

**ВСП «Харківський торговельно-економічний фаховий коледж
Державного торговельно-економічного університету»**

**Циклова комісія харчових технологій, готельно-ресторанної справи
та туризму**

Василенко Михайло Михайлович

ПІБ здобувача

КУРСОВА РОБОТА

**Використання замінників молочного жиру. Транс-ізомери жирних кислот і
їх вплив на організм людини**

тема

Навчальна
дисципліна

Технологія виробництва харчової продукції

назва навчальної дисципліни

Ступінь освіти

Фаховий молодший бакалавр

фаховий молодший бакалавр, молодший бакалавр, бакалавр

Галузь знань

18 Виробництво та технології

шифр і назва галузі знань

Спеціальність

181 Харчові технології

код і найменування спеціальності

Освітньо-професійна
програма

Виробництво харчової продукції

назва освітньо-професійної програми

Академічна група

ТХ-2-22

назва академічної групи

Харків, 2024 рік

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Керівник: Аштаєва Наталія Леонідівна, викладач циклової комісії харчових технологій, готельно-ресторанної справи та туризму, спеціаліст вищої категорії

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач :  М. Василенко

Підсумкова оцінка: _____ 60 _____ (балів)

Члени комісії з захисту:  Н. Аштаєва

 О. Аштаєв

**ВСП «Харківський торговельно-економічний фаховий коледж
Державного торговельно-економічного університету»**

Циклова харчових технологій, готельно-ресторанної справи та туризму

Василенко Михайло Михайлович

ПІБ здобувача

ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ

Навчальна
дисципліна

Технологія виробництва харчової продукції

назва навчальної дисципліни

Тема роботи

Використання заміників молочного жиру. Транс-ізомери жирних кислот і їх вплив на організм людини

тема курсової роботи

Термін подання
завершеної роботи

29.11.2024 р

фаховий молодший бакалавр, молодший бакалавр, бакалавр

Графік виконання роботи

Виконання роботи за розділами	Термін виконання
Вибір та затвердження теми	09.09 – 20.09.2024
Добір та аналіз літератури за обраною темою	23.09 – 04.10.2024
Складання плану курсової роботи	7.10 – 11.10.2024
Написання вступу та I розділу	14.10 – 25.10.2024
Написання II розділу курсової роботи	28.10 – 15.11.2024
Написання висновків та оформлення курсової роботи	18.11 – 22.11.2024
Подання курсової роботи керівнику для рецензування (для рекомендації до захисту)	25.11 – 29.11.2024
Захист курсової роботи	02.12 – 06.12.2024

Завдання видав

Науковий керівник,
спеціаліст вищої категорії



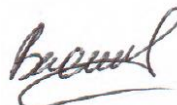
Наталія Аштаєва

(підпис)

«09» вересня 2024 р.

Завдання отримав

Здобувач



М. Василенко

(підпис)

ПІБ здобувача

«09» вересня 2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	2
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИКОРИСТАННЯ ЗАМІННИКІВ МОЛОЧНОГО ЖИРУ ТА ПРОБЛЕМА ТРАНС-ІЗОМЕРІВ	4
1.1. Загальна характеристика, класифікація та сфери застосування заміників молочного жиру	4
1.2. Дослідження та аналіз технологічних процесів виробництва із використанням ЗМЖ.....	7
1.3. Біохімічні та медико-екологічні аспекти транс-ізомерів жирних кислот і їх вплив на організм людини	10
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ІЗ ЗАМІННИКАМИ МОЛОЧНОГО ЖИРУ .	14
2.1. Розробка декомпозицій і принципової технологічної схеми виробництва продукції з використанням ЗМЖ	14
2.2. Аналіз рецептурного складу та технологічної схеми виробництва. Визначення вимог до безпеки та харчової цінності готової продукції	17
ВИСНОВКИ.....	22
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	24

ВСТУП

Актуальність дослідження полягає в

Мета роботи - проаналізувати

Об'єкт роботи –

Предмет роботи - характеристика та особливості

Для досягнення поставленої мети, необхідно вирішити наступні завдання

- розглянути
- вивчити
- виокремити вплив
- проаналізувати

Проблема обраної теми полягає в дослідженні з погляду їх характеристик та особливостей.

Під час розгляду поставленої мети та завдань використовувалися сучасні методи наукового пізнання. Спираючись на історичні та сучасні методи, використовувалися теоретичні форми розгляду та викладу матеріалу. Дослідження проводилися на основі логічної послідовності: від загального до часткового, від попереднього до сучасного.

Практична значущість полягає в аналізі та вдосконаленні знань про , використання результатів виконаної роботи в міру вивчення предмета.

Теоретичний метод даного дослідження передбачає всебічний огляд літератури на тему .

Теоретичним підґрунтям для вивчення послуговували праці таких авторів, Котенко В. С., Баранець В. О., Павленко І. С., Головач Т. М., Стрельникова Л. В., Холод Т. О., Круть О. В., Хоменко О.П., Бойко С.В.

Методи дослідження. У процесі роботи були використані методи науково-педагогічного дослідження, зокрема: теоретичні (аналіз науково-методичної літератури, аналіз інтернет-ресурсів, порівняльний аналіз), що

дали можливість систематизувати теоретичні матеріали; емпіричні (спостереження), що допомогли зібрати дані про реальний стан проблеми.

Робота складається зі вступу, двох розділів, чотирьох параграфів, висновку та списку літератури українською мовою.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИКОРИСТАННЯ ЗАМІННИКІВ МОЛОЧНОГО ЖИРУ ТА ПРОБЛЕМА ТРАНС-ІЗОМЕРІВ

1.1. Загальна характеристика, класифікація та сфери застосування замінників молочного жиру

Замінники молочного жиру (ЗМЖ) стали однією з найпоширеніших груп ліпідної сировини в сучасному виробництві харчових продуктів, де необхідно забезпечити стабільність текстури, оптимальні органолептичні характеристики та подовжений термін зберігання без втрат споживчих властивостей. На тлі економічної нестабільності, здорожчання молока та жорстких вимог до складу продуктів з боку споживачів і регуляторних органів, використання ЗМЖ виявилось ефективним технологічним рішенням. Характерною рисою таких жирів є те, що вони є повноцінною альтернативою натуральному молочному жиру за пластично-реологічними характеристиками, однак при цьому мають чітко контрольований жирнокислотний склад, нижчу вартість, стабільність у процесі зберігання та термічну стійкість у межах визначених технологічних режимів. На промисловому рівні основою замінників зазвичай є суміші рослинних олій із попередньою фракцією, гідрогенізацією або інтерестерифікацією. У сучасній практиці широко використовуються пальмова, кокосова, соєва, ріпакова, соняшникова та кукурудзяна олії. Залежно від умов отримання основи, вибору емульгаторів, температури плавлення, ступеня насичення та функціонального навантаження в рецептурі харчового продукту, ЗМЖ поділяються на декілька типів, що розрізняються за структурою, вмістом трансізомерів, а також можливістю включення в рецептури з високим навантаженням у термічних або низькотемпературних умовах [14, с. 54].

Класифікація замінників молочного жиру базується насамперед на принципі походження й способу обробки сировини. За першим критерієм розрізняють ЗМЖ рослинного походження (із використанням виключно нерафінованих або рафінованих олій) та комбіновані, в яких поєднуються різні

види жирів, зокрема фракціоновані жири, що отримані шляхом фізичного або ензимного розщеплення. За другим критерієм замітники класифікуються за способом модифікації: повністю гідрогенізовані, частково гідрогенізовані, інтерестерифіковані та структуровані за допомогою ферментативного каталізу. Частково гідрогенізовані жири на сьогодні практично витіснені з ринку країн ЄС і США через високий вміст трансізомерів (до 45 % у деяких партіях до 2010 року), що мають підтверджений негативний вплив на серцево-судинну систему. Натомість широко застосовуються інтерестерифіковані жири, які демонструють кращу метаболічну стабільність і підвищену пластичність при зберіганні. Технологічна доцільність застосування конкретного типу ЗМЖ визначається вимогами до структури продукту, температури плавлення (типово в межах 28–35 °С), оксидативної стабільності, в'язкості при 25 °С та стабільності в емульсійних системах. Наприклад, у виробництві м'яких сирів та вершкових кремів доцільно використовувати ЗМЖ із плавленням нижче 32 °С, у той час як у твердих сирних продуктах чи вафельних начинках необхідна твердість вище 60 по шкалі penetрації при 25 °С [9, с. 6].

У технологіях харчової промисловості ЗМЖ використовуються в декількох базових напрямках. Найбільшу частку складає сегмент виробництва молоковмісних продуктів, серед яких - спреди, плавлені сири, згущене молоко, йогурти з пониженим вмістом тваринних жирів, а також аналогові сири. У 2023 році, за даними звітів Європейської спілки харчових технологів, обсяг виробництва харчових продуктів із використанням ЗМЖ у ЄС перевищив 3,2 млн тонн, з яких 43 % припадали на продукцію, що не містила жодного грама тваринного молочного жиру. Факторами вибору заміників стали регламентовані обмеження на використання молочного жиру у пісних продуктах, оптимізація калорійності в дієтичних раціонах, потреба у подовженому терміні зберігання, а також стабільна текстура продуктів у процесі дистрибуції. У кондитерській галузі ЗМЖ знайшли широке застосування у виробництві глазурей, кремів, начинок, де потрібно досягти

стабільності структури при коротких циклах охолодження та високих навантаженнях у процесі механічного змішування. У цьому сегменті використовуються тверді інтерестерифіковані жири з високим вмістом насичених жирних кислот, проте з відсутністю трансізомерів. У рецептурах маргаринової продукції для хлібопекарських підприємств ЗМЖ забезпечують формоутримання, полегшують процес розкатування тіста та скорочують час випікання за рахунок зменшення температурного розриву між фазами жир – борошно – вода [2, с. 15].

ЗМЖ мають ряд функціональних характеристик, які відрізняють їх від традиційного молочного жиру. По-перше, це контрольований склад жирних кислот: за допомогою технологій фракціонування можливо зменшити вміст лауринової кислоти, яка відповідає за швидке прогіркнення, або навпаки - підвищити частку стеаринової та олеїнової для забезпечення стабільності до окиснення. По-друге, це термостійкість: на відміну від молочного жиру, який починає диміти вже при 170 °С, багато ЗМЖ зберігають стабільність до 200 °С, що є критичним у глибокому смаженні, де жир не повинен руйнуватися протягом 6–8 циклів. По-третє, це емульгувальні властивості. ЗМЖ формують стабільні емульсії за рахунок комбінації твердих і рідких фракцій, що забезпечує рівномірне розподілення жиру в білковій або вуглеводневій фазі - особливо в молоковмісних напоях, десертах або спредах. Нарешті, за рахунок точного підбору температури плавлення й пластичності, замітники дозволяють формувати різні органолептичні профілі, від «вершкового» до «кокосового» смаку, без потреби в ароматизаторах.

На практиці вибір конкретного типу ЗМЖ для тієї чи іншої рецептури спирається на такі технічні параметри: температура початку плавлення, температура завершення плавлення, ступінь кристалізації після охолодження протягом 24 годин при +5 °С, рівень твердості (за методом пенетрації або кулькової індентації), оксидативна стабільність (визначається методом Rancimat), вміст трансізомерів (не повинен перевищувати 1 % відповідно до стандартів Codex Alimentarius), ступінь насиченості (у перерахунку на масову

частку насичених жирних кислот), а також емульгувальна здатність у багатокомпонентних системах (визначається методом фракційного відстоювання фази). Для прикладу, ЗМЖ, що використовується в рецептурі глазури для печива, має мати температуру плавлення не вище 35 °С, показник оксидативної стабільності мінімум 14 годин при 110 °С і твердість не нижче 100 г/см². У виробництві вершкових сирів цей параметр має знижуватися до 50 г/см² при одночасному збереженні пластичності понад 80 % після п'яти діб зберігання в холодильнику [18, с. 27].

На сучасному етапі розвитку харчових технологій активно впроваджуються нові типи ЗМЖ із заданими функціональними характеристиками. Йдеться про створення структурованих жирів на основі капсулювання активних компонентів (лінолева, докозагексаєнова кислота), використання мікрокристалічних емульсій, а також ферментативну модифікацію під специфічні рецептури. Зокрема, для дитячого харчування застосовуються ЗМЖ, що мають структуру, подібну до молочного жиру з вмістом β-пальмітинової кислоти понад 40 %, що сприяє кращому засвоєнню кальцію. Такі жири отримують шляхом специфічної ензимної інтерестерифікації в присутності ліпази *Candida antarctica*. У виробництві продуктів функціонального призначення, зокрема для осіб із порушеним ліпідним обміном, розробляються ЗМЖ із високою часткою мононенасичених жирів (до 70 %), які мають сприятливий ефект на рівень холестерину в крові. Такі рецептури базуються переважно на високоолеїновій соняшниковій олії, стабілізованій токоферолами та натуральними антиоксидантами (розмаринова кислота, екстракт виноградних кісточок).

1.2. Дослідження та аналіз технологічних процесів виробництва із використанням ЗМЖ

Інтеграція заміників молочного жиру у промислові виробничі процеси - це не лише результат ресурсної доцільності, а й глибоке техніко-хімічне проектування на рівні молекулярних взаємодій, де кожен етап виготовлення

продукту потребує окремої конфігурації термодинамічних, емульгуючих і стабілізуючих характеристик. На рівні запуску виробничої лінії вирішальними параметрами стають температура обробки, в'язкість, ступінь кристалізації та синергетика з іншими рецептурними компонентами - білками, водою, цукрами, стабілізаторами, гідроколоїдами. Виробництво з використанням ЗМЖ передбачає точне дотримання режимів - зокрема, якщо замітник вводиться в гарячу фазу, температура не повинна перевищувати 70–75 °С, оскільки при вищих значеннях можливе денатурування емульгаторів, коалесценція жирів і втрата емульсійної рівноваги. У разі холодного введення - температура не нижче 18–20 °С для забезпечення текучості й рівномірного розподілу у водно-білковій основі. При гомогенізації необхідний тиск становить 12–15 МПа, а кратність циркуляції не менше 2,5 - тільки за таких умов досягається однорідність крапельної фракції на рівні 0,2–0,4 мікрон, що критично важливо для зберігання, особливо у випадку продуктів із тривалим терміном реалізації понад 90 діб [5, с. 11].

Технологічно замітники можуть бути введені на різних стадіях: як у момент підготовки сировинної суміші (в основному для плавлених сирів, йогуртів, десертів), так і під час емульгування або гомогенізації (у соусах, майонезах, кремах, глазурі). Кожен з форматів інтеграції потребує різного підходу до теплової обробки, інтенсивності механічного впливу та регулювання рН середовища. Для продуктів із рН нижче 5,2, таких як фруктові йогурти, необхідно додаткове застосування стабілізаторів - камеді рожкового дерева, пектинів або модифікованих крохмалів - з метою недопущення розшарування. У високожирних рецептурах, як-от у вершкових десертах або маслах для кулінарного застосування, ЗМЖ застосовують у дозуванні від 20 до 82 % залежно від категорії продукту, а для збереження пластичності при низьких температурах додають до 3 % рідких олій (соняшникова, ріпакова), що модифікують твердість у температурному інтервалі 4–7 °С. На стадії пастеризації - що триває 15–20 секунд за температури 85–92 °С - ЗМЖ повинен зберігати стабільність структури, не коагулювати та не випадати в осад, що

можливо лише при використанні інтерестерифікованих жирів із точною температурою плавлення (31–33 °С) і вмістом твердої фракції близько 35–38 % [19, с. 13].

Після термічної обробки настає фаза охолодження, під час якої стабільність ЗМЖ у складі продукту визначається швидкістю формування кристалічної структури. Повільне охолодження - 0,5–1 °С на хвилину - дозволяє отримати кристали типу β' , що створюють однорідну, пластичну текстуру без зернистості й тріщин. Якщо ж охолодження відбувається надто швидко (наприклад, у шоківій камері), формуються α - або β -кристали, які мають меншу стабільність і знижують якість кінцевого продукту. Тому в системах із ЗМЖ особливого значення набуває контроль кривої охолодження та використання кристалізаторів із регульованим температурним градієнтом (зокрема, пластинчасті або роторно-дисккові теплообмінники). У випадках, коли ЗМЖ використовується в глазурі чи шоколадній масі, необхідне точне темперування: попередній нагрів до 45–48 °С, охолодження до 28–30 °С, потім підйом до 31–32 °С - це забезпечує правильне розташування кристалів та запобігає «жировому цвітінню», який візуально проявляється як сірий наліт на поверхні готової продукції [4, с. 9].

Стабільність структури продукту при зберіганні є окремою проблематикою, особливо для товарів, що проходять крізь кілька логістичних циклів або мають розширену географію постачання. Тут ефективність ЗМЖ оцінюється за показниками стабільності до фазового розшарування, міграції жирової фази, змін кольору та смакових властивостей під дією температури, світла й кисню. У середньому термін придатності продукту із якісно підібраним ЗМЖ збільшується на 20–40 % порівняно з аналогами на основі натурального молочного жиру. Визначальним чинником є рівень окисної стабільності: інтерестерифіковані жири мають індекс перекисного окиснення на рівні 0,8–1,5 мекв/кг, що забезпечує їхнє збереження навіть при температурі зберігання +20 °С упродовж 90–120 діб. Для запобігання вторинному окисненню в систему вводять комбінацію антиоксидантів - природні

токофероли, екстракти розмарину, аскорбілпальмітат. У випадку заморожених виробів доцільно застосовувати азотне або вакуумне пакування для запобігання контакту з киснем [7, с. 8].

У розрізі адаптації ЗМЖ до різних ліній виробництва існують кілька стратегій. У великих молокопереробних комплексах застосовується система попередньої підготовки емульсії з наступним розведенням основним продуктом - у такому випадку концентрація ЗМЖ в емульсії становить 35–40 %, а далі знижується до цільових 5–10 % у кінцевій формулі. У дрібносерійних виробництвах використовують безпосереднє дозування ЗМЖ до суміші перед гомогенізацією, з контролем в'язкості в реальному часі. Обидві моделі потребують точного обладнання з автоматизованим контролем температури, вологи, тиску та швидкості перемішування, а також сенсорної перевірки на відповідність за показниками кольору, смаку та текстури. На цьому етапі активно застосовуються спектрофотометричні методи аналізу, реологічне тестування та хроматографічне визначення стабільності тригліцеридного профілю. У разі відхилення більше ніж на 5 % за показником твердості продукт вважається нестандартним і повертається в цех на переробку, часто із зміною температури повторної пастеризації або додаванням стабілізаторів.

1.3. Біохімічні та медико-екологічні аспекти транс-ізомерів жирних кислот і їх вплив на організм людини

У природному середовищі жири існують переважно у формі цис-ізомерів, тоді як транс-ізомери жирних кислот утворюються під час технологічної модифікації ліпідів, зокрема при частковій гідрогенізації рослинних олій, а також у результаті термічного впливу - смаження, обсмажування, випікання. Найбільш поширеним є транс-ізомер олеїнової кислоти - елаїдова, яка внаслідок перебудови подвійного зв'язку змінює просторову конфігурацію, знижує гнучкість молекули та підвищує точку плавлення. У нормі організм людини не синтезує транс-жирні кислоти й не

потребує їх як обов'язкових нутрієнтів. Однак унаслідок харчування, зокрема через споживання маргарину, випічки, напівфабрикатів та смажених продуктів, їхнє щоденне надходження може становити до 2–5 г. У країнах із неурегульованим контролем (наприклад, Індія, частина Південно-Східної Азії) середній рівень споживання перевищує 5 г/добу, тоді як ВООЗ з 2018 року рекомендує знизити його до менше ніж 1 % від загального калоражу (приблизно 2,2 г для людини з добовою нормою 2000 ккал). Транс-ізомери впливають на метаболічні процеси переважно через зміну мембранної структури клітин, порушення ліпідного профілю плазми крові та стимулювання прозапальних реакцій. Потрапляючи в кров, вони частково включаються до фосфоліпідного шару еритроцитів, знижуючи його пластичність, а також втручаються в функцію мембранних рецепторів, відповідальних за регуляцію обміну ліпопротеїнів. Це проявляється підвищенням рівня ліпопротеїнів низької щільності (LDL) і зниженням концентрації ліпопротеїнів високої щільності (HDL), що створює умови для атерогенезу [23, с. 4].

Біохімічно транс-ізомери здатні інгібувати ферментні системи, відповідальні за метаболізм есенціальних жирних кислот, насамперед лінолевої та альфа-ліноленової. При тривалому надходженні вони конкурують із цими кислотами за активність десатураз і еластаз, що призводить до гальмування утворення ейкозаноїдів - простагландинів, тромбоксанів, лейкотрієнів. Це зумовлює дисбаланс у регуляції судинного тону, згортальної здатності крові, протизапальних реакцій. Крім того, є дані про участь транс-ізомерів у порушенні експресії генів, що відповідають за інсулінову чутливість: *in vivo* дослідження на моделях мишей показали, що вже за 4 тижні високотрансова дієта індукує інсулінорезистентність на 18–24 % вищу порівняно з ізокалорійним режимом без транс-жирів. У людей виявлено зв'язок між регулярним споживанням понад 2,5 г транс-жирів на добу та збільшенням ризику розвитку цукрового діабету II типу на 30–40 % упродовж п'яти років. Функціонально це пов'язано з ушкодженням β -клітин

підшлункової залози та хронічною активацією системи NF-κB - медіатора низькоградусного запалення. У серцево-судинній системі дія транс-ізомерів проявляється в прискоренні формування бляшок, активації ендотеліальної дисфункції та гальмуванні синтезу оксиду азоту. У дослідженні Nurses' Health Study (1993–2003) було доведено, що жінки, які споживали найвищу кількість транс-жирів, мали на 50 % вищий ризик серцевого нападу порівняно з тими, хто дотримувався дієти з низьким умістом таких сполук [16, с. 51].

На рівні регуляторної політики міжнародна система контролю за транс-жирами набула нової інтенсифікації з 2018 року, коли ВООЗ ініціювала глобальну стратегію REPLACE, метою якої стало повне усунення промислово вироблених транс-ізомерів з глобального харчового ланцюга до 2023 року. Ця стратегія передбачала шість етапів: ревізія джерел транс-жирів, сприяння заміні на корисні альтернативи, розробка нормативів, запровадження моніторингу, просвітництво споживачів і перевірка дотримання норм. На національному рівні нормативне обмеження варіюється. Наприклад, у Данії ще з 2004 року встановлено граничний рівень 2 г на 100 г загального жиру в продуктах. У Канаді з 2018 року виробництво з використанням частково гідрогенізованих жирів повністю заборонено. В Україні з грудня 2021 року набрав чинності закон, згідно з яким рівень транс-ізомерів у жирах і маслах не повинен перевищувати 2 г на 100 г загального жиру, а з січня 2023 року ці обмеження стали обов'язковими для всіх харчових продуктів. Також обов'язковою стала індикація транс-жирів у маркуванні продукції при вмісті понад 0,5 %. У випадках, коли продукт містить менше цієї межі, виробник має право зазначити «не містить транс-жирів», але з обов'язковим підтвердженням лабораторного аналізу [11, с. 41].

Особливу увагу в медико-екологічному аспекті заслуговує роль транс-жирів у порушенні енергетичного обміну на клітинному рівні. Мітохондріальна дисфункція, індукована високим рівнем транс-ізомерів у харчуванні, проявляється в зниженні ефективності β-окиснення жирних кислот, підвищенні продукції вільних радикалів та зменшенні синтезу АТФ.

Це, у свою чергу, призводить до хронічного енергетичного дефіциту в кардіоміоцитах, нейроцитах та гепатоцитах. Підвищення активності супероксиддисмутази (SOD) і глутатіонпероксидази в умовах експериментального навантаження транс-жирами вказує на активацію компенсаторної антиоксидантної системи, однак при довготривалому споживанні цей механізм виснажується. Також було виявлено зниження активності ферментів циклу Кребса - зокрема цитратсинтази та сукцинатдегідрогенази - що прямо пов'язано зі зменшенням аеробного енергетичного потенціалу клітин. На рівні нейроцитів спостерігається зменшення рівня нейротрофічних факторів, зокрема BDNF, що асоціюється з погіршенням когнітивної функції, зниженням нейропластичності й підвищеним ризиком розвитку нейродегенеративних станів. Ці ефекти були підтверджені у дослідженнях з участю людей старшого віку, де виявлено, що регулярне споживання понад 3 г транс-жирів на добу корелює зі зменшенням об'єму гіпокампа й уповільненням швидкості обробки інформації на 12–17 % протягом 5 років.

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ІЗ ЗАМІННИКАМИ МОЛОЧНОГО ЖИРУ

2.1. Розробка декомпозицій і принципової технологічної схеми виробництва продукції з використанням ЗМЖ

Проектування виробничої системи для виготовлення харчової продукції із використанням замінників молочного жиру потребує глибокої структурної декомпозиції кожної стадії технологічного процесу, де кожен етап повинен відповідати властивостям обраного жирового компонента та враховувати фізико-хімічні параметри взаємодії з білково-вуглеводною основою. ЗМЖ функціонує в рецептурі не лише як жировий наповнювач, а як ключова структуроутворююча матриця, від якої залежать механічні, термічні та органолептичні властивості кінцевого продукту. Саме тому побудова технологічної моделі повинна починатися з системного опису процесу: від моменту надходження сировини до завершення стабілізації готового продукту [21, с. 53].

Горизонтальна декомпозиція базується на чіткій часовій послідовності - сировина надходить, очищається, піддається пастеризації, змішується зі стабілізуючими компонентами, проходить етап емульгування, далі - гомогенізацію, охолодження, витримку, фасування та остаточне пакування. На кожному з етапів діють інші технологічні параметри: температура пастеризації - 85–87 °С, гомогенізаційний тиск - 12,5–13 МПа, температура охолодження - 11–13 °С, швидкість подачі в фасувальний блок - 45–60 кг/хв. Ієрархічна декомпозиція дозволяє побачити структуру глибше - умовно можна виокремити чотири рівні: перший - системний (приймання, переробка, пакування), другий - функціональний (пастеризація, емульгування, охолодження), третій - апаратурний (теплообмінник, змішувач, гомогенізатор, кристалізатор), четвертий - контрольно-керувальний (датчики температури, вологи, в'язкості, тиску). Така декомпозиція дозволяє виявити точки

найбільшої чутливості системи до порушень технологічного процесу - критичні контрольні точки, в яких можливе фазове розшарування, мікробне забруднення чи деградація білково-жирової структури [6, с. 7].



Рис. 2.1 Горизонтальна декомпозиція виробничого процесу

Розробка принципової технологічної схеми передбачає побудову схематичного потоку з обов'язковим виділенням ділянок, де відбуваються фазові перетворення. Так, з моменту приймання сировини починається стадія механічної очистки (фільтрація 100 мкм), далі - пастеризація молочного компонента із фіксованим часом 15 секунд. Після цього вводиться попередньо розплавлений ЗМЖ (температура 55–60 °С) з одночасним змішуванням у вакуумній камері, що дозволяє знизити кількість бульбашок повітря, стабілізувати в'язкість і забезпечити рівномірний розподіл жирової фази. На наступному етапі відбувається гомогенізація двоступенева - тиск на першому ступені 12,5 МПа, на другому - 4,5 МПа, температура стабілізується в межах 58–60 °С. Після гомогенізації продукт проходить крізь охолоджувач пластинчастого типу - швидкість охолодження 1,5 °С/хв до досягнення 12 °С, що є критичною точкою початку формування кристалічної структури ЗМЖ.

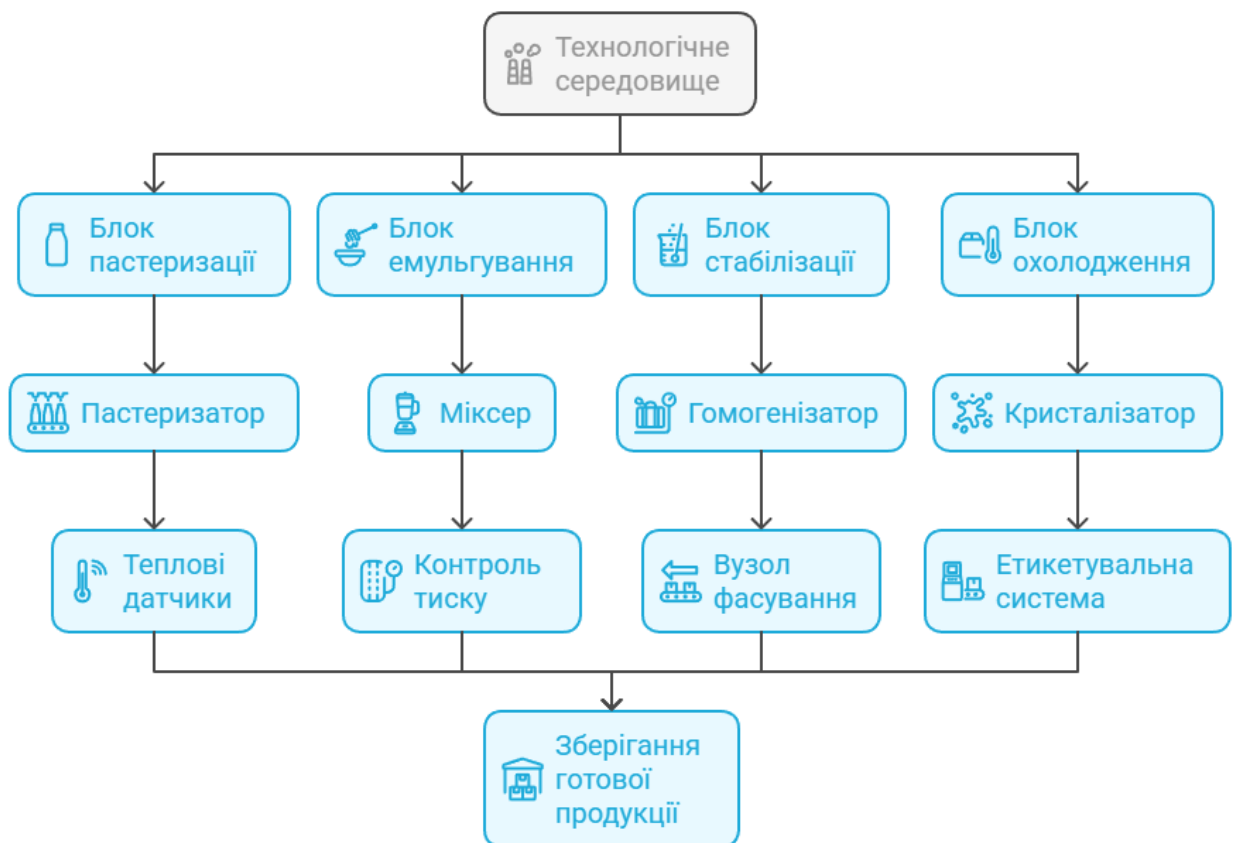


Рис. 2.2 Ієрархічна декомпозиція виробничого процесу

На цьому етапі жирові кристали утворюють β' -решітку, яка є найбільш стабільною для емульгованої системи й забезпечує однорідну текстуру без розшарування. Після охолодження продукт переходить у витримувальну камеру, де протягом 25–30 хв стабілізується структура, фіксується розподіл вологи й завершується фазове вирівнювання. Фасування здійснюється за температури 10 °С, автоматично в фольговані брикети по 200 г або 500 г, із одночасним нанесенням маркування - струменевим методом, із кодом дати виготовлення, партії та умов зберігання. Усі контрольні точки - пастеризація, змішування, гомогенізація, охолодження, фасування - супроводжуються датчиками тиску, температури та вологи, що підключені до SCADA-системи, яка забезпечує запис і контроль кожного параметра в реальному часі [3, с. 30].

Формування технологічної моделі передбачає також побудову таблиць для фіксації функціонального призначення компонентів рецептури та їх ролі в створенні стабільної структури. Так, ЗМЖ у рецептурі виконує не тільки функцію заміни молочного жиру, а й утворює стабільну жирову фазу з чітко фіксованими температурними характеристиками. Знежирене молоко вводиться для формування білкової сітки, яка відповідає за гідратацію та взаємодію з жиром. Гуарова камедь забезпечує стабільність емульсії, не допускає розшарування та втрат структури в момент охолодження. Ароматизатор маскує незначні смакові відхилення, пов'язані з використанням неферментованого жиру, а фарбник надає готовому продукту типовий відтінок вершкового масла.

2.2. Аналіз рецептурного складу та технологічної схеми виробництва. Визначення вимог до безпечності та харчової цінності готової продукції

Аналіз рецептурного складу продукції, виготовленої з використанням замінників молочного жиру, передбачає системне розуміння функціонально-технологічного потенціалу кожного компонента з урахуванням його ролі в створенні стабільної структури, сенсорного профілю та цільової харчової

цінності. У техніко-технологічному аспекті рецептура не може розглядатись як сталий перелік інгредієнтів - це динамічна система, що реагує на зміну характеристик жиру, білка, вологи та зовнішніх факторів виробництва. Використання інтерестерифікованих жирових композицій замість натурального молочного жиру вимагає оптимізації рецептурних рішень на рівні температури плавлення, пластичності та індексу жирової кристалізації. Якщо продукт орієнтовано на споживчий сегмент середньої жирності (наприклад, 60 %), то співвідношення твердих і рідких жирів у ЗМЖ має бути на рівні 60:40 для забезпечення однорідної консистенції при температурі зберігання 5–7 °С [22, с. 23].

Для забезпечення органолептичної відповідності використовують ароматизатори з високим ступенем летючості, які мають максимальну концентрацію смакових речовин у температурному діапазоні 25–28 °С. Такий підхід гарантує збереження інтенсивності смаку при кімнатному споживанні, що є критичним для вершкового масла. У випадку включення в рецептуру стабілізаторів (гуарова камедь, каррагінан), їх частка не перевищує 0,2–0,3 % від загальної маси продукту, що дає змогу не змінювати його реологічну поведінку під час фасування та зберігання, але забезпечує рівномірну емульсію протягом усього терміну придатності. Білкова основа формується на базі знежиреного молока з вмістом білка не менше 3,2 % і кислотністю 17–18°Т, що дозволяє створити білково-жирову сітку з оптимальною вологозв'язувальною здатністю. Під час збивання або механічної обробки ця структура не руйнується завдяки наявності β -кейзінових фракцій, які функціонують як стабілізатори в системах з високим тиском або температурними коливаннями.

У процесі виробництва контроль рецептури не обмежується лише входом компонентів. На кожному етапі технологічного циклу передбачено операційні точки перевірки: це момент пастеризації (85 °С, не менше 15 секунд), температура розпуску ЗМЖ (не вище 60 °С), гомогенізаційний тиск (від 12 до 13 МПа), температура охолодження (стабільна в межах 12 °С). Будь-

яке відхилення на одному з цих етапів викликає порушення емульсійної стабільності, що візуально проявляється у вигляді розшарування, появи зернистої текстури або відділення рідини [17, с. 20].

Таблиця 2.1

Аналіз рецептурного складу продукту

Найменування рецептурних компонентів	Роль компонента у формуванні структури	Вимоги до якості рецептурних компонентів
Інтерестерифікований ЗМЖ (пальмова та ріпакова олія)	Створює основну жирову матрицю, відповідає за текстуру	Точка плавлення 33–35 °С, трансізомери <2%, пероксидне число <1.5
Знежирене молоко	Формує білкову основу, забезпечує злагоджену емульсію	Масова частка білка $\geq 3.2\%$, кислотність 17–18°Т
Стабілізатор (гуарова камедь)	Підтримує рівномірність емульсії, забезпечує густину	Активність $\geq 85\%$, повна гідратація при 70–75 °С
Ароматизатор натуральний	Імітує вершковий смак, маскує відмінності ЗМЖ	Сертифікований відповідно до ISO 9235
Фарбник (аннато)	Надає типовий колір, підтримує споживчу впізнаваність	Стабільність при 4–10 °С, колірний показник ≤ 5 Ловібонд

Саме тому рецептура повинна узгоджуватись із конкретними технічними режимами виробництва, а не існувати поза технологічною реальністю. Для забезпечення харчової цінності враховують вміст жиру (цільовий показник - 61–63 %), вологість (не вище 18 %), енергетичну цінність (в межах 590–620 ккал/100 г). Біологічна цінність формується за рахунок вмісту повноцінних білків молока, жиророзчинних вітамінів (А, D, Е), а також лецитинів, які природно містяться в ЗМЖ. У разі зниження вмісту вітаміну А нижче 500 МО/100 г доцільним є його цілеспрямоване введення у формі ретинілпальмітату, із контролем рівня за даними хроматографічного аналізу. Енергетична цінність моделюється шляхом зміни жирності ЗМЖ та білкової основи: підвищення вмісту твердих жирів автоматично збільшує калорійність, але водночас підвищує точку плавлення, що потребує змін у режимах фасування. Саме тому рецептурні рішення завжди пов'язані з реологічними властивостями маси при температурі 10–12 °С - момент фасування [10, с. 5].

Таблиця 2.2

Аналіз технологічної схеми виробництва продукції

Найменування етапу	Найменування операції	Режими, параметри	Фізико-хімічні зміни
Підготовка сировини	Пастеризація, фільтрація	85 °С, 15 сек, фільтрація сіткою 100 мкм	Зниження мікрофлори, стабілізація білків
Дозування і змішування	Інжекційне змішування у вакуумній камері	Тиск 0.4 атм, температура 55 °С, точність дозування $\pm 0.2\%$	Формування емульсії, попередня структура
Гомогенізація	Дворівнева гомогенізація	Перший ступінь: 12.5 МПа, другий: 4.5 МПа	Зменшення жирових глобул, підвищення консистенції
Охолодження	Пластинчастий охолоджувач	Зниження температури до 12 °С за 4 хвилини	Початок кристалізації жиру, ущільнення текстури
Структурування	Витримка в стабілізаційній камері	12 °С, 25–30 хв, контроль відцентровою в'язкістю	Завершення формування структури, фіксація водно-жирової фази
Фасування і маркування	Порційне фасування, етикетування	Температура продукту 10 °С, пакування в фольгу	Збереження текстури, контроль маси нетто, готовність до логістики

Оцінка безпечності продукції здійснюється на основі встановлених нормативів згідно ДСТУ 4399:2005 та ДСТУ 4424:2005. Основні показники включають: мікробіологічну чистоту ($\text{КМАФАнМ} < 10^3$ КУО/г, відсутність патогенних мікроорганізмів), токсикологічну безпеку (вміст залишкових гептильних жирів, стабілізаторів і емульгаторів у межах допустимих рівнів), відсутність домішок важких металів ($\text{Pb} < 0.1$ мг/кг, $\text{Cd} < 0.05$ мг/кг). На практиці контроль здійснюється методом вибіркового відбору проб після кожної партії фасування та зберігається впродовж усього терміну зберігання у виробничій лабораторії. Особлива увага приділяється стабільності перекисного числа жирової фази - воно не повинно перевищувати 2.0 мекв/кг на момент випуску та не більше 5.0 через 90 діб зберігання. У разі фіксації швидкого зростання цього показника переглядається система

антиоксидантного захисту - вводяться токофероли в дозуванні 100–200 мг/кг або екстракти розмарину у вигляді стабілізованих ефірів. Вимірювання здійснюються фотометричним методом у середовищі із розчиненим хлороформом, відповідно до протоколу ISO 3960:2017 [13, с. 7].

Контроль органолептичних показників проводиться у стандартних умовах: дегустаційна панель із п'яти експертів, дегустаційна кімната з нейтральним освітленням і температурою 20–22 °С. Продукт оцінюється за смаком, запахом, консистенцією, зовнішнім виглядом і кольором. Згідно з нормативами, вершкове масло із ЗМЖ не повинно мати стороннього присмаку, колір має бути світло-жовтим без вкраплень, консистенція - однорідна, без тріщин і повітряних кишень. При розрізанні зразок не повинен кришитися або розпадатися - це свідчить про недотримання режиму охолодження [15, с. 46].

Розрахунок харчової цінності базується на вмісті основних макронутрієнтів. Жир - 61–63 %, білок - 1,0–1,2 %, волога - до 18 %. Кількість енергії на 100 г становить у середньому 610 ккал. У таблицях специфікацій зазначається також вміст вітамінів А (не менше 700 МО), D (4–5 мкг), Е (4–6 мг). ЗМЖ, виготовлений на основі пальмової та ріпакової олії, несе природний вміст α -токоферолу, однак у разі його зниження проводиться коригування за рахунок концентратів. Баланс жирних кислот коригується відповідно до потреб - бажано, щоб насичені жирні кислоти не перевищували 52–55 %, мононенасичені - 30–35 %, поліненасичені - 8–12 %. Транс-ізомери - не більше 2 %, згідно з технічним регламентом № 237 (наказ МОЗ України). У випадку використання ферментативно модифікованих жирів цей показник можна знижувати до 0.5–1.0 % без втрати пластичності. Такі жири отримують шляхом гліцеролізу за допомогою ліпаз при температурі 55 °С у реакторах із перемішуванням, з тривалістю реакції до 6 годин. Контроль здійснюється методом ГЖХ із використанням капілярної колонки довжиною 50 м, діаметр 0.25 мм, температура детектора 280 °С.

ВИСНОВКИ

Виконане дослідження дало змогу комплексно охарактеризувати замітники молочного жиру з урахуванням їх хімічної природи, структурно-функціонального призначення та технологічної придатності до застосування в рецептурах продуктів тривалого зберігання. Зібрані дані підтверджують, що сучасні ЗМЖ, сформовані на основі фракціонованих пальмових, ріпакових або соняшникових олій із застосуванням ферментативної або хімічної інтерестерифікації, забезпечують контрольовану температуру плавлення (у межах 32–35 °С), стабільність консистенції при зберіганні до 180 діб та мінімізацію ризику фазового розшарування в умовах циклів заморожування й відтаювання.

Типологія ЗМЖ за формою структуроутворення та рівнем пластичності дозволила встановити технологічну доцільність використання композиційних і емульгованих систем у різних галузях харчового виробництва - зокрема в спредах, кремівих десертах, заморожених виробках і молоковмісних продуктах із нормованим терміном придатності понад 90 діб. У процесі дослідження проаналізовано режими впровадження ЗМЖ у виробничі цикли, зокрема точки теплового навантаження, тиску під час гомогенізації та параметри охолодження, які визначають фізико-хімічну поведінку готового продукту. На прикладі виробництва вершкового масла встановлено, що оптимальні параметри введення ЗМЖ - температура 55–60 °С, тиск при гомогенізації - 12,5 МПа, охолодження - до 12 °С із витримкою не менш ніж 30 хв - забезпечують стабільну β' -кристалічну сітку без ознак розшарування. У межах медико-біологічного дослідження транс-ізомерів встановлено, що регулярне споживання понад 2 г/добу пов'язується з підвищенням рівня ліпопротеїнів низької щільності на 10–15 % і зниженням ліпопротеїнів високої щільності на 5–10 %, що є прогностичним чинником формування атеросклеротичних ускладнень.

У зв'язку з цим обґрунтовано допустимі рівні трансізомерів у жировій фазі на рівні не більше 2%, що відповідає технічному регламенту, затвердженому в Україні з 2021 року, а в окремих рецептурах - на рівні до 0.5% за рахунок використання ферментативно модифікованих жирів. У процесі моделювання побудовано горизонтальну та ієрархічну декомпозицію технологічної системи виробництва продукту, на основі яких сформовано принципову та апаратурно-технологічну схеми. За результатами розрахунків і структурного відображення встановлено оптимальні точки контролю: пастеризація при 85 °С, гомогенізація двоступенева (12,5/4,5 МПа), охолодження до 12 °С, фасування при температурі не нижче 10 °С. Рецептурна частина доповнена характеристикою функціонально-технологічних властивостей кожного інгредієнта, включно з вимогами до фізико-хімічних параметрів, що визначають структуру, органолептичний профіль і стійкість емульсії.

За умови дотримання параметрів дозування та контролю технологічного режиму вдається забезпечити стабільну текстуру, однорідність структури, відповідність за жирністю (61–63%), вологістю (<18%) і енергетичною цінністю на рівні 610 ккал/100 г. Готовий продукт відповідає вимогам нормативної документації щодо мікробіологічної, токсикологічної та сенсорної безпеки. Сукупність отриманих результатів свідчить про можливість повноцінного промислового застосування ЗМЖ у виробництві з гарантованим рівнем безпечності, функціональної стабільності та харчової цінності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України про молоко та молочні продукти від 24.06.2004 № 1870. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1870-15#Text> (дата звернення: 28.04.2025).
2. Закон України про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів від 23.12.1997 № 771. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр#Text> (дата звернення: 28.04.2025).
3. Берник І. М., Новгородська Н. В., Соломон А. М., Овсієнко С. М., Бондар М. М. Інноваційні технології харчових виробництв. Вінниця. 2022. 300 с.
4. ДСТУ 3008.2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. URL: https://edu.htek.org.ua/pluginfile.php/76905/mod_resource/content/1/derzhstandart_3008_2015.pdf (дата звернення: 28.04.2025).
5. ДСТУ 8302.2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. URL: https://edu.htek.org.ua/pluginfile.php/76904/mod_resource/content/1/dstu_8302_2015.pdf (дата звернення: 28.04.2025).
6. Жир кулінарний «Шортенінг», «Шортенінг Е», «Шортенінг кондитерський» 99.7%. ТОВ «Авіс». URL: <https://predpriyatie-avis-cs262841.uaprom.net/p4621548-zhir-kulinaryj-shortening.html> (дата звернення: 28.04.2025).
7. Жир рослинний «Шортенінг кондитерський» ТМ «Щедро». URL: <http://schedro.ua/ru/products/industry/product/1063/zhir-roslinnyj-shorteningkonditerskiy> (дата звернення: 28.04.2025).
8. Зубар Н. М. Теоретичні основи харчових виробництв. Київ. 2020. 304 с.

9. Маргарин м'який «Кондитерський Скіф» 72%. ТОВ «КОМПАНІЯ СКІФ». URL: <https://ski-f.uaprom.net/p756002589-margarin-myagkijkonditerskij.html> (дата звернення: 28.04.2025).
10. Маргарин столовий «Сливочний Київський» 72.5% ТМ Олкоком 450 г. URL: <https://vova.ua/shop/margarin-stolovyj-slivochnyj-kievskij-72-5-tm-olkom-450g> (дата звернення: 28.04.2025).
11. Павлоцька Л. Ф., Дуденко Н. В., Димитрієвич Л. Р. Основи фізіології гігієни харчування та безпеки харчових продуктів. Київ. 2019. 441 с.
12. Положення про дотримання академічної доброчесності в коледжі. URL: <https://htek.com.ua/wp-content/uploads/2023/09/1АкДобр.pdf> (дата звернення: 28.04.2025).
13. Положення про курсову роботу у ВСП ХТЕФК ДТЕУ. URL: https://htek.com.ua/wp-content/uploads/2023/04/Курсові_роботи_ХТЕФК_ДТЕУ.pdf (дата звернення: 28.04.2025).
14. Сирохман І. В. Якість і безпечність харчової продукції. Львів. 2020. 504 с.
15. Теличкун В. І., Гавва О. М., Теличкун Ю. С., Губеня О. О. Технологічні комплекси харчових виробництв. Київ. 2017. 456 с.
16. Dobson R. L., Motlagh S., Quijano M. та ін. Identification and characterization of toxicity of contaminants in pet food. *Toxicological Sciences*. 2008. Vol. 106. № 1. С. 251–262. URL: <https://academic.oup.com/toxsci/article/106/1/251/1708342> (дата звернення: 28.04.2025). DOI: <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfn160>
17. Korkuna O., Demichkovskiy A., Tsilnyk O., Bordun O., Pikhur O. *Tovarovnavstvo*. Lviv. LDUFK im. I. Boberskoho. 2019. 200 s.
18. Kunitsia K. V., Udovenko O. O., Lytvynenko O. A., Hladkyi F. F., Levchuk I. V. Tekhnolohiia spetsializovanykh zhyrov na osnovi palmovoho stearynu. *Vostochno-Evropeyskyi zhurnal передovykh tekhnolohii*. 2016. №3(81). S. 27–33.

19. Pro informatsiyu dlya spozhyvachiv shchodo kharchovykh produktiv. Zakon Ukrainy vid 06.12.2018 № 2639-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2639-19#Text> (дата звернення: 28.04.2025).
20. Rebecca Friedman. The Cry Over Fake Milk. URL: <https://blog.petrieflom.law.harvard.edu/2018/09/07/the-cry-over-fake-milk> (дата звернення: 28.04.2025).
21. Sosedenko T. Yu., Nikolaieva Yu. V., Ralovych A. D. Sposib polipshennia yakosti sdobnoho pechyva cherez vnesennia dobavok. Molodyi uchenyi. 2018. №21(311). S. 536–537.
22. Wong S. N., Chiu M. C. The scare of melamine tainted milk products. Hong Kong Journal of Paediatrics. 2008. Vol. 13. С. 230–234. URL: <https://www.hkjpaed.org/pdf/2008;13;230-234.pdf> (дата звернення: 28.04.2025).
23. Zhiry dlia vypichky. Agrarian FOOD Technologi. URL: <http://www.afth.com.ua/ua/catalog/category/zhir-dlya-vyprechki> (дата звернення: 28.04.2025).