, 21002, Хмельницьке шосе, 95,
 Вінниця, Україна.*

Abstract. Studies have been conducted to use spent bentonite in filling processes. The efficiency of modification of montmorillonite has been proved and the expediency of using mineral dispersion for qualitative formation of the structure and properties of the leather during tanning has been established.

З метою попередження забруднення навколишнього середовища стічними водами промислових підприємств найбільш перспективним способом їх очищення є сорбційна технологія, яка широко застосовується у різних країнах. Аналіз останніх публікацій показав, що важливим напрямком наукових досліджень на сьогоднішній день також є визначення ефективних способів регенерації та шляхів утилізації сорбентів, які попередньо були використані в якості сорбентів при очищенні стічних вод. Адже утилізація сорбційних матеріалів допомагає не тільки зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище, але і вдосконалити технології створення альтернативних матеріалів внаслідок застосування високоякісного глинистого матеріалу. Сьогодні відпрацьовані високодисперсні мінерали широко використовуються в багатьох галузях народного господарства, в тому числі і для виробництва різноманітних товарів широкого вжитку. Але обмеженість наукових досліджень зумовлює низький рівень використання відпрацьованих глинистих сорбентів у процесах наповнення природних та штучних полімерів. В основі їх застосування лежать специфічні колоїдно-хімічні властивості, які зумовлені кристалічною будовою мінералів.

Досліджена можливість використання бентоніту, насиченого іонами хрому на стадії очищення стічних вод, у складі наповнювача хромового напівфабрикату або на етапі оздоблення штучної шкіри.

Результати відповідних досліджень вказують, що кращий рівень диспергування досягається при використанні карбонату натрію, однак при використанні гексаметафосфату натрію також можливо досягти достатнього ступеня набухання. Характер залежностей для модифікованого і відпрацьованого бентоніту дуже схожий.

Результати реологічних досліджень вказують, що найвищу в'язкість дисперсій досягають за витрат карбонату натрію 5,5-7% і при цьому визначають максимальну ступінь диспергування системи як з відпрацьованим бентонітом, так і у випадку його попереднього модифікування. Також визначали в'язкість дисперсій з різним ступенем насичення іонами хрому. В цілому, аналіз таких залежностей свідчить про отримання максимально розріджених дисперсій відпрацьованого і природного бентоніту при вмісті в них сполук хрому 5–6 % Cr_2O_3 від маси монтморилоніту. При цьому дисперсії характеризуються стабільним рівнем рН в межах 3–4 при відповідних витратах сполук хрому.

Стійкість адсорбції дисперсій оцінювали шляхом їх відстоювання впродовж 30 хвили за різних значень рН, які коригували шляхом змішування відповідних кількостей розчинів HCl , NaCl , NaOH . Отримані результати свідчать, що дисперсії на основі відпрацьованого бентоніту проявляють високу стійкість в широких межах рН. Спостерігається певний рівень розшарування при рН 2,5 та при рН 12. Таким чином, можливо рекомендувати використання дисперсій на основі відпрацьованого бентоніту у рідинних процесах, що відбуваються у кислому (рН=3) і слабкокислому (рН=4,5÷5,6) середовищах.

Суміщення використання для дублення сполук хрому та хромовмісних дисперсій монтморилоніту дозволить знизити витрати хромового дубителя, покращити ступінь поглинання сполук хрому і зменшити їх концентрацію у відпрацьованих дубильних рідинах у виробництві натуральних шкір. Композицію визначеного складу також можливо використовувати для наповнення синтетичних еластичних полімерів та шкірозамінників.

ДОДАТОК Д

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ СИРОВИНИ ТА ФАЛЬСИФІКАЦІЇ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

Таблиця Д.1 — Технології Індустрії 4.0 в молочній промисловості

Технологія	Застосування у молочній промисловості
Робототехніка	Автоматизація повторюваних або складних процесів на виробництві.
	Покращення гігієни та зменшення людського втручання у виробничий процес.
3D-друк	Створення інноваційних продуктів з використанням молочних інгредієнтів у тривимірній формі.
	Формування персоналізованих харчових продуктів із врахуванням індивідуальних потреб споживачів.
Великі дані (Big Data)	Аналіз даних щодо виробництва, якості, здоров'я тварин, прийняття рішень у реальному часі.
	Прогнозування попиту, оптимізація поставок, виявлення аномалій у виробничих даних.
Інтернет речей (IoT)	Збір точних даних на фермах у режимі реального часу для оптимізації процесів.
	Моніторинг температури, вологості та стану здоров'я тварин через підключені пристрої.
Штучний інтелект (AI)	Моделювання процесів, моніторинг та прийняття рішень у переробці та агровиробництві.
	Оптимізація логістичних маршрутів та контроль за якістю молочних продуктів.
Блокчейн	Прозорість, безпека та автентичність ланцюга постачання молочних продуктів.
	Виявлення фальсифікації, моніторинг якості та запобігання втраті харчової цінності.

Таблиця Д.2 — Види фальсифікації

Вид фальсифікації	Мета фальсифікації	Можливі наслідки для здоров'я
Розведення водою	Збільшення об'єму молока	Ризик патогенів, зниження харчової цінності
Додавання крохмалю	Імітація густоти та вмісту сухих речовин	Алергічні реакції, порушення травлення
Додавання глюкози/сечовини	Маскування нестачі білка, підвищення густоти	Токсичність для нирок, особливо у дітей
Консерванти (формалін, перекис водню)	Збільшення терміну зберігання	Канцерогенність, токсичність, отруєння
Заміна молочного жиру рослинним	Зменшення собівартості продуктів	Зниження біологічної цінності, порушення обміну речовин
Використання миючих засобів або соди	Імітація білкової піни, маскування розбавлення	Отруєння, розлади шлунково-кишкового тракту

Українські молочні заводи що працюють за стандартом ЕС



Рисунок Д.1 — ПрАТ"Вінницький молочний завод "Рошен"



Рисунок Д.2 — Літинський молочний завод – Білозгар