

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та
косметичних засобів**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту ННІХТ

_____ Оксана КОЧУБЕЙ –ЛИТВИНЕНКО
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« ____ » _____ 2025р.

«До захисту допущено»
Завідувачка кафедри ТЖХТ

_____ Тамара НОСЕНКО
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« ____ » _____ 2025р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності: 181 «Харчові технології»

(код та назва спеціальності)

**освітньо-професійної програми: «Технології рослинних олій, жирових та
косметичних продуктів»**

на тему: Розробка кондитерських жирів для листкового тіста

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ТЖ-2-3М

КОКОРЕВ Єгор Олексійович
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ ПОВНІСТЮ) _____ (підпис)

Керівник: ШЕМАНСЬКА Євгенія Іванівна
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я ТА ПО БАТЬКОВІ ПОВНІСТЮ) _____ (підпис)

Консультанти
_____ (підпис)
(ПРІЗВИЩЕ Ім'я)

Рецензент ЧЕРНЮШОК Ольга
(ПРІЗВИЩЕ Ім'я) _____ (підпис)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач _____ (підпис)

Київ – 2025р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 181 «Харчові технології»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Технології рослинних олій, жирових та косметичних продуктів»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри ТЖХТ

_____ Тамара НОСЕНКО
“ ____ ” _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Кокорева Єгора Олексійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка кондитерських жирів для листкового тіста
керівник роботи Шеманська Євгенія Іванівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» жовтня 2025 р. № 832-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: розробити жири кондитерські загального призначення згідно ДСТУ 4335:2004 з наступним використанням в технології виробництва листкового тіста

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ; Розділ 1 Науково-дослідна частина; 1.1. Аналіз літературних джерел; 1.2. Обґрунтування необхідності науково-дослідної роботи; 1.3. Експериментальна частина; 1.3.1. Матеріали дослідження. Опис методик проведення дослідження; 1.3.2. Результати досліджень та їх аналіз; 1.3.3. Висновки за результатами наукових досліджень; Розділ 2 Технологічна частина; 2.1. Обґрунтування та вибір асортименту продукції; 2.2 Аналіз й вибір технологічних схем; 2.3. Розрахунок сировини, готової продукції та допоміжних матеріалів; 2.4. Аналіз, підбір, обґрунтування і розрахунок кількості обладнання; 2.5. Заходи щодо енерго- та ресурсозбереження для забезпечення сталого розвитку; 2.6. Розрахунок виробничих площ; 2.7. Організація виробничого потоку; 2.9. Технохімічний контроль та менеджмент якості виробництва; Розділ 3 Охорона праці, Розділ 4 Система екологічного управління ; Розділ 5 Техніко-економічне обґрунтування технічних рішень; Висновки; Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

Принципова технологічна схема – 1 арк. ;

Апаратурно-технологічна схема – 1 арк.;

Креслення основного апарату – 1 арк.;

План цеху з компонуванням обладнання – 1 арк.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 7 жовтня 2025 р**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
ВСТУП	1.10.2025	‘
РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА		
1.1. Аналіз літературних джерел	2.10.2025	
1.2. Обґрунтування необхідності науково-дослідної роботи	8.10.2025	
1.3. Експериментальна частина		
1.3.1. Матеріали дослідження. Опис методик проведення досліджень.	10.10.2025	
1.3.2. Результати досліджень та їх аналіз	12.10.2025	
1.3.3. Висновки за результатами наукових досліджень	14.10.2025	
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА		
2.1. Обґрунтування та вибір асортименту продукції	16.10.2025	
2.2. Аналіз й вибір технологічних схем	18.10.2025	
2.3. Розрахунок сировини, готової продукції та допоміжних матеріалів	20.10.2025	
2.4. Аналіз, підбір, обґрунтування і розрахунок кількості обладнання	28.10.2025	
2.5. Заходи щодо енерго- та ресурсозбереження	30.10.2025	
2.6. Розрахунок виробничих площ	05.11.2025	
2.7. Організація виробничого потоку	08.11.2025	
2.8. Технохімічний контроль та менеджмент якості виробництва	10.11.2025	
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	12.11.2025	
РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ		
РОЗДІЛ 5. ТЕО ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ	16.11.2025	
ВИСНОВКИ	18.11.2025	
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	20.11.2025	
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА	21.11.2025- 29.11.2025	

Здобувач

_____ Єгор КОКОРЕВ
(підпис) (Ім'я прізвище)

Керівник роботи

_____ Євгенія ШЕМАНСЬКА
(підпис) (Ім'я прізвище)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота присвячена удосконаленню технології виробництва кондитерського жиру (шортенінгу) для листового тіста з залученням української сировини. Основною метою роботи є розробка рецептури та проектування спеціалізованого цеху для випуску високоякісного безводного жирового продукту, який за своїми реологічними властивостями та пластичністю не поступається закордонним аналогам, але при цьому відповідає сучасним вимогам безпеки щодо відсутності транс-ізомерів жирних кислот. В ході дослідження проаналізовано сучасний стан ринку жирової продукції та нормативну базу, зокрема вимоги ДСТУ 4335:2004, що дозволило обґрунтувати відмову від традиційних гідрогенізованих жирів на користь купажів на основі пальмового стеарину та високоолеїнової соняшникової олії.

У роботі детально розглянуто фізико-хімічні процеси кристалізації жирових сумішей в умовах інтенсивного механічного та термічного впливу. Ключовим етапом технології визначено процес глибокого переохолодження емульсії та формування дрібнокристалічної структури β' -поліморфної форми у скребкових теплообмінниках (вотаторах). Запропоновано технологічні режими темперування, переохолодження та пластифікації, що забезпечують отримання продукту з високою термостійкістю та здатністю до утворення тонких плівок при ламінуванні тіста.

На основі розробленої технології виконано інженерне проектування виробничого цеху. Розраховано продуктивний баланс, підібрано основне та допоміжне технологічне обладнання. Розроблено об'ємно-планувальні рішення для будівлі, що передбачають раціональне зонування виробничих площ на дільниці підготовки сировини, кристалізації, фасування та складського зберігання з дотриманням санітарно-гігієнічних та протипожежних норм. Особливу увагу приділено системі повернення браку та організації енергоефективного виробництва.

Практична значущість роботи полягає у створенні імпортозамінного продукту категорії «Clean Label», що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності кондитерської галузі. Пояснювальна записка до магістерської роботи викладена на 78 сторінках друкованого тексту. Графічна частина роботи представлена чотирма кресленнями формату А1: апаратурна технологічна схема виробництва, принципова технологічна схема, складальне креслення апарату вотатора та план цеху з розташуванням обладнання.

Ключові слова: кондитерський жир, шортерінг, переестерифікований жир, пальмовий стеарин, високоолеїнова соняшникова олія.

ANNOTATION

The master's thesis is dedicated to the improvement of the production technology of confectionery fat (shortening) for puff pastry utilizing Ukrainian raw materials. The main goal of the work is to develop a recipe and design a specialized workshop for the production of a high-quality anhydrous fat product, which in its rheological properties and plasticity is not inferior to foreign analogues, but at the same time meets modern safety requirements regarding the absence of trans-isomers of fatty acids. During the study, the current state of the fat products market and the regulatory framework, in particular the requirements of DSTU 4335:2004, were analyzed, which justified the rejection of traditional hydrogenated fats in favor of blends based on palm stearin and high-oleic sunflower oil.

The work examines in detail the physicochemical processes of crystallization of fat mixtures under conditions of intense mechanical and thermal influence. The key stage of the technology is defined as the process of deep supercooling of the emulsion and the formation of a fine-crystalline structure of the β' -polymorphic form in scraped-surface heat exchangers (votators). Technological modes of tempering, supercooling, and plasticization are proposed, which ensure the production of a product with high heat resistance and the ability to form thin films during dough lamination.

Based on the developed technology, the engineering design of the production workshop was carried out. The product balance was calculated, and the main and auxiliary technological equipment was selected. Space-planning solutions were developed for the building, which provide for rational zoning of production areas into raw material preparation, crystallization, packaging, and warehouse storage sections in compliance with sanitary, hygienic, and fire safety standards. Special attention is paid to the system for returning defective products (rework) and the organization of energy-efficient production.

The practical significance of the work lies in the creation of an import-substituting product of the "Clean Label" category, which will contribute to increasing the competitiveness of the domestic confectionery industry. The explanatory note to the master's thesis is presented on 78 pages of printed text. The graphic part of the work is represented by four drawings of A1 format: the hardware technological scheme of production, the principal technological scheme, the assembly drawing of the votator apparatus, and the workshop plan with the equipment layout.

Key words: confectionery fat, shortening, interesterified fat, palm stearin, high-fat palm oil.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Аналітичний огляд науково-технічної та патентної літератури.....	9
1.2 Обґрунтування необхідності науково-дослідної роботи.....	18
1.3 Експериментальна частина.....	19
1.3.1 Опис методик проведення досліджень.....	19
1.3.2 Результати досліджень та їх аналіз.....	21
1.3.3 Висновки за результатами проведених досліджень.....	26
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	28
2.1 Обґрунтування та вибір асортименту продукції.....	28
2.2 Аналіз й вибір технологічних схем.....	32
2.3 Розрахунок сировини, готової продукції та допоміжних матеріалів.....	35
2.4 Аналіз, підбір і розрахунок кількості обладнання.....	38
2.5 Заходи щодо енерго та ресурсозбереження для забезпечення сталого розвитку.....	48
2.6 Розрахунок виробничих площ.....	49
2.7 Організація виробничого потоку.....	53
2.8 Технохімічний контроль та менеджмент якості виробництва.....	55
3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	58
4. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ.....	65
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ.....	69
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	79

ВСТУП

Сучасний стан харчової промисловості України характеризується стрімкою динамікою розвитку, високою конкуренцією та постійним зростанням вимог споживачів до якості та безпечності продуктів харчування. У сегменті хлібопекарської та кондитерської галузі особливе місце займають вироби з листового тіста, популярність яких стабільно зростає завдяки їхнім унікальним органолептичним властивостям — ніжній шаруватій структурі, хрусткій скоринці та приємному смаку. Проте технологія виробництва таких виробів є однією з найскладніших, а ключову роль у формуванні їхньої якості відіграє жировий компонент. Саме жир, який у рецептурі листового тіста може складати до 50–70 % від маси борошна, виконує функцію бар'єрного шару, що розділяє шари тіста, забезпечує їх підйом під час випікання та формує характерну текстуру готового виробу. Тому вибір правильного жирового продукту є не просто технологічним питанням, а фундаментом економічного успіху та конкурентоспроможності виробника.

Протягом останніх десятиліть основним жировим компонентом для листового тіста слугували маргарини на основі частково гідрогенізованих рослинних олій. Гідрогенізація дозволяла легко та дешево перетворювати рідкі олії на тверді жири з необхідною температурою плавлення та пластичністю. Однак наукові дослідження кінця XX – початку XXI століття беззаперечно довели, що побічним продуктом цього процесу є транс-ізомери жирних кислот, які мають руйнівний вплив на серцево-судинну систему людини, сприяють розвитку діабету та онкологічних захворювань. У відповідь на ці загрози Всесвітня організація охорони здоров'я закликала до повного вилучення промислових трансжирів з продуктів харчування, а в Україні з 2023 року набув чинності Наказ МОЗ № 1613, який жорстко обмежує вміст транс-ізомерів жирних кислот на рівні не більше 2 г на 100 г жиру. Ця законодавча норма поставила жиропереробну галузь перед необхідністю кардинальної технологічної трансформації та пошуку безпечних альтернатив традиційним маргаринам.

Актуальність даної магістерської роботи зумовлена загальною потребою розробки нових видів жирової продукції спеціального призначення, які б за своїми функціональними властивостями не поступалися гідрогенізованим жирам, але при цьому відповідали сучасним вимогам безпечності («Clean Label») та були економічно доступними. Проблема полягає в тому, що проста заміна твердих жирів на рідкі олії у технології листового тіста є неможливою, оскільки рідка олія не здатна утримувати шари тіста відокремленими один від одного; вона просто всотується у клейковину, і замість пишної слойки утворюється щільний, жирний коржик. Отже, завдання полягає у створенні твердого, високопластичного жиру з дрібнокристалічною структурою без використання процесу гідрогенізації.

Основним напрямом вирішення цієї проблеми є застосування технології переетерифікації жирів, яка дозволяє змінювати фізичні властивості жирової суміші шляхом перерозподілу жирних кислот у молекулах тригліцеридів без утворення шкідливих транс-ізомерів. Проте більшість існуючих на ринку рішень базуються на використанні дорогих імпортованих тропічних олій та їх фракцій, що підвищує собівартість кінцевого продукту та робить виробників залежними від коливань валютних курсів та логістичних ризиків. У цьому контексті виникає науковий та практичний інтерес до максимального залучення сировинної бази, зокрема соняшникової олії, яка є стратегічним ресурсом України. Використання високоолеїнових сортів соняшникової олії, що відрізняються підвищеною стійкістю до окислення, відкриває нові перспективи для створення купажованих жирових систем зі збалансованим жирнокислотним складом.

Метою магістерської роботи є обґрунтування процесу розробки кондитерського жиру з використанням відомих технологій виробництва кондитерських жирів для листового тіста. Купаж складається з переетерифікованих жирів, пальмового стеарину та високоолеїнової соняшникової олії. Сенс роботи полягає у відмові від традиційної концепції емульсійного продукту (маргарину) на користь безводної жирової системи. Такий підхід дозволяє не лише спростити апаратне оформлення технологічного процесу, вилучивши стадії підготовки води та емульгаторів, але й суттєво підвищити мікробіологічну безпеку продукту, подовжити терміни його зберігання та уникнути гідролітичного псування жиру.

У роботі ставиться завдання дослідити вплив співвідношення компонентів тригліцеридної суміші на її реологічні характеристики, зокрема температуру плавлення та швидкість кристалізації. Необхідно довести, що шляхом математичного моделювання та оптимізації рецептурного складу можна отримати жир, який має ідеальну для ламінування дрібнокристалічну структуру (β' -форму), високу пластичність та стійкість до механічних деформацій без використання синтетичних емульгаторів. Важливим аспектом є також адаптація технологічних режимів виробництва, зокрема процесу шокового охолодження та механічної обробки у в'ювачі, для забезпечення стабільності якості нового продукту.

Наукова новизна роботи полягає у теоретичному обґрунтуванні та експериментальному підтвердженні можливості створення спеціалізованого жиру для ламінування з використанням значної частки рідкої високоолеїнової олії в композиції з тугоплавкими жирами, що дозволяє знизити вміст насичених жирних кислот та підвищити біологічну цінність продукту. Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці готового до впровадження технологічного рішення, яке дозволяє підприємствам олійно-жирової галузі випускати конкурентоспроможну продукцію європейського рівня

якості, зменшити собівартість виробництва за рахунок використання української сировини та енергоефективних технологій, а також гарантувати споживачам безпечність хлібобулочних виробів.

Таким чином, дана робота спрямована на вирішення комплексного завдання, що поєднує в собі аспекти харчової хімії, технології жирів, інженерії та економіки. Реалізація запропонованих рішень сприятиме модернізації харчової промисловості, підвищенню експортного потенціалу української продукції та, що найважливіше, покращенню здоров'я нації шляхом витіснення з ринку небезпечних трансжирів.

1. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

1.1 Аналітичний огляд науково-технічної та патентної літератури

Олійно-жировий комплекс України є стратегічною галуззю, яка забезпечує близько 3,5% ВВП країни. Проте, аналіз структури ринку за 2023–2024 роки показує критичну різницю між сировинним експортом та внутрішнім виробництвом продукції. Станом на початок 2024 року Україна залишається експортером №1 соняшникової олії у світі (експорт склав понад 5,6 млн тонн, що становить близько 45% світової торгівлі), але при цьому імпортується близько 180–200 тис. тонн тропічних олій та їх фракцій для потреб кондитерської галузі [1].

Аналіз продукції ринку промислових жирів, маргаринів та спеціалізованих жирів в Україні демонструє тенденцію змін до відновлення після падіння на 25% у 2022 році. За даними Державної служби статистики та профільних асоціацій («Укроліяпром»), у 2023 році обсяг виробництва маргаринової продукції склав близько 145 тис. тонн. Структура споживання жирів кондитерською галуззю виглядає наступним чином:

- Спеціалізовані жири та маргарини: 65% (з них маргарини для листкового тіста займають близько 18–20% ринку).
- Універсальні маргарини: 25%.
- Вершкове масло: 10% (масло дорожчає з кожним днем, тому різниця між собівартістю масло-маргарин різниться у 3-4 рази). [1,2]

Ключовим трендом останніх двох років є зростання частки B2B сегменту (Business-to-Business). Великі хлібозаводи та виробники заморожених напівфабрикатів (ТМ «Левада», «Елікат», «Lviv Croissants») відмовляються від універсальних жирів на користь вузькоспеціалізованих продуктів, які гарантують стабільну якість при автоматизованому розкочуванні тіста.

Більшу частину виробництва (понад 80% ринку) контролюють чотири основні виробники, кожен з яких пропонує унікальні технологічні рішення.

1. ТОВ «Дельта Вілмар Україна» (ТМ «Sania»): Безперечний лідер у сегменті B2B. Підприємство володіє унікальним комплексом з перевалки та переробки тропічних олій у порту «Південний». Виробляють лінію продукції під назвою: «Sania Sloyka». Використовують технологію гідрогенізації для більш дешевших сегментів, та технологію іпереетерифікації для сировини більш преміальної якості. Продукція відрізняється високою температурою плавлення (42–44°C), що дозволяє працювати на лініях високої швидкості.

2. ПрАТ «Київський маргариновий завод» (ТМ «Olkom»): Позиціонує себе як виробник «здорових» жирів. Виробляють маргарин «Sliochnyu smak» (Вершковий смак) та професійну серію продукції «Olkom PRO». Вкрай активно впроваджують технології ензимної переестерифікації з метою досягнення критеріїв Clean Label (створення продуктів з максимально зрозумілими для споживача компонентами та технологіями). Жири Olkom характеризуються своєю пластичністю при низьких температурах.
3. ТМ «Щедро» (Львівський та Запорізький жиркомбінати): Масштабний виробник, що покриває мас-маркет. Виробляють маргарин «Щедро для листового тіста». Значна частина асортименту базується на традиційних рецептурах, що ускладнює адаптацію до нових норм щодо транс-жирів (до 2%).
4. Група компаній «Terra Food» (ТМ «Тульчинка»): Лідер у виробництві спредів, але також має лінійку кондитерських жирів для промисловості. Виробляють жири «Тульчинка Кондитер». [3]

Для обґрунтування необхідності розробки нової рецептури, було проведено аналіз маргаринової продукції України з метою порівняння фізико-хімічних та технологічних показників. Порівняльний аналіз наведено нижче у табл. 1.1

Таблиця 1.1 Порівняльна характеристика маргаринової продукції України

Виробник / Торгова марка	Назва продукту	Вміст жиру, %	Температура плавлення, °C	Вміст твердих тригліцеридів (SFC) при 20°C, %	Вміст транс-ізомерів, %	Технологічна основа та недоліки
ТОВ «Дельта Вілмар» (Україна)	Sania «Для листового тіста» 33930	80	38–46	45–50	< 2,0 (EIE)	Основа: Соняшникова та пальмова олія + пальмовий стеарин. Недолік: Високий вміст насичених жирів (>55%), що дає відчуття «сальності»

ТМ «Olkom» (Україна)	Маргарин «Слойка»	82	38–40	38–42	< 5,0*	Основа: Модифіковані жири + соняшникова олія. Недолік: В окремих партіях вміст транс-жирів наближається до граничної норми, потребує стабілізації кристалічної структури.
ТМ «Щедро» (Україна)	Маргарин «Sloyka Profi»	80	40–42	42–46	< 2,0	Основа: Переетерифікований жир. Недолік: Використання синтетичних ароматизаторів для маскування присмаку жирової основи.
Puratos (Бельгія/Україна)	Mimetic (Жирова суміш)	70–80	34–36	30–35	< 1,0	Основа: Унікальна технологія кристалізації. Недолік: Дуже висока ціна (в 3-4 рази дорожче). Низька точка плавлення ускладнює роботу влітку без кондиціонування цеху.
Запорізький МЖК	Маргарин М-4	82	36–39	35–40	до 8,0*	Основа: Частково гідрогенізовані жири. Недолік: Застаріла технологія. Не відповідає новим нормам ЄС та України №1613 (продукт виводиться з ринку).

Зауважимо, що Маргарин фірми Puratos наведено як еталонний зразок для порівняння якості. [36]

Аналіз таблиці 1.1 демонструє суттєву прогалину на ринку. З одного боку, є високоякісні імпортні продукти (Puratos), які забезпечують ідеальний смак, але є економічно недоцільними для масового виробництва якісних круасанів чи печива с листкового тіста (ціна 1 кг бельгійського маргарину може сягати 150–200 грн/кг). З іншого боку, є маргарини, які часто мають специфічний профіль плавлення (плавляться при $>42^{\circ}\text{C}$), що погіршує органолептику виробу, залишаючи жирову плівку на піднебінні.

Більшу частину українських маргаринів виробляють на значній частці імпортного пальмового стеарину. За даними митної статистики, логістичні витрати на доставку пальмової олії з Індонезії та Малайзії зросли на 25% через блокування морських шляхів. Це відкриває вікно можливостей для розробки рецептури, де частка імпортного стеарину буде мінімізована (до 30–40%), що дає можливість використати у рецептурі Українську соняшникову олію. [4]

Використовуючи метод ензимної переестерифікації можливо створити продукт, технічні характеристики якого дозволять отримати маржинальність на 15–20% вищу, ніж у конкурентів, що використовують чисту пальмову олію.

Виробництво листкового тіста вважається одним із найбільш складних процесів для кондитерської галузі, оскільки висуває специфічні та жорсткі вимоги до якості жирових продуктів. Такі характеристики готового виробу як об'єм, структура м'якушки, хрусткість та шаруватість — напряму залежать від фізико-хімічних властивостей використаного жиру, який у рецептурі може складати до 30–40% від маси борошна, а у спеціалізованих виробках навіть більше [5].

Основна функція жиру в листковому тісті полягає у створенні бар'єру між шарами тіста (глютенною сіткою) під час багаторазового розкочування та складання (ламінування). Цей процес дозволяє отримати сотні мікроскопічних шарів. Під час випікання вода, що міститься в тісті, випаровується, але жирові плівки утримують пару, змушуючи тісто підніматися та розділятися на окремі пластинки. Саме тому жир для листкового тіста часто називають "жиром для ламінування". [6]

Згідно з останніми дослідженнями, критичними параметрами для таких жирів є пластичність, профіль вмісту твердих жирів та поліморфізм кристалів. Пластичність забезпечує здатність жиру розкочуватися у надтонкі плівки без розривів та вбирання у тісто до моменту випікання. Якщо жир занадто м'який, він змішається з тістом, і ефект шаруватості буде втрачено. У випадку використання занадто твердого жиру, шари тіста

будуть розриватись під час ламінування, що може привести до виходу пари та зменшення здатності виробу до підняття у об'ємах [7].

Сучасні вимоги до кондитерських жирів та маргаринів для листового тіста включають певний ряд характеристик:

- Висока температура плавлення: зазвичай у діапазоні 38–42°C, що дозволяє жиру залишатися у твердому стані під час технологічного процесу [8].
- Специфічна кристалічна структура: переважання β -поліморфної форми кристалів. β -кристали є дрібними та голчастими, що дозволяє утримувати значну кількість рідкої олії в кристалічній матриці, забезпечуючи гладкість, блиск та високу аераційну здатність жиру [8].
- Стійкість до окислення: оскільки листові вироби мають тривалий термін зберігання, жирова фаза повинна бути стабільною та не утворювати сторонніх присмаків.

Традиційно ці властивості досягаються шляхом часткової гідрогенізації рослинних олій, що у будь-якому випадку призводить до утворення трансізомерів жирних кислот. Проте, через постійні дослідження впливу транс-жирів на серцево-судинну систему, у світі спостерігається перехід на альтернативні технології виробництва. У наступних підрозділах ми розглянемо, як можливості технології переетерифікації вирішують цю проблему, зберігаючи усі необхідні функціональні властивості жиру. [9]

У процесах виробництва у виробництві маргаринів для листового тіста використовували частково гідрогенізовані рослинні жири (саломаси). Процес гідрогенізації дає можливість перетворити рідкі олії у тверді пластичні жири з високою окислювальною стабільністю та певними кристалізаційними властивостями. Однак, побічним продуктом цієї реакції є утворення транс-ізомерів жирних кислот (ТІЖК) [9].

У природних рослинних оліях подвійні зв'язки жирних кислот знаходяться в *цис*-конфігурації, що забезпечує вигнуту форму молекули та низьку температуру плавлення. Під час гідрогенізації частина подвійних зв'язків переходить у *транс*-конфігурацію, випрямляючи молекулу, що надає жиру необхідну твердість. Численні клінічні дослідження, проведені за останні десятиліття, натякають нам на пряму кореляцію між споживанням ТІЖК та ризиком розвитку серцево-судинних захворювань, діабету 2-го типу та системних запальних процесів. Але практично та лабораторно дані до сих пір не встановлені. Існує теорія, що механізм дії полягає у підвищенні рівня ліпопротеїдів низької щільності (надлишкового холестерину) та зниженні рівня ліпопротеїдів високої щільності [10].

У відповідь на ці дані, Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) закликала до повної елімінації промислових транс-жирів з продуктів харчування. Регламент Європейського Союзу (EU) 2019/649 встановив жорстке обмеження: вміст промислових транс-жирів не повинен перевищувати 2 г на 100 г загального жиру. Україна, гармонізуючи своє законодавство з європейським (Наказ МОЗ України № 1613), також впровадила аналогічні норми. [11,12]

Для виробників листового тіста це стало серйозним викликом. Проста заміна гідрогенізованого жиру на суміш природних твердих жирів (наприклад, пальмової олії) та рідких олій часто не забезпечує необхідних функціональних властивостей. Такі суміші мають можливість зниження твердості суміші нижче твердості окремих компонентів, характеризуються зернистою структурою через утворення великих кристалів β -форми та вузький діапазон пластичності. Це призводить до того, що жир може кришитись під час технологію ламінування, або плавиться під час випікання.

Через необхідність альтернативної технології, яка дозволила б структурувати рідкі олії та тверді жири без утворення транс-ізомерів, забезпечуючи при цьому високу пластичність було винайдено процес переетерифікації жирів.

Переетерифікацією називають процес перерозподілу ацильних груп усередині однієї або різних молекул триацилгліцеролу. На відміну від гідрогенізації, переетерифікація не змінює ступінь ненасиченості жирних кислот і не викликає їх ізомеризацію, тобто транс-жири не утворюються. Змінюється лише будова молекул, що радикально впливає на температуру плавлення та кристалізацію жирів. [13, 14]

На сьогоднішній день у промисловості використовують два основних методи переетерифікації: хімічну та ензимну (ферментативну). Надалі, розглядається різниця між даними методами з метою дослідження можливостей для їх потенційного застосування у технології.

Хімічну переетерифікацію вважають найбільш поширеним методом через свою низьку вартість та швидкість реакції. Процес відбувається за температури 80–120°C у присутності лужних каталізаторів, найчастіше метилату натрію.

Механізм реакції полягає у тому, що жирні кислоти розподіляються по трьом положенням молекули гліцерину (sn-1, sn-2, sn-3). В результаті утворюється суміш триацилгліцеролів (ТАГ), яка термодинамічно є найбільш стабільною, але важкокерованою в плані структури. [15]

До переваг відносять:

- Низька вартість процесу.

- Швидкість реакції.
- Ефективне зниження температури плавлення вихідної суміші.

До недоліків відносять:

- Високі температури процесу можуть призводити до окислення жирів та погіршення органолептичних показників.
- Необхідність стадій очищення для видалення каталізатора, що супроводжується втратами жиру (до 2–3%).
- Неможливість отримання специфічних, структурованих ліпідів.

Ензимна переетерифікація набуває все більшої популярності у виробництві високоякісних маргаринів. В якості біокаталізаторів використовуються ліпази (ферменти класу гідролаз).

Більшість промислових ліпаз (наприклад, отриманих з *Rhizomucor miehei* або *Thermomyces lanuginosus*) є специфічними до положень sn-1 та sn-3. Це означає, що жирна кислота у центральному положенні (sn-2) залишається незмінною, а обмін відбувається лише у зовнішніх положеннях [16].

У випадку розробки жирів для листкового тіста це має вирішальне значення. Збереження ненасичених жирних кислот у положенні sn-2 сприяє кращому засвоєнню жиру організмом. Крім того, ензимна переетерифікація дозволяє проводити процес при більш м'яких температурах (50–70°C), що зберігає токофероли (вітамін E) та запобігає окисленню [17].

Дослідження демонструють, що ензимна переетерифікація дозволяє отримувати жири з більш об'ємним профілем плавлення, що є бажаним для кондитерських жирів: вони тверді при кімнатній температурі, але швидко плавляться у роті (при 36.6°C), не залишаючи воскового присмаку. Це критично важливо для органолептики листкових виробів, де жировий прошарок має давати відчуття ніжності, а не сальності [8].

Таким чином, під час створення сучасної жирової основи для листкового тіста - переетерифікація (особливо ензимна) є можливим інструментом, що дозволяє змінювати властивості жиру під конкретні технологічні потреби, корегуючи співвідношення твердої та рідкої фракцій у вихідній суміші.

Детальний аналіз наукової періодики та патентної документації дозволяє виокремити два ключові блоки проблем, які досі не мають кінцевого вирішення. До даних блоків належить проблематика стосовно формування стійкої кристалічної сітки в певних умовах, та проблема вибору модифікації жирів та сировини. Надалі, розглянемо ці аспекти.

Сучасні тренди бажають від виробника зниження вмісту насичених жирних кислот, які традиційно забезпечують структуру маргарину. На сьогоднішній день існує декілька варіантів вирішення проблеми, проте кожен з них має суттєві технологічні вади, які можуть бути виявлені при критичному розгляді.

По-перше, у випадку використання олеогелів (структурованих рідких олій) як повної заміни твердих жирів спостерігається нестабільність результатів. Хоча введення восків дозволяє створити схожу на жир структуру, суміш стає термолабільною (що дуже важко контролювати в умовах виробництва). При розкочуванні листкового тіста, яке супроводжується тертям і локальним підвищенням температури, кристалічна решітка олеогелю руйнується швидше, ніж решітка стандартних жирових сумішей. Як наслідок, жир поглинається шарами тіста, замість того, щоб їх розділяти. Це призводить до критичного дефекту – втрати шаруватості та зменшення питомого об'єму виробу на 15–20% порівняно з контролем. [18, 19]

По-друге, існує проблема поліморфних перетворень у переестерифікованих жирах. Згідно з дослідженнями стабільність β' -форми, яка є ідеальною у випадку пластичності, залежить від різноманіття жирнокислотного складу. При використанні хімічної переестерифікації, утворюється значна кількість високоплавких трисатуратів. Ці молекули стають центрами кристалізації для стабільної, але небажаної β -форми. [14,20]

На практиці це призводить до явища "пост-твердіння" та "зернистості": маргарин, який був пластичним одразу після виробництва, через 48 годин стає крихким. Великі кристали розривають найтонші плівки глютену під час випікання, що провокує вихід пари назовні, а не підйом тіста. Більшість проаналізованих робіт констатують цей факт, але не пропонують чіткого алгоритму підбору жирових основ для стабілізації β' -форми в системах "соняшникова олія – пальмовий стеарин".

Другий блок проблем стосується вибору методу модифікації та сировини. Аналіз джерел показує дисбаланс у досліджуваних оліях. Переважна більшість західних досліджень фокусуються на ріпаковій та соєвій оліях, які є типовими для ринків ЄС та США. Вплив ензимної переестерифікації на суміші з високоолеїною соняшниковою олією, яка є стратегічною сировиною для України - вивчено фрагментарно. [6,8]

Проблема полягає в тому, що ріпакова та соняшникова олії мають різну кінетику кристалізації через різний вміст довголанцюгових жирних кислот. Механічне перенесення європейських рецептур на українську сировинну базу без корекції параметрів переестерифікації призводить до отримання жирів із занадто низькою температурою плавлення.

У зарубіжних патентах доволі часто почали використовувати багатокомпонентні суміші (кококс, пальма, ши) для досягнення ідеального профілю плавлення. Проте для українського виробника це економічно не вигідно. [21]

Існує гостра необхідність у розробці "моно-технології", де бажані властивості досягаються не додаванням дорогих екзотичних олій, а виключно керуванням реакцією ензимної переестерифікації доступних компонентів.

Також відкритим залишається питання кореляції між вмістом твердого жиру при 20°C та висотою підйому виробу. Дані свідчать, що навіть при однакових характеристиках жири можуть поводитися по-різному через різну швидкість кристалізації. Це вказує на те, що простого підбору недостатньо — необхідно дослідити мікроструктуру та швидкість утворення кристалічного каркасу саме для переестерифікованих соняшникових систем. [22]

Актуальність наукової роботи обумовлена фундаментальним технологічним розривом, що склався на ринку харчових жирів. З одного боку, промисловість пропонує широкий спектр базових жирних продуктів: пальмовий стеарин, переестерифіковані жири та різноманітні рослинні олії. З іншого боку, жоден із цих компонентів у "чистому" вигляді не здатен забезпечити повний комплекс функціональних властивостей, необхідних для виробництва високоякісного листкового тіста.

Головна ідея цього наукового розділу базується на твердженні, що заміна гідрогенізованого маргарину не може відбутися шляхом простої підміни одного жиру на інший. Необхідним є створення складної багатокомпонентної жирової системи (композиції), властивості якої проектується математично та підтверджуються експериментально.

Необхідність проведення досліджень випливає з того факту, що переестерифіковані жири, які є основою сучасного ринку, часто мають занадто високу твердість і крихкість. Вони не характеризуються необхідною пластичністю для утворення надтонких плівок під час ламінування тіста, особливо на швидкісних автоматизованих лініях. Наукова проблема полягає у відсутності обґрунтованих даних щодо принципів купажування переестерифікованих основ з рідкими рослинними оліями для досягнення цільових характеристик. [14]

Одним із завдань наукової роботи вважається відмова від пошуку "ідеальної молекули" жиру і перехід до пошуку "ідеальної композиції". Наукові дослідження описують підходи зосереджені на хімічній модифікації. Проте, ми намагаємось досягти певних фізико-хімічних характеристик шляхом використання ефекту структурної взаємодії різних жирів. [15,18].

Зокрема, недостатньо вивченим є вплив додавання рідких олій до переетерифікованої основи на кристалічну решітку суміші. Існує наукове припущення, що введення певної кількості рідкої фази (наприклад, соняшникової олії) у тверду матрицю переетерифікованого жиру не просто "розріджує" його, а змінює характер кристалізації, діючи як пластифікатор. Це дозволяє уникнути дефектів крихкості та забезпечити "ковзання" шарів тіста, що є критичним у випадку підйому виробу. Дослідження необхідне для встановлення точних закономірностей: як саме зміна відсоткового співвідношення компонентів у суміші впливає на її характеристики.

1.2 Обґрунтування необхідності науково-дослідної роботи

Ключовим недоліком існуючих маргаринів, які намагаються відповідати термінології «безтрансжирових» є їх тугоплавкість або, навпаки, занадто швидке плавлення, що призводить до витікання жиру ще до моменту формування шаруватої структури у печі. Наукова новизна роботи полягає у розробці композиції з каскадним профілем плавлення. Ми плануємо довести, що поєднання:

1. Твердої основи (переетерифікований жир) — забезпечує каркас і термостабільність;
2. Структуруючого агента (пальмовий стеарин) — підвищує точку плавлення;
3. Пластифікатора (рідка олія) — покращує еластичність;

дозволяє отримати унікальну хімію плавлення, яка буде зберігати потрібні якості у діапазоні робочих температур, зберігаючи пластичність та забезпечуючи високі органолептичні властивості.

Окремим аспектом необхідності роботи є адаптація рецептур до української сировинної бази. Більшість рекомендованих світових рецептур розраховані на використання специфічних фракцій жирів, які вагомо залежать від імпорту, та мають досить високу ціну. Науково-дослідна робота покликана вирішити задачу імпортозаміщення на рівні рецептури. Необхідно дослідити можливість максимального введення соняшникової олії в жирову композицію без втрати функціональних властивостей. Відтак, створення науково обґрунтованої рецептури суміші, яка дозволить замінити 10–20% дорогого імпортного твердого жиру на дешеву олію при збереженні якості листового тіста, є завданням великої економічної ваги. [6]

Нарешті, необхідність досліджень диктується потребою встановити кореляцію між складом жирової композиції та ефектом підйому готового виробу. Сучасні наукові уявлення про механізм підйому листового тіста стверджують, що жир повинен працювати як бар'єр для пари. Якщо жирова плівка розривається завчасно, пара виходить, і виріб не

піднімається. Ми висуваємо гіпотезу, що саме багатокомпонентність суміші забезпечує міцність жирової плівки. Дослідження необхідне для того, щоб експериментально знайти ту "золоту середину" в рецептурі, яка гарантує максимальний об'єм випічки.

Таким чином, необхідність виконання магістерської роботи полягає у переході від використання готових універсальних жирів до наукового конструювання спеціалізованих жирових систем. Розділ описує аналіз та статистичні спостереження ринку маргаринів та кондитерських жирів у Україні, порівнює продукцію яку випускають виробництва та містить інформацію для порівняльних характеристик із продуктом, який створюється у умовах наукового дослідження. Чітко підкреслені проблеми сьогодення у питанні кондитерських жирових сумішей, розглянуті наукові шляхи щодо вирішення цих проблем. Робота спрямована на вирішення протиріччя між бажанням виробників отримати дешевий та технологічний продукт і вимогами ринку щодо відсутності транс-ізомерів. Результатом досліджень стане розробка унікальної жирової композиції, розрахованої теоретично та математично, яка потенційно може стати повноцінною заміною традиційним маргаринам у технології листового тіста.

1.3 Експериментальна частина

1.3.1 Опис методик проведення досліджень

Експериментальні дослідження виконувалися у відповідності до тематичного плану науково-дослідної роботи в умовах лабораторії кафедри. Метою цього етапу було наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження оптимального співвідношення компонентів жирової суміші. Нижче наведено характеристику об'єктів дослідження:

Для моделювання жирової системи було обрано трикомпонентну базу:

1. Жир переетерифікований: базова основа, яка може бути отримана методом ензимної переетерифікації. Характеризується високою пластичністю та відсутністю транс-ізомерів.
2. Пальмовий стеарин: Високоплавка фракція (йодне число 34 г I₂/100г). Виконує роль каркасного елемента.
3. Олія соняшникова високоолеїнова: Рідка фаза, що виступає пластифікатором.

Для контролю показників якості використовувалися стандартизовані методики, згідно ДСТУ 4463:2005 що зображені на таблиці 2.1: [23]

Таблиця 2.1 – Методики дослідження властивостей суміші

Показник	Метод Нормативний документ	Сутність методу	Примітки Джерело
----------	----------------------------------	-----------------	------------------

Температура плавлення (t _{пл})	Метод відкритого капіляра (ДСТУ 4463:2005)	Фіксація підйому стовпчика жиру у капілярі при нагріванні.	Використано лабораторну установку згідно з методичними вказівками.
Температура тверднення (t _{тв})	Метод Жукова (ДСТУ 4463:2005)	Реєстрація зміни температури жиру при охолодженні та фіксація "плато" кристалізації.	Використано прилад Жукова (вакуумована судина).

Перед створенням суміші було проведено детальний аналіз кожного компонента окремо для визначення внеску в загальну структуру потенційного продукту. Визначення температури плавлення та температури твердіння виконувалось у лабораторних умовах за методичними рекомендаціями. Температуру плавлення визначали за допомогою установки для вимірювання t_{пл} у капілярі. Сутність методики полягає у поступовому нагріванні твердих жирів до моменту повного їх розплавлення, фіксація температури плавлення проходить за підняттям рідкого жиру у капілярі. Визначення температури твердіння жирів спостерігають методикою фіксування найвищої температури, що залишається незмінною під час переходу жиру з рідкого стану у твердий. Методику проводять за допомогою установки Жукова, що являє собою двостінну склянку, між скляними стінками якої існує розрідження, що забезпечує високу термоізоляцію та компенсує втрати тепла у навколишнє середовище.

Під час дослідження переетирифікованого жиру були встановлені такі показники: t_{пл} = 38,5°C; t_{тв} = 32,0°C. Що свідчить про те, що жир має задовільну пластичність, але недостатню термостійкість. Використання його як моно-жиру ризиковане у літній період через високу термолабільність (температура плавлення на межі технологічних вимог).

Водночас, під час дослідження пальмового стеарину були встановлені такі показники: t_{пл} = 53,0°C; t_{тв} = 48,5°C. Що характеризує досліджуваний жир як матеріал з високою твердістю і крихкістю. Висока температура плавлення забезпечує термостійкість, але у чистому вигляді призводить до "салистого" смаку та розриву шарів тіста.

Високоолеїнова соняшникова олія рідка при кімнатній температурі. Необхідна для зниження в'язкості системи та забезпечення еластичності жирової плівки при ламінуванні.

Для визначення оптимального співвідношення компонентів ми використали метод розрахунку за правилом адитивності. Суть методу полягає у тому, що властивості суміші залежать від властивостей окремих компонентів та їх масової частки, з урахуванням поправки на розрідження твердої фази рідкою олією. Необхідно отримати жирову суміш із температурою плавлення в межах 40,0...41,0°C. Це оптимальний діапазон, який забезпечує термостійкість каркасу тіста, але не залишає салистого присмаку.

1.3.2 Результати досліджень та їх аналіз

Нижче наведено детальне обґрунтування вибору кожного компонента з точки зору технологічної доцільності, відповідності нормативній документації (ДСТУ) та економічної ефективності.

Переетерифікований жир обрано як базовий, або основний компонент для рецептури. Відмова від гідрогенованих жирів (саломасів) продиктована законодавчою заборонаю на використання транс-ізомерів жирних кислот у кількості, що перевищує 2 г на 100 г жиру (Наказ МОЗ №1613). На відміну від гідрогенізації, ензимна переетерифікація дозволяє отримати жир з високою пластичністю та здатністю утримувати рідкі олії в кристалічній решітці, не утворюючи шкідливих сполук. Він забезпечує необхідну структурну міцність при кімнатній температурі. Якість переетерифікованого жиру повинна відповідати вимогам ДСТУ 4465:2005 «Маргарин, жири кондитерські, кулінарні, хлібопекарські та молочні. Загальні технічні умови». Дані з ДСТУ розглянуті у форматі органолептичних та фізико-хімічних показників наведені нижче у таблицях 3.1 та 3.2: [12,25]

Таблиця 3.1 – Органолептичні показники переетерифікованого жиру (згідно з ДСТУ 4465:2005)

Назва показника	Характеристика
Смак і запах	Чистий, знеособлений, характерний для жиру, без сторонніх присмаків і запахів. Допускається слабкий присмак використаної рафінованої олії.
Консистенція при 20 °С	Однорідна, пластична, тверда або мазеподібна. Поверхня зрізу блискуча або матова.
Колір	Від білого до світло-жовтого, однорідний по всій масі.
Прозорість у розплавленому стані	Прозорий. Допускається легка опалесценція.

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні показники переетерифікованого жиру (згідно з ДСТУ 4465:2005)

Назва показника	Норма для жирів кондитерських
Масова частка жиру, %, не менше	99,7

Назва показника	Норма для жирів кондитерських
Масова частка вологи та летких речовин, %, не більше	0,3
Кислотне число, мг КОН/г, не більше	0,6
Перекисне число, ½ О ммоль/кг, не більше	5,0
Температура плавлення, °С	35 – 39
Вміст транс-ізомерів жирних кислот, %, не більше	1,0

Якість пальмового стеарину регулюється ДСТУ 4492:2017 «Олія соняшникова. Технічні умови» (у частині загальних вимог до рослинних жирів) або міжнародним стандартом CODEX STAN 210-1999 (Standard for Named Vegetable Oils). Дані з даних документів наведено нижче, у таблицях 3.3 та 3.4: [26, 27]

Таблиця 3.3 – Органолептичні показники пальмового стеарину рафінованого дезодорованого

Назва показника	Характеристика
Смак і запах	Знеособлений, без сторонніх запахів і присмаків.
Консистенція при 20 °С	Тверда, крихка. При розминанні не стає пластичною, розсипається.
Колір	Білий, допускається кремовий або жовтуватий відтінок.
Зовнішній вигляд	Однорідна маса або у вигляді блоків, стружки, гранул.

Закінчення таблиці 3.3

Таблиця 3.4 – Органолептичні показники пальмового стеарину рафінованого дезодорованого

Назва показника	Норма (згідно специфікації)
Масова частка жиру, %, не менше	99,9
Йодне число, г І ₂ /100 г	30 – 38

Назва показника	Норма (згідно специфікації)
Кислотне число, мг КОН/г, не більше	0,4
Температура плавлення, °С	48 – 54
Вміст твердих тригліцеридів (SFC) при 40 °С, %	> 60
Масова частка вологи, %, не більше	0,1

Україна є світовим лідером з вирощування соняшнику та виробництва соняшникової олії. Використання сировини є стратегічно важливим рішенням, оскільки це:

1. Знижує собівартість продукції (відсутність митних зборів та дорогої міжнародної логістики).
2. Зменшує залежність від імпорту тропічних олій.
3. Підтримує національного виробника.

Звичайна соняшникова олія має низьку окислювальну стабільність через високий вміст поліненасиченої лінолевої кислоти. Тому нами обрано високоолеїнову соняшкову олію, яка містить понад 80% олеїнової кислоти. Вона виконує роль пластифікатора — знижує твердість суміші стеарину та ПЕ-жиру, надаючи композиції еластичності, необхідної для тонкого розкочування. З біологічної точки зору, високоолеїнова соняшнікова олія є джерелом вітаміну Е (токоферолу) та корисних мононенасичених жирних кислот, що покращує харчову цінність готового маргарину.

Якість олії повинна відповідати ДСТУ 4492:2017 «Олія соняшнікова. Технічні умови». Дані з даного ДСТУ наведені нижче, у таблицях 3.5 та 3.6: [26]

Таблиця 3.5 – Органолептичні показники олії соняшнікової високоолеїнової рафінованої

Назва показника	Характеристика
Прозорість	Прозора рідина без осаду.
Запах і смак	Знеособлений, без запаху (для дезодорованої олії). Смак характерний для олії, без гіркоти.
Колір	Світло-жовтий різної інтенсивності.

Таблиця 3.6 – Фізико-хімічні показники олії соняшникової високоолеїнової (згідно з ДСТУ 4492:2017)

Назва показника	Норма
Кислотне число, мг КОН/г, не більше	0,25
Перекисне число, $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг, не більше	2,0
Масова частка вологи та летких речовин, %, не більше	0,10
Масова частка олеїнової кислоти (C18:1), % до суми жирних кислот	Не менше 75,0
Температура спалаху екстракційної олії, °C, не нижче	234

Розроблена жирова композиція поєднує в собі переваги кожного з компонентів, створюючи синергетичний ефект.

Нище наведені конкурентні переваги обраного асортименту складових:

1. Низька собівартість: Використання 10–20% української соняшникової олії замість дорогої імпортової сировини дозволяє знизити вартість кінцевого продукту на 15–20% у порівнянні з європейськими аналогами.
2. Високі органолептичні показники: Відсутність специфічного присмаку завдяки рафінації та оптимальна температура плавлення забезпечують відсутність салістого післясмаку у готовій випічці, що є проблемою багатьох дешевих маргаринів.
3. Безпечність: Повна відсутність гідрогенізованих жирів гарантує вміст транс-ізомерів <1%, що відповідає законодавству ЄС та України.
4. Технологічність: Рецепт розроблено спеціально для кліматичних умов України (враховано літні температури у виробничих цехах), що забезпечує стабільність процесу ламінування.

Для експериментальної перевірки характеристики суміші було розроблено три зразки з різним процентним співвідношенням компонентів, які потім досліджувались у лабораторних умовах за вже описаними вище методиками. Результати досліджень наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2..2 – Результати лабораторних досліджень жирових композицій

№ зразка	Склад (ПЕ-жир / Стеарин / Олія), %	tпл (факт), °С	tтв (факт), °С	Характеристика
1	80 / 10 / 10	36,5	30,5	Занадто м'який, низька термостійкість.
2	65 / 25 / 10	40,5	34	Оптимальний. Висока пластичність, ідеальний профіль плавлення.
3	50 / 40 / 10	46	39	Твердий, крихкий, "салистий".

Надалі, для підтвердження експериментальних досліджень було проведено математичні розрахунки, використовуючи співвідношення компонентів зразку номер 2.

Вихідні дані компонентів:

1. Жир переетерифікований (X_1): $T_1 = 38,5^\circ\text{C}$ (Основна маса).
2. Пальмовий стеарин (X_2): $T_2 = 53,0^\circ\text{C}$ (Підвищує температуру).
3. Олія соняшникова (X_3): Виконує роль розчинника. Емпірично встановлено, що додавання 10% олії знижує температуру плавлення суміші твердих жирів приблизно на $2,0^\circ\text{C}$ (Δt – температурна депресія)

Наступним кроком було проведено розрахунок, де температуру плавлення суміші (T_{mix}) визначаємо як середньозважену температуру твердої фази за винятком Δt :

$$T_{\text{mix}} = \frac{X_1 * T_1 + X_2 * T_2}{X_1 + X_2} - \Delta t_{\text{oil}}$$

де:

- X_1, X_2 — частки переетерифікованого жиру та стеарину у суміші, %;
- T_1, T_2 — температури плавлення цих компонентів, °С;
- Δt_{oil} — зниження температури за рахунок додавання 10% олії (приймаємо $2,0^\circ\text{C}$)

Після чого проводимо розрахунок для обраної нами рецептури, де фіксуємо вміст олії на рівні 10% (для пластичності). Залишок (90%) розподіляємо між основою та стеарином. Виділяємо експериментально підібране співвідношення:

- Переетерифікований жир $X_1 = 65\%$
- Пальмовий стеарин $X_2 = 25\%$

Наступним кроком підставляємо наші значення до основної формули:

$$T_{mix} = \frac{65 * 38,5 + 25 * 53,0}{65 + 25} = 42,52 \text{ } ^\circ\text{C};$$

У разі змішування лише твердих жирів температура плавлення нашої суміші становила би 42,52°C, що є занадто високою для умов маргаринів для листкового тіста. Тому, додаємо рідку олію та враховуємо її вплив на загальну температуру плавлення суміші

Врахування впливу олії (10%):

$$T_{mix} = 42,52 - 2,0 = 40,52^\circ\text{C};$$

Результатом розрахунків вважаємо математично встановлену температуру плавлення, яка сягає 40,52°C, що технічно відповідає поставленому діапазону температур (40-41°C) та підтверджується нашими лабораторними вимірюваннями. Для підтвердження якості кристалічної структури оптимального зразка (№2) було проведено дослідження на приладі Жукова. Динаміка охолодження, зафіксована у лабораторному журналі, наведена нижче.

Запис даних з журналу:

- 15:28 — 34,0°C;
- 15:29 — 34,0°C;
- 15:30 — 33,5°C.

Статистична обробка даних здійснювалася з використанням програмного забезпечення згідно з методикою, викладеною у навчальному посібнику Т. Г. Мисюри та Н. В. Попової [24].

- Розраховано середнє арифметичне значення паралельних вимірювань.
- Перевірено однорідність дисперсій за критерієм Кохрена ($G_{розр} < G_{табл}$).
- Довірчий інтервал для температури плавлення при ймовірності $P=0,95$ склав $\pm 0,5^\circ\text{C}$, що підтверджує достовірність отриманих результатів.

1.3.3. Висновки за результатами наукових досліджень

У експериментальній частині був проведений поетапний аналіз компонентів, який довів необхідність створення багатокомпонентної системи для нівелювання недоліків окремих жирів (м'якості чи крихкості). За допомогою методу розрахунку матеріального балансу встановлено оптимальну рецептуру жирової композиції: 65% переестерифікованого жиру, 25% пальмового стеарину, 10% високоолеїнової соняшникової олії. Лабораторні дослідження підтвердили правильність розрахунків: отримана суміш має температуру

плавлення 40,5° та температуру тверднення 34,0°C, що відповідає технічним характеристикам для виробництва. Аналіз кінетики кристалізації підтвердив утворення пластичної β' -структури, що дозволяє рекомендувати дану суміш для виробництва листового тіста без використання синтетичних емульгаторів.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Обґрунтування та вибір асортименту продукції

Вибір асортименту продукції для проєктованого виробництва базується на комплексному аналізі сучасних вимог ринку борошняних кондитерських виробів, сировинних ресурсів регіону та тенденцій здорового харчування. Головною метою проєкту є розробка та впровадження у виробництво спеціалізованого жиру для листового тіста, який за своїми технологічними властивостями відповідав би європейським стандартам якості, а за вартістю був конкурентоспроможним на ринку України.

На основі проведених у експериментальній частині досліджень для створення жирової композиції було обрано трикомпонентну систему, що складається з:

1. Жиру переетерифікованого (основа);
2. Стеарину пальмового (структурувальний агент);
3. Олії соняшникової високоолеїнової (пластифікатор).

Виробництво проєктованого жиру здійснюється відповідно до вимог національного стандарту ДСТУ 4335:2004 «Жири кондитерські, кулінарні, хлібопекарські та для молочних продуктів». Згідно з класифікацією цього стандарту, наш продукт належить до категорії «Жири кондитерські» або «Жири загального призначення», оскільки його рецептура передбачає використання у борошняних кондитерських виробках (листовому тісті).

Продукт виробляється за Технологічною інструкцією та затвердженою рецептурою, що дозволяє адаптувати фізико-хімічні показники під специфічні вимоги процесу ламінування тіста, дотримуючись при цьому базових норм безпеки стандарту.

Оскільки ми відмовляємося від гідрогенізації та використовуємо якісну переетерифіковану основу, органолептичні властивості нашого продукту мають повністю відповідати вимогам до високоякісних кондитерських жирів. Нижче, наводимо витяг з ДСТУ 4335:2004 Вимоги до органолептичних показників кондитерського жиру: [37]

Табл. 2.1 Вимоги до органолептичних показників кондитерського жиру

Назва показника	Характеристика (Норма для кондитерських жирів)
Смак і запах	Чистий смак, властивий жиру, без стороннього присмаку і запаху. У разі введення ароматизаторів — відповідний їхньому запаху ⁴ .

Назва показника	Характеристика (Норма для кондитерських жирів)
Колір	Від білого до світло-жовтого (для незастиглого жиру допускається від світло-жовтого до світло-коричневого) ⁵ .
Консистенція (при 18°C)	Однорідна, тверда, пластична. Допускається мазеподібна або крупкувата структура.

Для нашого продукту критично важливою є характеристика «Однорідна, тверда, пластична», яку ми досягаємо завдяки використанню вотатора та зоні стабілізації.

Наш продукт є безводним жиром (шортенінгом), тому показники вологи та вмісту жиру є ключовими. Ми орієнтуємося на норми для жирів «Загального призначення» та «Кондитерських», наведені у стандарті.

Таблиця 2.2. Фізико-хімічні показники проектованого жиру

Назва показника	Норма згідно з ДСТУ 4335:2004	Примітка для нашого проекту
Масова частка жиру, %	не менше ніж 99,7	Відповідає концепції безводного продукту.
Масова частка вологи та летких речовин, %	не більше ніж 0,3	Забезпечує мікробіологічну стабільність.
Кислотне число, мг КОН/г	не більше ніж 0,4–0,5	Показник свіжості сировини.
Температура плавлення, °C	30–34°C (для заг. призначення)	<i>Технологічне уточнення:</i> Стандарт дозволяє коригувати рецептуру. Для листового тіста ми будемо орієнтуватися на верхню межу або трохи вище (36-39°C) для забезпечення шаруватості.
Перекисне число, ½ O ммоль/кг	не більше 5 (під час випуску)	Гарантія відсутності окислення.

Важливою перевагою нашого проекту є використання дозволеної та безпечної сировини. Відповідно до розділу «Вимоги до сировини», наша рецептура є повністю легітимною.

Таблиця 2.3 Вимоги до сировини

Компонент рецептури	Відповідність ДСТУ 4335:2004
Олія соняшникова (Високоолеїнова)	Дозволено (згідно з ГОСТ 1129).
Стеарин пальмовий	Дозволено (рафінований дезодорований).
Жири переестерифіковані	Дозволено (згідно з чинною нормативною документацією) ¹⁵ .

Традиційно для листкового тіста використовували маргарини на основі частково гідрогенізованих рослинних олій (саломасів). Вони мали ідеальну пластичність, але містили до 35-50% транс-ізомерів жирних кислот. Сучасні тенденції ринку вимагають переходу на альтернативні технології. Нами розроблено жирову композицію на основі переестерифікованого жиру, змішаного з пальмовим стеарином та високоолеїновою олією. Порівняльна характеристика розробленого продукту та типових представників ринку наведена в Таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Порівняльна характеристика маргаринів та шортерінгу для листкового тіста

Показник	Традиційний маргарин (Гідрогенізований)	Сучасний імпортний маргарин (Європейський стандарт)	Розроблена жирова композиція (Project fat)
Жирова основа	Гідрогенізований соняшниковий/пальмови й олеїн	Переестерифікован і жири + рапсова/соєва олія	Переестерифіковани й жир + пальмовий стеарин + ВО соняшникова олія
Вміст транс- ізомерів, %	Високий (15–35%)	Низький (< 1-2%)	Низький (< 1%)
Температура плавлення, °C	36–43	38–40	40,5 (Оптимум для термостабільності)

Показник	Традиційний маргарин (Гідрогенізований)	Сучасний імпортований маргарин (Європейський стандарт)	Розроблена жирова композиція (Project fat)
Використання емульгаторів	Обов'язкове (E471, E475, лецитин)	Обов'язкове (складні ефіри полігліцерину)	Відсутні (стабільність забезпечується структурною сумісністю компонентів)
Походження сировини	Переважає (але стара технологія)	100% імпортована (висока ціна)	Комбінована (максимальне використання української сировини)
Пластичність (здатність до ламінування)	Висока	Висока	Висока (за рахунок олеїнової кислоти та β' -структури)

Закінчення таблиці 3.8

Аналізуючи дані Таблиці 3.8, можна виділити ключові конкурентні переваги розробленої жирової суміші, що обґрунтовують доцільність її впровадження:

1. Відповідність концепції чистої етикетки:

Відсутність у рецептурі штучних емульгаторів та гідрогенізованих жирів робить продукт привабливим для сучасного споживача, який дбає про здоров'я. Стабільність емульсії досягається завдяки природним поверхнево-активним властивостям переетерифікованих тригліцеридів та збалансованому жирнокислотному складу.

2. Оптимізована реологія для українського клімату:

Температура плавлення 40,5°C є спеціально підбраною. Більшість європейських маргаринів мають $T_{пл} \pm 38^\circ\text{C}$, що добре для кондиціонованих цехів Європи, але в умовах українських пекарень влітку такі жири стають занадто м'якими. Наш продукт залишається пластичним і не витікає при випіканні при підвищених температурах у цеху.

3. Висока окислювальна стабільність:

Заміна звичайної соняшникової олії (багатої на лінолеву кислоту, яка швидко окислюється) на високоолеїнову (стійку до окислення) значно подовжує термін зберігання готового маргарину та випічки без появи прогірклого смаку.

4. Економічна ефективність:

Використання доступних фракцій пальмового стеарину та локальної олії дозволяє знизити собівартість сировинного набору, не втрачаючи при цьому технологічних властивостей, притаманних дорогим брендам.

На основі аналізу фізико-хімічних та органолептичних показників сировини, регіональних особливостей та вимог до якості готової продукції, обґрунтовано вибір трикомпонентної жирової системи. Даний асортимент дозволяє отримати високоякісний спеціалізований жир для листового тіста, який відповідає вимогам ДСТУ 4465:2005, має високу біологічну цінність та конкурентну ціну. Вибрана сировина доступна на ринку України у необхідних обсягах, що гарантує безперебійність виробничого процесу. Проведений аналіз типів маргаринової продукції підтверджує, що розроблена жирова композиція належить до групи твердих маргаринів спеціального призначення. Вона вигідно відрізняється від аналогів відсутністю транс-ізомерів, адаптованою до умов температурою плавлення та спрощеним складом (без емульгаторів), що робить її інноваційним продуктом на ринку України.

2.2 Аналіз та вибір технологічних схем виробництва

Вибір технологічної схеми є визначальним фактором для забезпечення стабільної якості готового продукту. Враховуючи специфіку розробленої рецептури (трикомпонентна суміш без емульгаторів) та вимоги до структури жиру для листового тіста (дрібнокристалічна β' -форма), нами запропоновано розділити виробничий процес на два послідовні етапи:

Схема №1: Приготування жирової композиції.

Схема №2: Пластифікація та кристалізація кондитерського жиру для листового тіста.

Технологічна схема №1: Приготування жирової композиції (Лінія підготовки рецептурних сумішей). Перший етап передбачає приймання сировини, її розтоплення та створення гомогенної суміші згідно з розрахованою рецептурою (65% ПЕ-жиру / 25% Стеарину / 10% Олії). Оскільки ми не використовуємо емульгатори, ключовим завданням тут є забезпечення повної розчинності тугоплавкого стеарину в олії та основі.

Схема №1. Блок-схема виробництва жирової основи (Купажування)

Опис технологічного процесу (Схема №1):

1. Приймання сировини: Переестерифікований жир та пальмовий стеарин надходять у залізничних або автоцистернах у розплавленому вигляді. Соняшникова олія надходить окремо. Сировина зливається у ємності для зберігання (жиросховище), обладнані "паровими сорочками" для підтримання температури 50-60°C.

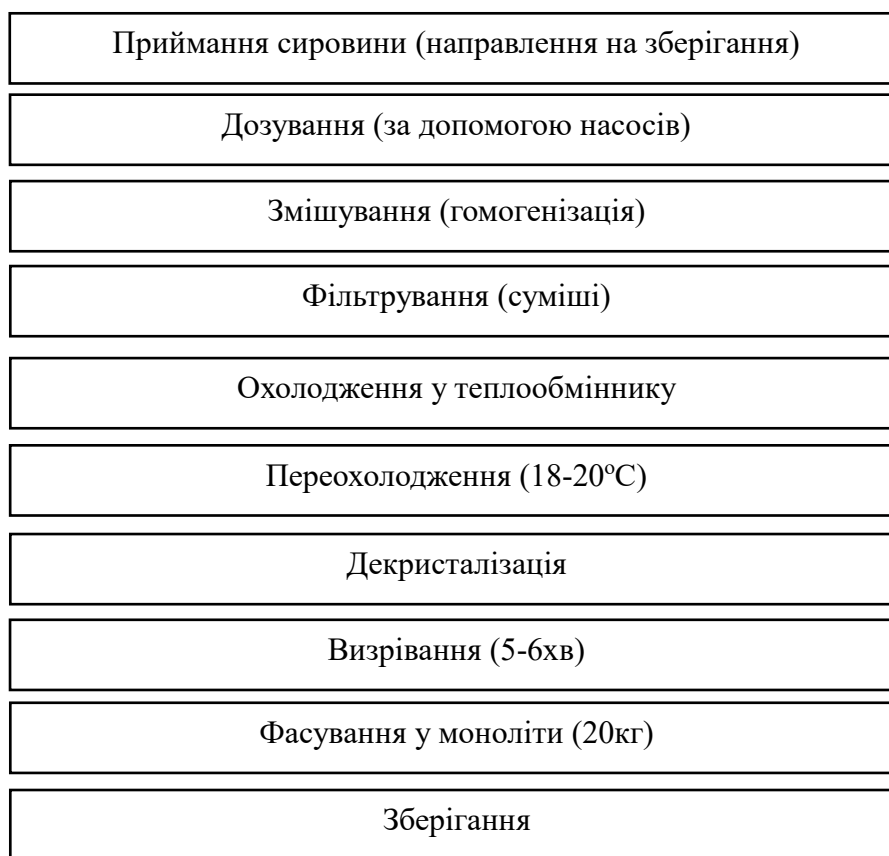
2. Дозування: Компоненти подаються насосами через витратоміри (масові лічильники) у змішувач. Важливо дотримуватися точного співвідношення, оскільки відхилення частки стеарину навіть на 1-2% змінить температуру плавлення.
3. Змішування: Процес відбувається у вертикальному танкері з гвинтовою мішалкою. Температуру суміші підвищують до 65-70°C. Це вище за температуру плавлення стеарину (53°C), що гарантує повне зникнення центрів кристалізації та отримання ідеально прозорої, гомогенної рідини. Емульгатор на цьому етапі не додається, оскільки переестерифікований жир сам по собі має достатню полярність для утримання вологи в подальшому.
4. Фільтрування: Готова суміш проходить через фільтри тонкого очищення для видалення механічних домішок, надалі шортерінг поступає до лінії виробництва твердого маргарину.

Технологічна схема №2: Виробництво твердого шортерінгу. На цьому етапі відбувається найважливіший процес — перетворення рідкого купажу на твердий, пластичний моноліт зі структурою, придатною для ламінування. Ми використовуємо принцип швидкого переохолодження в вотагорах, що відповідає сучасним європейським стандартам [4]. Надалі, описуємо принципово-технологічну схему процесу (Схема №2):

1. Переохолодження: Суміш з лінії виробництва кондитерського жиру поступає у вотагор. Хладагент (аміак) охолоджує стінки циліндра до -20°C. Жир миттєво кристалізується на стінках, а ножі, що обертаються з швидкістю 300-600 об/хв, зрізають цей шар. Сутність процесу полягає у тому, що температура жиру на виході становить 18-20°C, що значно нижче точки застигання (34). Це створює величезну кількість центрів кристалізації β' -форми.
2. Декристалізація: Переохолоджений жир надходить у декристалізатор — циліндр зі штифтами, що інтенсивно перемішують масу. Метою виділяють запобігання зростання великих кристалів та надання масі пластичності. Без цього етапу жир став би твердим як камінь і крихким.
3. Стабілізація: Далі продукт проходить через трубу визрівання протягом 5-6 хвилин. Тут відбувається виділення прихованої теплоти кристалізації, структура остаточно "схоплюється".
4. Фасування: Маргарин виходить у вигляді густої пластичної маси і фасується у короби з полімерним вкладишем (моноліт) по 10 або 20 кг.
5. Зберігання та темперування: Готовий продукт зберігається та визрівається протягом двох діб для стабілізації.

Виходячі з обраних технологічних процесів, нижче наводимо зображення загальної технологічної схеми виробництва.

Схема 3.1 Апаратурно-технологічна схема виробничого процесу



При проектуванні ми розглядали два варіанти організації процесу: періодичний (у кристалізаторах-валиках) та безперервний (у вотаторах). Було обрано схему на основі вотатора, у порівнянні її з застарілою схемою охолодження на вальцях. Експериментальні дослідження показали, що суміш має чітку точку кристалізації при 34°C. Використання вотатора дозволяє миттєво пройти цю точку, зафіксувавши дрібнокристалічну структуру. У відкритих вальцьових охолоджувачах процес йде повільно, що призвело б до утворення великих кристалів стеарину. Оскільки ми використовуємо соняшникову олію, контакт з киснем повітря є небажаним. Обрана схема є повністю герметичною (від танка до фасування), що захищає продукт від окислення. Пряме охолодження у тонкому шарі є найбільш енергоефективним способом відведення тепла, що знижує собівартість продукції. Розроблена двостадійна технологічна схема з використанням автоматизованої лінії вотаторів дозволяє реалізувати потенціал розробленої рецептури. Вона забезпечує отримання моноліту з ідеальною пластичністю та термостійкістю, що підтверджується режимами, запозиченими з передових технологічних практик.

3.3. Розрахунок сировини, готової продукції та допоміжних матеріалів

Матеріальний баланс виробництва є основою для визначення потреби підприємства у сировині, тарі та допоміжних матеріалах, а також для розрахунку потужності обладнання та площі складських приміщень. Розрахунок виконується спочатку на 1 тону готової продукції, а потім масштабується на добову, місячну та річну програми виробництва.

Вихідні дані для розрахунку:

Для складання продуктового балансу прийнято наступні проектні потужності та нормативи, погоджені у завданні на проектування:

- Асортимент: Жир кондитерський для листкового тіста у моноліті.
- Продуктивність виробництва: 35 т/добу готової продукції.
- Режим роботи лінії: Однозмінний (8 год).
- Продуктивність поточної лінії: 5 т/год ($5 \cdot 7 = 35$ т, що вкладається в 8-годинну зміну з урахуванням часу на мийку та запуск).
- Кількість робочих днів на рік: 276 днів.
- Кількість робочих днів на місяць: 23 дні.

Згідно з «Нормами технологічного проектування підприємств олійно-жирової промисловості» та довідковими даними, загальний норматив відходів і втрат прийнято на рівні 0,58%, у тому числі:

- Відходи жирів (фільтрація, зачистка танків): 0,20%.
- Втрати жирів (механічні втрати на лінії, стінках трубопроводів): 0,15%.
- Втрати під час фасування та пакування (технологічні): 0,23%.

Оскільки наш продукт є 100% жировою системою (без води та сухих речовин), розрахунок потреби у сировині ($M_{\text{сир}}$) на 1 тону (1000 кг) готового продукту виконується за формулою:

$$M_{\text{сир}} = \frac{1000 \cdot 100}{100 - X}$$

де X — сумарний відсоток втрат (0,58%).

Далі підставляємо до формули наші значення, та розраховуємо $M_{\text{сир}}$:

$$M_{\text{сир}} = \frac{100000}{99,42} = 1005,83 \text{ кг};$$

Що свідчить про те, що для отримання 1000 кг готового жиру необхідно витратити 1005,83 кг суміші компонентів.

На основі затвердженої рецептури (65/25/10) та розрахованого коефіцієнта витрат складено рецептурний розрахунок, та наведено нижче у таблиці 3.9

Таблиця 3.9 – Розрахунок витрат сировини на 1 т готового кондитерського жиру

Рецептурні компоненти	Вміст у рецептурі, %	Маса компонентів у готовому продукті (нетто), кг	Потреба у сировині з урахуванням втрат (0,58%), кг
Жир переестерифікований	65,0	650,00	653,79
Пальмовий стеарин	25,0	250,00	251,46
Олія соняшникова високоолеїнова	10,0	100,00	100,58
<i>Разом компонентів</i>	<i>100,0</i>	<i>1000,00</i>	<i>1005,83</i>
Всього витрачено сировини	–	–	1005,83
Вихід готової продукції	–	1000,00	–

На основі даних таблиці 3.9 та заданої виробничої програми (35 т/добу) виконуємо перерахунок потреби у сировині на планові періоди. Нижче проводимо розрахунки сировини на виробничі періоди, та заносимо у табл 3.10.

Розрахункові формули:

- На добу: $M_{\text{доба}} = M_{1\text{т}} \cdot 35$.
- На місяць: $M_{\text{міс}} = M_{\text{доба}} \cdot 23$.
- На рік: $M_{\text{рік}} = M_{\text{доба}} \cdot 276$.

Прорахунок продуктового балансу наводимо нижче, у таблиці 3.10:

Таблиця 3.10 – Продуктовий баланс виробництва кондитерського жиру

Рецептурні компоненти	Потреба у сировині (Брутто)			
	На 1 т, кг	На добу (35 т), кг	На місяць (805 т), т	На рік (9660 т), т
Жир переестерифікований	653,79	22 882,65	526,30	6 315,61
Пальмовий стеарин	251,46	8 801,10	202,43	2 429,10

Рецептурні компоненти	Потреба у сировині (Брутто)			
Олія соняшникова ВО	100,58	3 520,30	80,97	971,60
Разом сировини	1005,83	35 204,05	809,70	9 716,31
<i>Технологічні втрати та відходи (0,58%)</i>	<i>5,83</i>	<i>204,05</i>	<i>4,70</i>	<i>56,31</i>
Отримано готової продукції (Нетто)	1000,00	35 000,00	805 000,00 (805 т)	9 660 000,00 (9660 т)

Закінчення таблиці 3.10

Оскільки готовий продукт випускається у форматі "Моноліт" (блоки по 20 кг), необхідно розрахувати потребу в пакувальних матеріалах.

- Тип пакування: Ящик з гофрованого картону (№ 14 згідно з ДСТУ) з вкладишем із полімерної плівки (пергаменту або фольги).
- Маса нетто одиниці: 20 кг.
- Кількість ящиків на 1 т продукції: $1000 / 20 = 50$ шт.
- Втрати тари: Приймаємо 1% на брак та пошкодження.

Розрахунок допоміжних матеріалів тари та пакування наводимо нижче у таблиці 3.11:

Таблиця 3.11 – Розрахунок потреби у пакувальних матеріалах

Найменування матеріалу	Норма на 1 т	Потреба на добу (35 т)	Потреба на місяць (805 т)	Потреба на рік (9660 т)
Ящик картонний (20 кг), шт.	50,5	1 768	40 653	487 830
Вкладиш полімерний, шт.	50,5	1 768	40 653	487 830
Стрічка клейова (скотч), м.п.	80	2 800	64 400	772 800
Етикетка маркувальна, шт.	50,5	1 768	40 653	487 830

Виконаний розрахунок продуктового балансу показав, що для забезпечення добової продуктивності у 35 тонн кондитерського жиру підприємству необхідно щоденно переробляти близько 35,2 тонни жирової сировини. Річний обсяг споживання переетерифікованого жиру складе 6315 тонн, пальмового стеарину — 2429 тонн, а української високоолеїнової олії — 971 тонну. Ці дані є вихідними для розрахунку ємностей жиросховища та вибору продуктивності насосного обладнання.

2.4. Аналіз, підбір, обґрунтування і розрахунок кількості обладнання

Вибір основного технологічного обладнання здійснюється на основі розроблених технологічних схем та заданої виробничої програми. Головним критерієм вибору є забезпечення продуктивності лінії на рівні 5т/год, що дозволяє виконати добовий план виробництва 35 т за одну робочу зміну (8 годин) з урахуванням часу на запуск та санітарну обробку. Для забезпечення безперервного процесу виробництва жирової композиції та її подальшої кристалізації обрано комплексну автоматизовану лінію фірми «Schröder» (Німеччина) або її сучасні аналоги. Розрахунок необхідної кількості одиниць обладнання (N) проводиться за формулою:

$$N = \frac{Q_{\text{год}}}{P * K_{\text{в}}}$$

де:

- $Q_{\text{год}}$ — годинна продуктивність лінії, кг/год (приймаємо 5000 кг/год);
- P — паспортна продуктивність обраної одиниці обладнання, кг/год;
- $K_{\text{в}}$ — коефіцієнт використання обладнання (нормативно 0,8...0,9).

Оскільки ми комплектуємо потокову лінію, де всі машини узгоджені за потужністю, для основного обладнання N зазвичай дорівнює 1.

Характеристика та вибір обладнання для ділянки підготовки рецептурної суміші

Для виробничого процесу було обрано систему, яка складається з трьох ємностей для зберігання жирових компонентів, дві з яких оснащені паровими сорочками. Використовуємо у якості буферного накопичення. Нижче, у табл. 3.12 наводимо технічну характеристику ємностей для зберігання жирової фази.

Таблиця 3.12 – Технічна характеристика ємностей для жирової фази

Найменування показника	Значення
Призначення	Накопичення та темперування компонентів (ПЕ-жир, Стеарин) перед дозуванням.

Найменування показника	Значення
Кількість, шт.	3
Місткість геометрична, л	1000 - 3000
Тип сорочки	Пароводяна (для підтримання t=60°C)
Перемішувачий пристрій	Гвинтова мішалка
Матеріал	Нержавіюча сталь AISI 304

Для змішування трьох компонентів в однорідну масу використовуємо змішувач, який оснащений гвинтовою мішалкою та паровою сорочкою. Оскільки емульгування води не потрібне, ми використовуємо його як гомогенізатор жирової суміші. Надалі, у таблиці 3.13 наводимо характеристику змішувача вертикального типу.

Таблиця 3.13 – Технічна характеристика змішувача вертикального типу

Найменування показника	Значення
Продуктивність, кг/год	5000 (у потоці)
Місткість робоча, л	3000
Потужність електродвигуна мішалки, кВт	7,5
Частота обертання мішалки, с ⁻¹	2,83
Витрата пари, кг/год	50
Габаритні розміри, мм (діаметр / висота)	1826 / 1790
Розрахунок кількості:	$N = \frac{5000}{5000 * 0,9} = 1,1$ Приймаємо за 1 шт

Замість насоса-емульгатора (який потрібен для емульсій), ми використовуємо відцентровий насос для перекачування готового купажу на лінію кристалізації. Характеристики відцентрового насосу наведені нижче у таблиці 3.14

Таблиця 3.14 – Технічна характеристика відцентрового насосу

Найменування показника	Значення
Продуктивність, л/год	30 000 (із запасом для перекачування)
Напір (Висота подачі), м.вод.ст.	30
Потужність електродвигуна, кВт	5,5
Кількість, шт.	2 (1 робочий + 1 резервний)

На критично важливий вузлі, використовуємо насос високого тиску (плунжерний) який подає суміш у вотатор під тиском, необхідним для подолання опору продукту, що застигає. Технічну характеристику насосу високого тиску наведено нижче у таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 – Технічна характеристика насосу високого тиску

Найменування показника	Значення
Продуктивність регульована, кг/год	2000...6000
Робочий тиск, МПа	4,0 - 6,0
Потужність електродвигуна, кВт	11,0
Кількість, шт.	1

У нашому випадку використовуємо пластинчастий теплообмінник, який виконує роль не пастеризатора, а термічної підготовки: нагрів до 70 °С для повного розплавлення кристалів та охолодження до 45 °С перед подачею у вотатор. Наводимо технічну характеристику теплообмінника нижче у таблиці 3.16

Таблиця 3.16 – Технічна характеристика теплообмінника

Найменування показника	Значення
Продуктивність, кг/год	5000
Температурний режим, °С	Нагрів 45-70 °С, Охолодження 70-45 °С
Витрата пари, кг/год	250
Потужність насосів/приводів, кВт	7,5
Кількість, шт.	1

Для виконання процесів переохолодження та механічної обробки використовуємо вотатор від фірми «Schröder», який складається з охолоджуючих циліндрів та циліндра для механічної обробки. Нижче, у таблиці 3.17 наводимо технічні характеристики вотатора.

Таблиця 3.17 – Технічна характеристика вотатора

Найменування показника	Значення
Продуктивність, кг/год	6600
Холодоагент	Аміак (NH ₃) або Фреон (R404a)
Кількість циліндрів	3 охолоджуючих + 1 декристалізатор
Потужність двигунів приводів, кВт	4 x 5,5 = 22,0
Частота обертання валів, с ⁻¹	2,95 (регульована)
Габаритні розміри, мм (ДхШхВ)	4100 x 1710 x 2150
Розрахунок кількості:	$N = \frac{5000}{5000 * 1} = 1$

Для прийому продукту в момент запуску лінії або при аварійній зупинці використовуємо зворотній бак. У ньому продукт розплавляється і повертається на початок процесу. Нижче, у таблиці 3.18 наводимо технічні характеристики зворотнього баку.

Таблиця 3.18 – Технічна характеристика зворотнього баку

Найменування показника	Значення
Місткість, л	1500
Потужність двигуна мішалки, кВт	4,0
Наявність підігріву	Парова сорочка + Ежектор пари

Оскільки ми виробляємо жир для промисловості (моноліт 20 кг), фасувальні машини для стаканчиків («Намба») та дрібні пакувальники («Flottman») нам не підходять. Ми замінюємо їх на автоматичний наповнювач коробів, наприклад, фірми «Pattyn» або аналог, та наводимо технічні характеристики у таблиці 3.19.

Таблиця 3.19 – Технічна характеристика автомату фасування в короби

Найменування показника	Значення
Продуктивність, ящиків/год	До 300 (при вазі 20 кг це 6000 кг/год)

Найменування показника	Значення
Маса дози, кг	10 - 25
Точність дозування, %	±0,2
Потужність, кВт	5,5
Витрата стисненого повітря, м³/год	10
Розрахунок кількості:	Потрібна продуктивність: 5000 кг/год} / 20кг = 250 ящ/год Продуктивність машини: 300 ящ/год. $N = 250 / 300 = 0,83$. Приймаємо 1 шт.

На основі розрахунків складаємо підсумкову таблицю потреби в обладнанні для нашої виробничої лінії. Проаналізовану та повністю зведену технологічну відомість основного технологічного обладнання наводимо нижче у таблиці 3.20

Таблиця 3.20 – Зведена відомість основного технологічного обладнання

№ п/п	Найменування обладнання	Марка / Тип	Продуктивність, од.	Кількість, шт.
1	Танки для зберігання жирів (Цех 1)	BT-10	10 м³	3
2	Система тензометричного дозування	«Siemens»	-	1 компл.
3	Змішувач вертикальний	A9-КМЛ	3000 л	1
4	Насос відцентровий продуктовий	B3-OP2-A-2	30 м³/год	2
5	Фільтр рукавний (тонке очищення)	ФР-5	5000 кг/год	1
6	Насос високого тиску	Ж7-ДНТ	5000 кг/год	1
7	Теплообмінник пластинчастий	A1-ОКЛ	5000 кг/год	1
8	Комбінатор (Вотатор)	Schröder Kombinator	5000 кг/год	1

№ п/п	Найменування обладнання	Марка / Тип	Продуктивність, од.	Кількість, шт.
9	Труба визрівання	-	300 кг (об'єм)	1
10	Зворотний бак	Я1-ОСВ	1500 л	1
11	Фасувальний автомат	Pattyn	300 ящ/год	1

Розрахунок чисельності персоналу виконується на основі обраного режиму роботи підприємства та норм обслуговування технологічного обладнання. Згідно з вихідними даними, цех з виробництва кондитерського жиру працює за однозмінним графіком (тривалість зміни – 8 годин) з переривчастим робочим тижнем (6 робочих днів, неділя – вихідний, або за плаваючим графіком для забезпечення 276 робочих днів на рік). Загальна чисельність працівників складається з адміністративно-управлінського персоналу (АУП), основних виробничих робітників та допоміжного персоналу.

Штатний розклад сформовано з урахуванням розділення процесу на дві стадії:

1. Дільниця підготовки рецептурних сумішей: Потребує оператора для контролю дозування компонентів (ПЕ-жиру, стеарину, олії).
2. Дільниця кристалізації та фасування: Потребує оператора вотатора та пакувальників для роботи з монолітом (короби 20 кг).

Результати підрахунків наводимо нижче, у таблиці 3.21:

Таблиця 3.21 – Штатний розклад цеху виробництва кондитерських жирів

Професія / Посада	Чисельність у зміну, чол.	Чисельність у добу, чол.	Функціональні обов'язки
1. Адміністративно-управлінський персонал:			
Начальник цеху	1	1	Загальне керівництво, контроль виконання плану виробництва (35 т/добу), табелювання.
Інженер-технолог	1	1	Контроль рецептури (65/25/10), контроль температурних режимів купажування та кристалізації, вхідний контроль сировини.
<i>Разом АУП:</i>	2	2	

Професія / Посада	Чисельність у зміну, чол.	Чисельність у добу, чол.	Функціональні обов'язки
2. Основні виробничі робітники:			
Оператор пульта управління (Дільниця купажування)	1	1	Управління подачею жирів і олії, контроль роботи змішувача та насосів, підготовка суміші.
Оператор лінії у виробництві харчової продукції (Вотаторник)	1	1	Контроль роботи вотатора (тиск, температура аміаку), контроль структури жиру на виході.
Укладальник-пакувальник	2	2	Формування коробів, контроль ваги моноліту (20 кг), заклеювання коробів, маркування, палетування.
<i>Разом виробничих робітників:</i>	4	4	
3. Допоміжний та інший персонал:			
Вантажник	2	2	Подача допоміжних матеріалів (тара), переміщення палет з готовою продукцією на склад.
Інженер-механік (Слюсар-налагоджувальник)	1	1	Технічне обслуговування насосів, вотатора, фасувального автомату.
Прибиральник виробничих приміщень	1	1	Санітарна обробка цеху, мийка танків та трубопроводів (СІР-мийка).
<i>Разом іншого персоналу:</i>	4	4	
ВСЬОГО ПО ЦЕХУ:	10	10	

Енергозатрати на технологічні цілі розраховуються відповідно до питомих норм витрат, встановленої потужності електродвигунів обраного обладнання та тривалості виробничого циклу.

Вихідні дані для розрахунку:

- Добова продуктивність: 35 тонн готового продукту.
- Годинна продуктивність лінії: 5000 кг/год (5 т/год).
- Час роботи обладнання під навантаженням: $35\text{т} / 5\text{т/год} = 7$ годин. (Решта часу зміни – санітарна обробка, підготовка зміни, пуск/зупинка).

Пара на підприємстві використовується для обігріву сорочок технологічного обладнання (танків, змішувачів) та для роботи теплообмінника (стадія нагріву перед охолодженням).

Розрахунок ведеться у кілограмах пари (масова витрата), що є стандартним для теплових балансів. Результати розрахунків наводимо нижче у таблиці 3.23:

Таблиця 3.23 – Розрахунок витрат пари поточних технологічних ліній

Найменування обладнання	Нормативна витрата пари, кг/год	Кількість одиниць	Загальна витрата, кг/год	Добова витрата (за 7 год роботи), кг
Ємності для жирних компонентів (підтримання $t=60^{\circ}\text{C}$)	20	3	60	420
Змішувач вертикальний (змішування при 70°C)	50	1	50	350
Теплообмінник пластинчастий (нагрів перед вотатором)	250	1	250	1750
Зворотний бак	30	1	30	210
Всього:			390	2730

Потреба в електроенергії визначається сумарною потужністю встановлених електродвигунів основного та допоміжного обладнання (насоси, приводи мішалок, комбінатор, пакувальна машина). Наводимо результати обчислень у таблиці 3.24.

Таблиця 3.24 – Потреби цеху в електроенергії

Найменування обладнання з електродвигунами	Кількість одиниць	Потужність одиниці, кВт	Загальна встановлена потужність, кВт	Добова витрата електроенергії (кВт*год)
Ємності для зберігання жирів (привід гвинтової мішалки)	3	1,5	4,5	31,5
Насос відцентровий (подача компонентів)	2	5,5	11,0	77,0
Змішувач вертикальний (основний)	1	7,5	7,5	52,5
Насос високого тиску (плунжерний)	1	11,0	11,0	77,0
Теплообмінник (насос циркуляції води)	1	7,5	7,5	52,5
Комбінатор (Вотатор) фірми «Schröder»	1	22,0	22,0	154,0
Зворотний бак (мішалка)	1	4,0	4,0	28,0
Фасувальний автомат «Pattyn» (Моноліт)	1	5,5	5,5	38,5
Всього встановлена потужність:			73,0	511,0

Закінчення таблиці 3.24

У виробництві безводних жирів вода використовується виключно як холодоагент (для теплообмінника) та для санітарних потреб (миття обладнання). У рецептуру вода не входить. Зведені дані у таблиці 3.25.

Таблиця 3.25 – Добова витрата води

Найменування споживача води	Витрата води, м ³ /год	Режим споживання	Добова витрата, м ³ /добу
Змішувач та Танки (санітарна обробка)	1,0	Періодичний (миття)	2,0
Теплообмінник (секція охолодження)	5,0	Оборотне водопостачання	35,0
Комбінатор (охолодження валів/ущільнень)	0,5	Постійний	3,5
Господарсько-побутові потреби	-	-	1,5
Всього:			42,0

Закінчення таблиці 3.25

У даному розділі здійснено підбір основного технологічного обладнання для забезпечення випуску 35 тонн продукції на добу. Обрана лінія на базі комбінатора фірми «Schröder» має продуктивність 6600 кг/год, що дозволяє виконати виробничу програму в однозмінному режимі з коефіцієнтом використання обладнання $0,88$ ($35000/(6600*8) = 0,875$). Заміна фасувального обладнання для дрібної тари на монолітну лінію відповідає обраному асортименту кондитерського жиру. Для забезпечення функціонування виробничої лінії потужністю 35 т/добу необхідна присутність на зміні десяти штатних одиниць. Співвідношення основних робітників до адміністративного та допоміжного персоналу рахується раціональним. Введення до штату окремого інженера-технолога є необхідним для гарантування стабільності якості складної трикомпонентної суміші без емульгаторів. Навантаження на пакувальників розраховано виходячи з продуктивності: $35000 \text{ кг} / 20 \text{ кг} = 1750$ ящиків за зміну. На двох пакувальників це 875 ящиків на кожного (близько 110 ящиків на годину), що є допустимим фізичним навантаженням. Розрахунок енергетичного балансу показав, що для забезпечення випуску 35 тонн продукції на добу підприємству необхідно: 2730 кг/добу пари при (піковому навантаженні у 390 кг/год); 511 кВт·год/добу електроенергії (при встановленій потужності лінії 73 кВт) та 42 м³/добу води, переважно для охолодження в теплообмінниках. Отримані дані свідчать про енергоефективність обраної схеми, оскільки питомі витрати енергії на 1 тону продукції складають всього 14,6 кВт*год що є відмінним показником для жирової промисловості.

2.5. Заходи щодо енерго- та ресурсозбереження для забезпечення сталого розвитку

На основі аналізу розрахованого енергетичного балансу та продуктового розрахунку, розроблено комплекс заходів, спрямованих на зменшення виробничих витрат та мінімізацію негативного впливу на довкілля. Впровадження цих заходів дозволяє реалізувати принципи сталого розвитку у рамках спроектованого виробництва.

Згідно з розрахунками, добова витрата пари становить 2730 кг, причому основним споживачем є пластинчастий теплообмінник (64% від загального споживання) та ємності для зберігання жиру.

Запропоновані заходи для економії:

1. Покриття всіх ємностей та трубопроводів подачі гарячого жиру шаром сучасного теплоізоляційного матеріалу (наприклад, спінений каучук або мінеральна вата з фольгуванням). Це дозволить знизити теплові втрати у навколишнє середовище на 10–15%.
2. Встановлення конденсатовідвідників закритого типу. Відпрацьована пара перетворюється на гарячу воду (конденсат) з температурою 80–90°C. Повернення цього конденсату у котельню для повторного живлення котлів дозволить зекономити до 15% палива та води на виробництво пари.
3. Використання секції рекуперації, де вхідний холодний жир частково підігрівається вихідним гарячим продуктом. Це дозволить знизити навантаження на парову секцію.

Розрахункова добова витрата електроенергії становить 511 кВт·год. Найбільш енергоємним обладнанням є змішувач та насос високого тиску (11 кВт).

Для енергозбереження було запропоновано такі заходи:

1. Оснащення електродвигунів насосів та приводів валів вентилатора частотними перетворювачами («Danfoss» або аналоги). Це дозволяє регулювати продуктивність не перекриттям кранів, а зниженням обертів двигуна, що дає економію електроенергії до 20–30% при неповних навантаженнях.
2. Встановлення конденсаторних установок, що знижує втрати в мережі.
3. Повна заміна люмінесцентних ламп у цеху на промислові LED-світильники з класом захисту IP65.

Витрата води на охолодження становить 35 м³/добу, що є значним обсягом. Використання проточної води є економічно недоцільним та екологічно шкідливим. Нижче, наведено заходи для економії водних ресурсів.

1. Впровадження замкнутого циклу охолодження для пластинчастого теплообмінника та сорочок вентилатора з використанням градирні. У такій схемі вода циркулює по колу,

і підживлення свіжою водою складає лише 3–5% (на випаровування). Що дає можливість до зниження споживання води з 35 м³/добу до 1,5–2,0 м³/добу.

2. Використання автоматизованої станції безрозбірної мийки з рециркуляцією миючих розчинів. Це дозволяє використовувати лужні та кислотні розчини багаторазово, зменшуючи стоки підприємства.

3.5.4 Ресурсозбереження та зменшення вуглецевого сліду

1. У технологічній схемі передбачено зворотній бак. Весь брак при запуску лінії, а також обрізки моноліту не викидаються, а розтоплюються і повертаються на етап емульгування. Це забезпечує фактичні втрати жиру на рівні, близькому до 0%, що каже нам про безвідходне виробництво.
2. Заміна 10–20% імпортних тропічних жирів на українську високоолеїнову соняшникову олію має значний екологічний ефект. Це скорочує логістичний ланцюг (відсутність морських перевезень з Індонезії/Малайзії), що зменшує викиди CO₂ в атмосферу, пов'язані з транспортуванням сировини.

Запропонований комплекс заходів дозволяє класифікувати спроектоване виробництво як енергоефективне. Найбільш значущим заходом є перехід на систему оборотного водопостачання, що скорочує водоспоживання у 15–20 разів, та використання системи «Rework», що мінімізує утворення твердих відходів. Використання української сировини додатково підсилює стратегію сталого розвитку підприємства.

2.6. Розрахунок виробничих площ та компонування цеху

Площа виробничого цеху визначається як сума площ, зайнятих технологічним обладнанням, помножена на коефіцієнт запасу площі (К), який враховує проходи, проїзди для навантажувачів, зони обслуговування та ремонтні майданчики. Вихідні дані щодо габаритних розмірів обладнання взяті з технічних характеристик лінії «Schröder» та допоміжних агрегатів, які наведені вище. Розрахункова площа наведена у таблиці 3.26.

Таблиця 3.26 – Площа, яку займає технологічне та допоміжне обладнання

№ п/п	Назва обладнання	Габаритні розміри (ДхШ), м	Площа одиниці, м ²	Кількість, шт.	Сумарна площа, м ²
1	Ємності для зберігання жирів (BT-10)	Ø 2,2	3,80	3	11,40

№ п/п	Назва обладнання	Габаритні розміри (ДхШ), м	Площа одиниці, м ²	Кількість, шт.	Сумарна площа, м ²
2	Система об'ємного дозування	2,0*1,5	3,00	1	3,00
3	Змішувач вертикальний (А9-КМЛ)	Ø 1,8	2,60	1	2,60
4	Насос відцентровий	0,8*0,4	0,32	2	0,64
5	Фільтр рукавний	0,8*0,4	0,64	1	0,64
6	Насос високого тиску (Плунжерний)	1,2*0,8	0,96	1	0,96
7	Теплообмінник пластинчастий	1,5*0,8	1,20	1	1,20
8	Комбінатор (Вотатор) «Schröder»	4,1*1,7	7,00	1	7,00
9	Труба визрівання	3,0*0,5	1,50	1	1,50
10	Зворотний бак	Ø1,4	1,60	1	1,60
11	Фасувальний автомат «Pattyn» (в коробі)	4,5*2,0	9,00	1	9,00
12	Конвеєр відвідний роликівий	5,0*0,6	3,00	1	3,00
Всього під обладнанням (Fo):					42,54
Допоміжні та побутові приміщення:					

№ п/п	Назва обладнання	Габаритні розміри (ДхШ), м	Площа одиниці, м ²	Кількість, шт.	Сумарна площа, м ²
13	Операторська (пульт керування)	-	12,0	1	12,00
14	Кабінет технолога / Майстра зміни	-	10,0	1	10,00
15	Виробнича експрес-лабораторія	-	18,0	1	18,00
16	Санітарний вузол	-	6,0	1	6,00
17	Кімната для персоналу (роздягальня)	-	15,0	1	15,00
18	Мийне відділення (СІР-станція)	-	12,0	1	12,00
Всього допоміжних площ:					73,00

Площа виробничого відділення розраховується за формулою:

$$F_{ц} = K * \sum F_0$$

де:

- $\sum F_0 = 42,54 \text{ м}^2$ — сумарна площа під технологічним обладнанням;
- K — коефіцієнт запасу площі. Для цехів з конвеєрними лініями та використанням електронавантажувачів приймаємо $K=4,5$.

Підставляємо наші дані для розрахунку, та отримуємо такий результат:

$$F_{ц} = 4,5 * 42,54 = 191,43 \text{ м}^2$$

Розраховуємо площу складу для зберігання 2-добового запасу продукції (терміни темперування — 48 годин).

- Добовий виробіток: 35 000 кг.
- Запас (2 доби): 70 000 кг.

- Навантаження на 1 м² підлоги (на палетах у 2 яруси): $G = 1200 \text{ кг/м}^2$.
- Коефіцієнт використання площі складу (проїзди): $\eta = 0,6$.

$$F_{\text{скл}} = \frac{A * t}{G * \eta} = \frac{35000 * 2}{1200 * 0,6} = \frac{70000}{720} = 97,2 \text{ м}^2$$

Приймаємо площу складу з запасом — 100 м².

Далі розраховуємо загальну площу цеху виробництва:

$$F_{\text{заг}} = F_{\text{ц}} + F_{\text{доп}} + F_{\text{скл}} = 191,43 + 73,00 + 100,00 = 364,43 \text{ м}^2$$

Для проектування промислового цеху використовується уніфікована сітка колон 6*6 м. Площа одного будівельного квадрата становить 36 м². Далі розраховуємо кількість квадратів:

$$N = 364,4/36 = 10,12$$

Приймаємо 12 будівельних квадратів для забезпечення прямокутної форми будівлі та можливості розширення. Перераховуємо площу квадрату та їх кількість на загальну площу приміщення:

$$12 * 36 = 432 \text{ м}^2$$

Проводимо розрахункову конфігурацію будівлі: Прямокутник 18*24 м (3 прольоти по 6 м за шириною, 4 кроки по 6 м за довжиною).

Технологічний процес організовано за потоковим принципом "зліва-направо" в межах одного виробничого залу.

1. Зона А (Підготовка суміші): Розташована вздовж короткої сторони будівлі. Тут встановлено 3 ємності для компонентів (ПЕ-жир, Стеарин, Олія). Поруч розміщено вертикальний змішувач. Ця зона відділена від зони фасування санітарним розривом.
2. Зона В (Кристалізація): Центральна частина цеху. Тут розташована група насосів високого тиску та вотатор. Агрегат встановлено на віброопорах. Поруч знаходиться теплообмінник.
3. Зона С (Фасування): Кінцева частина лінії. Труба визрівання з'єднує вотатор з фасувальним автоматом. Тут передбачено простір для піддонів з порожніми коробами та роликовий конвеєр для відведення готових ящиків.
4. Зона D (Склад темперування): Окреме ізольоване приміщення площею 100 м² з системою клімат-контролю ($t=18^{\circ}\text{C}$), куди конвеєром або навантажувачем подається готова продукція.

Розрахована загальна площа виробничого корпусу становить 432 м². Обрана сітка колон 6*6 м та габарити будівлі 18*24 м дозволяють раціонально розмістити технологічну лінію, складські та побутові приміщення, дотримуючись норм пожежної

безпеки та санітарії (ширина проходів не менше 1,5 м). Всі виробничі потоки поєднані в одну безперервну лінію без перетинів сировини та готової продукції.

2.7 Організація виробничого потоку

Організація виробничого потоку спроектована за принципом безперервності та прямоточності технологічного процесу, що забезпечує мінімізацію перетинів вантажопотоків сировини, готової продукції та відходів. Технологічна схема включає повний цикл виробництва: від приймання жирової сировини до відвантаження упакованого моноліту на склад дозрівання.

Виробничий процес розділено на три основні стадії, кожна з яких характеризується специфічними матеріальними комунікаціями.

Стадія I. Підготовка рецептурної суміші.

Спочатку переетерифікований жир та пальмовий стеарин надходять трубопроводами з жиросховища у видаткові танки цеху. Температура підтримується на рівні 60°C за допомогою "парових сорочок". Соняшникова олія надходить з окремого резервуару. Далі сировина проходить через рукавні фільтри грубого очищення для видалення механічних домішок. Після чого компоненти автоматично дозуються у вертикальний змішувач. Відбувається інтенсивне перемішування (15–20 хв) при температурі 65–70°C до отримання гомогенного прозорого розчину.

Використані комунікації: Вхід – жири, олія, пара; Вихід – жирова суміш, конденсат.

Стадія II. Термомеханічна обробка та кристалізація

Готова суміш насосом подається у пластинчастий теплообмінник, де її температура коригується до 45°C перед подачею на лінію. Після чого суміш під високим тиском (40–50 бар) поступає у вогаттор, де з використанням хладагенту (аміак) відбувається охолодження продукту до 18–20°C, ініціюючи масову кристалізацію. Переохолоджена маса проходить через декристалізатор, де відбувається інтенсивне перемішування для формування дрібнокристалічної структури β' -форми.

Використані комунікації: Вхід – жирова суміш, аміак (у замкнутому контурі), електроенергія; Вихід – пластичний маргарин, газоподібний аміак (на компресор).

Стадія III. Формування структури та пакування

Після проходження стадії декристалізації продукт проходить через трубу визрівання протягом 6 хвилин для завершення фазових переходів та набору первинної твердості, після чого відбувається фасування готового продукту у моноблоки по 20кг. Упакована на запалетована продукція переміщується на склад, де витримується 48 годин при 18°C.

Використані комунікації: Вхід – картонні коробки, вкладиші, скотч; Вихід – готова продукція, тверді відходи упаковки.

Для наочного відображення екологічних аспектів виробництва складено карту матеріальних потоків, яку наведено нижче у таблиці

Таблиця 3.27 – Характеристика технологічних операцій та місць утворення відходів

Стадія процесу	Вхідні матеріальні потоки (Сировина та енергія)	Проміжний / Готовий продукт	Місця утворення відходів, викидів та стоків
1. Підготовка сировини	ПЕ-жир, Стеарин, Олія, Пара (теплоносій)	Розплавлені жирові компоненти	Тверді відходи: Жирошлам на фільтрах (періодичне очищення). Стоки: Конденсат (повертається в котельню).
2. Купажування	Електроенергія (мішалка)	Гомогенна жирова суміш	Викиди: Теплові викиди від стінок обладнання в повітря цеху.
3. Охолодження та кристалізація	Хладагент (Аміак/Фреон), Вода (для ущільнень), Електроенергія	Переохолоджена емульсія	Стоки: Вода від охолодження сальників насосів. Специфічні втрати: Аварійний скид аміаку (тільки при розгерметизації).
4. Фасування	Гофроящик, Вкладиш полімерний, Скотч, Етикетка, Клей	Моноліт жиру в коробі (20 кг)	Тверді відходи: Обрізки полімерної плівки, брак картонної тари, відпрацьована стрічка. Поворотні відходи (Rework): Жир при запуску/зупинці лінії (повертається на стадію 2).
5. Санітарна обробка (CIP-мийка)	Вода питна, Миючі засоби (луг, кислота), Пара	Чисте обладнання	Стоки: Промивні води з високим БСК (біологічне споживання кисню) та залишками жиру

Стадія процесу	Вхідні матеріальні потоки (Сировина та енергія)	Проміжний / Готовий продукт	Місця утворення відходів, викидів та стоків
			(направляються на жиरोуловлювач).

2.8 Технохімічний контроль та менеджмент якості виробництва

Організація технохімічного контролю на проєктованому підприємстві здійснюється відповідно до вимог системи управління безпечністю харчових продуктів (НАССР) та стандарту ISO 22000. Головною метою контролю є гарантування випуску безпечної продукції стабільної якості, що відповідає вимогам ДСТУ 4465:2005. Контроль здійснюється на всіх етапах циклу виробництва продукції за схемою: «Вхідна сировина - Технологічний процес-Готова продукція».

Структурно службу контролю якості виконує безпосередньо Центральна заводська лабораторія, яка знаходиться на території підприємства. Нижче, наведений перелік основних завдань, які контролює ЦЗЛ.

- Проводить повний вхідний контроль кожної партії сировини, яка поступає на підприємство.
- Здійснює періодичні складні аналізи (визначення жирнокислотного складу на газовому хроматографі, вміст трансізомерів).
- Випишує сертифікати якості (якісні посвідчення) на готову продукцію перед відвантаженням.
- Здійснює оперативний контроль технологічних параметрів (температура купажування, тиск у вотаторі).
- Проводить експрес-аналізи проміжних продуктів (температура плавлення суміші, органолептична оцінка емульсії).

Усі засоби вимірювальної техніки (ваги тензометричні, термометри опору, манометри, витратоміри), задіяні у технологічному процесі, підлягають обов'язковій державній повірці або калібруванню згідно з графіком, затвердженим головним метрологом підприємства. Відповідно до розробленої технологічної схеми та рецептури, нами розроблено план контролю, наведений у Таблиці 3.28.

Таблиця 3.28 – Перелік місць контролю технологічного процесу виробництва кондитерського жиру

Стадія технологічного процесу	Об'єкт контролю	Параметр, що контролюється	Метод контролю Нормативний документ	Періодичність контролю
1. Приймання сировини	Переестерифікований жир, Пальмовий стеарин, Олія ВО соняшникова	1. Органолептичні показники (смак, запах, колір). 2. Кислотне число. 3. Перекисне число. 4. Температура плавлення. 5. Вміст вологи.	Органолептичний (ГОСТ 5472); Титриметричний (ДСТУ ISO 660); Йодометричний (ДСТУ ISO 3960); Капілярний (ДСТУ 4463); Висушування	Кожна партія, що надходить на завод
2. Підготовка та дозування	Розплавлені жири у ємностях	1. Температура розігріву. 2. Масакомпонентів.	Автоматичний (термодатчик); Тензометричний (ваговий термінал).	Безперервно (в режимі онлайн)
3. Купажування (Змішування)	Жирова суміш (Купаж)	1. Однорідність (прозорість). 2. Температура суміші (65-70 °С). 3. Температура плавлення суміші.	Візуальний; Термометр; Експрес-метод на приладі Жукова або капіляр.	Кожне варіння (заміс) / Кожні 2 години
4. Термомеханічна обробка (Вотатор)	Процес кристалізації	1. Температура на виході (18-20°С). 2. Тиск продукту (40-50 Бар). 3. Навантаження	Автоматичні датчики АСУ ТП; Манометри технічні; Амперметри.	Безперервно (із записом у журнал)

Стадія технологічного процесу	Об'єкт контролю	Параметр, що контролюється	Метод контролю Нормативний документ	Періодичність контролю
		на двигун (Ампераж).		
5. Фасування	Готовий моноліт (Ящик)	1. Маса нетто (20 кг). 2. Якість заклеювання короба. 3. Чіткість маркування (дата, партія).	Ваговий (контрольні ваги); Візуальний.	100% (чеквейер) або вибірково кожні 30 хв
6. Зберігання (Темперування)	Готова продукція на складі	1. Температура повітря (18-20°C). 2. Відносна вологість (< 80%). 3. Структура жиру (твердість).	Психрометр / Логер даних; Пенетрометр (в лабораторії).	Щодня / Перед відвантаженням
7. Санітарна обробка	Обладнання після мийки	1. Залишкова кількість жиру. 2. Мікробіологічна чистота (ЗМЧ).	Візуальний (люмінесцентний); Змиви (лабораторний посів).	Після кожного циклу мийки / За графіком

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці на спроектованому виробництві кондитерських жирів є системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Організація роботи базується на Законі України «Про охорону праці» [28].

До виконання робіт на технологічній лінії виробництва маргаринів та жирів допускаються особи, які відповідають наступним критеріям:

1. Не молодше 18 років (згідно ст. 190 КЗпП України, оскільки робота пов'язана з обслуговуванням машин та механізмів).
2. Пройшли попередній (під час прийняття на роботу) та проходять періодичні медичні огляди згідно з Наказом МОЗ України № 246 «Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій». Для працівників харчової промисловості обов'язковим є наявність особистої медичної книжки (форми № 1-ОМК). [29]
3. Пройшли вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці, стажування та перевірку знань з питань охорони праці та пожежної безпеки відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» [30].
4. Мають відповідну професійну освіту (оператор лінії, апаратник).

До обслуговування аміачної холодильної установки (вотатора) допускаються лише особи, які пройшли спеціальне навчання з безпеки праці при експлуатації холодильних установок та мають відповідне посвідчення.

Згідно з законодавством України, забезпечується рівність прав чоловіків та жінок, проте існують фізіологічні обмеження щодо підймання ваги.

- Граничні норми підймання вантажів для чоловіків регламентуються загальними ергономічними нормами, проте рекомендовано не перевищувати 30 кг при частому підйманні.
- Забороняється залучення жінок до робіт, пов'язаних із підйманням і переміщенням речей, маса яких перевищує встановлені граничні норми: підймання і переміщення вантажів при чергуванні з іншою роботою (до 2 разів на годину): 10 кг; підймання і переміщення вантажів постійно протягом зміни: 7 кг.

Оскільки маса готового моноліту жиру становить 20 кг, ручна праця жінок на ділянці палетування заборонена. Для дотримання норм у проекті передбачено використання

вакуумних підйомників або автоматичних палетайзерів, що виключає ручне переміщення ваги понад норму. Або ж на цю операцію призначаються працівники-чоловіки (вантажники), для яких вага 20 кг є допустимою.

Для правильного вибору електрообладнання та засобів пожежогасіння проведено категоризацію приміщень цеху та наведено нижче у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Характеристика приміщень за вибухопожежонебезпекою та санітарними нормами

Назва приміщення / дільниці	Категорія за вибухопожежною небезпекою (НПАОП 40.1-1.32-01 / ДСТУ Б В.1.1-36:2016)	Клас зони за ПУЕ (Правила улаштування електроустановок)	Група виробничих процесів (ДБН В.2.2-28:2010)	Характеристика середовища
Виробничий цех (дільниця купажування та фасування)	В (Пожежонебезпечна)	П-Ша	4а	Наявність горючих речовин (олія, жир) з температурою спалаху > 61°C. Можливе виділення пилу від тари.
Відділення вотатора (дільниця кристалізації)	А (Вибухонебезпечна) (локально) або В *	В-Іа або В-Іг (біля комбінатора)	2г	Наявність аміаку (хладагент), який при витокі може утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям.
Склад готової продукції	В	П-Ша	1в	Зберігання горючих матеріалів (картон, жир) у твердому стані.
Електроцитова	–	–	1а	Нормальне середовище.

При використанні сучасних герметичних вотаторів з малою ємністю аміаку категорія може бути знижена до "В", але зона безпосередньо біля апарату вважається небезпечною.

Оскільки при роботі на підприємстві можливий ряд шкідливих виробничих факторів, нижче наведені шляхи регулювання або повного усунення.

1. Всі рухомі частини обладнання (приводи мішалок, конвеєрні стрічки, насоси) закриваються захисними кожухами.
2. Оскільки ємності та трубопроводи нагріваються до 70°C передбачено теплоізоляцію, щоб температура на поверхні кожуха не перевищувала 45°C.
3. Використовується заземлення (система TN-S), пристрої захисного відключення (ПЗВ).
4. Від роботи гомогенізаторів та компресорів. Рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБА.

Основним небезпечним агентом на виробництві є аміак безводний зріджений (ГОСТ 6221-90), який використовується як холодоагент, що поступає до вентилатора.

Нижче наведені характеристики небезпеки аміаку:

- Токсична речовина 4-го класу небезпеки.
- Вибухонебезпечний при концентрації в повітрі 15–28%.
- При вдиханні викликає сильне подразнення слизових оболонок, набряк легень; при потраплянні на шкіру – хімічні опіки та обмороження (температура кипіння -33°C).

Для усунення негативного впливу аміаку на навколишнє середовище та здоров'я робочого персоналу було розроблено ряд методик.

1. Система охолодження вентилатора створюється замкнутою.
2. У зоні встановлення вентилатора встановлюються стаціонарні датчики загазованості аміаком. При перевищенні ГДК (20 мг/м³) автоматично вмикається аварійна вентиляція та звукова сигналізація.
3. На робочому місці оператора вентилатора повинні бути в наявності аварійні протигази марки «КД» (сіра коробка) або ізолюючі дихальні апарати.
4. У безпосередній близькості встановлюється аварійний душ, що використовується для змивання аміаку при потраплянні на шкіру.

Забезпечення пожежної безпеки на проєктованому підприємстві з виробництва кондитерських жирів є складною, багатофакторною системою організаційних та технічних заходів, спрямованих на запобігання виникненню пожеж, обмеження їх розповсюдження, а також створення умов для безпечної евакуації людей та збереження матеріальних цінностей. Актуальність цього питання обумовлена специфікою технологічного процесу, який передбачає використання значних обсягів горючих речовин (рослинних олій, жирів, пакувальних матеріалів) та вибухонебезпечних агентів (аміаку в холодильних установках).

Організація пожежної безпеки на об'єкті регламентується Кодексом цивільного захисту України та Правилами пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014). [31]

Основним джерелом пожежної небезпеки у проектуваному цеху є жирова сировина. Переестерифікований жир, пальмовий стеарин та соняшникова олія відносяться до горючих рідин та твердих горючих речовин (залежно від агрегатного стану). Хоча температура спалаху рослинних олій є досить високою (понад 230 °С), вони становлять значну небезпеку через високу теплотворну здатність при горінні та здатність до самозаймання при контакті з певними волокнистими матеріалами (ганчір'ям, теплоізоляцією), просоченими олією. Особливістю горіння жирів є висока температура полум'я та складність гасіння традиційними методами, зокрема водою, оскільки контакт розпеченого жиру з водою призводить до миттєвого скипання води, розбрикування палаючої маси та різкого збільшення площі пожежі.

Окрім основної сировини, пожежне навантаження приміщень формується за рахунок пакувальних матеріалів. У відділенні фасування та на складі готової продукції зосереджено значну кількість картонної тари, полімерних вкладишів та стрейч-плівки. Полімерні матеріали при горінні плавляться, утворюючи краплі, що розтікаються, та виділяють токсичні продукти термічного розкладу, що значно ускладнює евакуацію персоналу та дії пожежних підрозділів.

Окремим фактором підвищеної небезпеки є використання аміаку як холодоагенту в системі вентилатора. Аміак (NH_3) є горючим газом, який при певних концентраціях у повітрі (від 15 % до 28 % за об'ємом) утворює вибухонебезпечні суміші. Хоча технологічний процес передбачає циркуляцію аміаку в замкнутому герметичному контурі, можливість аварійної розгерметизації системи (наприклад, через знос сальникових ущільнень або розрив трубопроводу) вимагає класифікації відповідних зон як вибухонебезпечних.

Для правильного вибору систем протипожежного захисту проведено визначення категорій приміщень відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [32].

Основне виробниче приміщення, де розташовані дільниці купажування та фасування, відноситься до категорії В (пожежонебезпечна). Це обґрунтовується наявністю в приміщенні горючих рідин (олії, розплавлених жирів) та твердих горючих матеріалів (жиру у вигляді моноліту, упаковки), які здатні горіти, але не утворюють вибухонебезпечних пароповітряних сумішей у нормальному режимі роботи.

Зона безпосереднього розташування вентилатора та трубопроводів подачі аміаку вимагає особливого підходу. Згідно з розрахунками надлишкового тиску вибуху, у разі аварійної розгерметизації та витoku аміаку, ця зона може класифікуватися як категорія А (вибухопожежонебезпечна) або категорія Б (вибухопожежонебезпечна), залежно від об'єму аміаку в системі та наявності автоматичних систем блокування. Враховуючи використання сучасного обладнання фірми «Schröder» з мінімальною ємністю системи та наявністю аварійної вентиляції, дану локальну зону в рамках загального цеху доцільно виділити та класифікувати згідно з вимогами ПУЕ для вибору вибухозахищеного електрообладнання. [50]

Приміщення складу готової продукції та складу таропакувальних матеріалів відносяться до категорії В, оскільки там зберігаються тверді горючі речовини (картон, поліетилен, жировий моноліт). Допоміжні приміщення (електрощитова, вентиляційна камера, санітарно-побутові приміщення) категоруються як Д (непожежонебезпечні) або Г (помірно пожежонебезпечні) залежно від наявного обладнання.

Відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), правильна класифікація зон є основою для вибору електрообладнання (двигунів, світильників, пускачів) з відповідним ступенем захисту (IP) та рівнем вибухозахисту. [33]

Простір у виробничому цеху, де проводяться операції з відкритим технологічним процесом або можливий розлив олії, класифікується як пожежонебезпечна зона класу П-Па. До цього класу відносяться зони, де обертаються тверді горючі речовини або горючі рідини з температурою спалаху понад 61 °С. У цій зоні електрообладнання повинно мати ступінь захисту оболонки не нижче IP54, щоб унеможливити потрапляння пилу та бризок жиру всередину, що може спричинити коротке замикання.

Зона навколо аміачного обладнання класифікується як вибухонебезпечна зона класу В-Ia (або В-Iг, якщо зона біля зовнішньої установки). Це означає, що в нормальному режимі роботи вибухонебезпечні суміші аміаку з повітрям не утворюються, але вони можливі у випадку аварій або несправностей. Електрообладнання в цій зоні (електродвигуни насосів, приводів валів, датчики КВПіА, світильники) повинно бути у вибухозахищеному виконанні (маркування Ex), що виключає можливість іскроутворення.

Складські приміщення, де зберігається готова продукція в горючій упаковці, відносяться до зон класу П-Па. Електропроводка в цих приміщеннях повинна бути виконана кабелями з негорючою оболонкою, а світильники мати закрите виконання.

Профілактика пожеж на проектованому підприємстві базується на виключенні умов утворення горючого середовища та джерел запалювання. Технологічне обладнання

(ємності, змішувачі, трубопроводи) спроектоване герметичним, що запобігає розливу жирів та виділенню парів. Для запобігання накопиченню статичної електрики, яка може стати джерелом іскри, все металеве обладнання, резервуари, трубопроводи для перекачування олії та аміаку, а також кожухи електрообладнання підлягають обов'язковому захисному заземленню. Опір заземлювального пристрою перевіряється щорічно і не повинен перевищувати 4 Ом.

Для запобігання небезпечній концентрації аміаку приміщення цеху обладнується системою припливно-витяжної вентиляції. Окрім загальнообмінної вентиляції, передбачено аварійну витяжну вентиляцію, яка автоматично вмикається від сигналу газоаналізаторів при перевищенні гранично допустимої концентрації (ГДК) аміаку в повітрі робочої зони. Блокування системи передбачає повну зупинку технологічного обладнання та перекриття запірних клапанів на аміакопроводах у разі аварії.

Суворо регламентується проведення вогневих ремонтних робіт у виробничих приміщеннях. Такі роботи можуть виконуватися лише за нарядом-допуском, після повної зупинки обладнання, видалення горючих речовин, ретельного очищення ємностей та забезпечення місця проведення робіт первинними засобами пожежогасіння.

Проектований цех обладнується автоматичною системою пожежної сигналізації. Враховуючи специфіку виробництва (можливе запилення, наявність парів), в якості сповіщувачів обрано комбіновані димо-теплові датчики, які реагують як на появу диму, так і на різке підвищення температури. Сигнал від датчиків виводиться на пульт цілодобового спостереження та дублюється світлозвуковою сигналізацією («Сирена», табло «Вихід») для оповіщення персоналу.

Вибір засобів пожежогасіння обумовлений фізико-хімічними властивостями речовин, що використовуються. Оскільки основною горючою речовиною є жир та олія, використання води та пінних вогнегасників на водній основі може бути неефективним або небезпечним. Тому виробничі приміщення комплектуються первинними засобами пожежогасіння з розрахунку на площу та клас пожежі (клас В — горіння рідких речовин). Основними засобами є порошкові вогнегасники (типу ВП-5, ВП-9), які ефективно припиняють горіння жирів та електроустановок під напругою до 1000 В шляхом інгібування хімічної реакції горіння. Також передбачено наявність вуглекислотних вогнегасників (типу ВВК-3.5), які доцільно використовувати для гасіння загорянь електрощитових, пультів управління та електродвигунів, оскільки діоксид вуглецю не пошкоджує електронне обладнання та не залишає слідів.

На випадок масштабної пожежі підприємство обладнується внутрішнім протипожежним водопроводом з пожежними кран-комплектами (ПК), розташованими біля виходів та на сходових клітинах. Кожен ПК укомплектовується рукавом довжиною 20 м та стволом. Перевірка працездатності пожежних кранів здійснюється не рідше одного разу на 6 місяців шляхом пуску води.

Забезпечення безпечної евакуації персоналу здійснюється відповідно до вимог ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки адміністративного та побутового призначення» та НАПБ А.01.001-2014м Евакуаційні шляхи та виходи спроектовані таким чином, щоб забезпечити організований вихід людей з приміщень у найкоротший термін до настання критичних факторів пожежі (висока температура, задимлення). Ширина евакуаційних проходів у цеху становить не менше 1,2 м, дверей — не менше 0,8 м. Двері на шляхах евакуації відкриваються у напрямку виходу з будівлі та не мають запорів, що перешкоджають їх вільному відкриванню зсередини без ключа. [33,34]

Шляхи евакуації обладнуються системою аварійного освітлення, яка працює від незалежного джерела живлення і вмикається автоматично при відключенні основного освітлення. На стінах на висоті 1,5–1,6 м розміщуються фотолюмінесцентні плани евакуації та знаки безпеки, що вказують напрямок руху.

Весь персонал підприємства проходить обов'язковий інструктаж та навчання з питань пожежної безпеки (пожежно-технічний мінімум). Працівники повинні знати місця розташування засобів пожегогасіння, вміти ними користуватися та знати алгоритм дій у разі виникнення пожежі: негайно повідомити пожежну охорону за телефоном «101», вжити заходів щодо евакуації людей, відключити електропостачання та вентиляцію, і за можливості приступити до гасіння пожежі первинними засобами, не наражаючи своє життя на небезпеку. Відповідальність за протипожежний стан цеху покладається на начальника цеху, який призначається наказом по підприємству.

Підводячи підсумки, можливо сказати, що виробничий цех відноситься до категорії «В» за вибухопожежною небезпекою. Забезпечення безпечних умов праці досягається шляхом автоматизації важких робіт (палетування), герметизації аміачної системи, використання захисного заземлення та суворого дотримання санітарно-гігієнічних норм. Особливу увагу приділено захисту персоналу від впливу аміаку та дотриманню норм підймання вантажів для жінок.

4. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Впровадження нових технологічних рішень у харчовій промисловості неможливе без комплексної оцінки їх впливу на навколишнє природне середовище та розробки дієвої системи екологічного менеджменту. Діяльність спроектованого цеху з виробництва кондитерських жирів для листового тіста базується на принципах екологічної безпеки, раціонального природокористування та відповідності чинному природоохоронному законодавству України, зокрема Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» та вимогам міжнародного стандарту ДСТУ ISO 14001:2015 «Системи екологічного управління». Стратегія підприємства спрямована не лише на отримання економічного прибутку, а й на мінімізацію негативного антропогенного впливу на екосистему регіону шляхом впровадження найкращих доступних технологій та методів управління. [35]

Система екологічного управління на підприємстві розглядається як частина загальної системи менеджменту, що включає організаційну структуру, планування діяльності, розподіл відповідальності, належні методи, процедури, процеси та ресурси для розроблення, впровадження, досягнення, перегляду та підтримання екологічної політики. Ключовим аспектом функціонування цієї системи є перехід від реактивного підходу, який передбачає лише боротьбу з наслідками забруднення, до превентивного підходу, спрямованого на запобігання утворенню забруднюючих речовин безпосередньо у джерелі. У контексті даного проекту це реалізується через вибір енергоефективного обладнання, замкнених циклів водоспоживання та повної переробки технологічних відходів. Екологічна політика підприємства декларує зобов'язання щодо постійного поліпшення екологічних показників діяльності, дотримання нормативно-правових вимог та запобігання забрудненню довкілля на всіх етапах життєвого циклу продукції — від отримання сировини до утилізації упаковки.

Аналіз технологічного процесу виробництва кондитерських жирів методом купажування та переохолодження дозволяє ідентифікувати основні екологічні аспекти діяльності, які можуть мати вплив на компоненти довкілля. До таких аспектів відносяться споживання природних ресурсів (води, енергоносіїв), утворення стічних вод із підвищеним вмістом жирових речовин, викиди в атмосферне повітря від енергетичного та технологічного обладнання, а також утворення твердих промислових та побутових відходів. Важливо зазначити, що обрана технологія виробництва безводних жирів є значно більш екологічно безпечною порівняно з виробництвом маргаринів, що містять водну фазу, оскільки відсутність стадії підготовки води та молока суттєво зменшує обсяги

водоспоживання та скидів. Крім того, відмова від процесу гідрогенізації на користь переетерифікації та купажування виключає використання водню та нікелевих каталізаторів, що знімає проблему утилізації відпрацьованих каталізаторів, які є небезпечними відходами.

Охорона водних ресурсів є пріоритетним напрямом екологічної діяльності підприємства, оскільки специфіка жирового виробництва передбачає утворення стічних вод, забруднених органічними речовинами, зокрема жирами, зваженими частками та поверхнево-активними речовинами, що утворюються в процесі санітарної обробки обладнання. Для мінімізації впливу на водні об'єкти проектом передбачено впровадження локальних очисних споруд та системи оборотного водопостачання. Технологічна вода, яка використовується для охолодження у скребкових теплообмінниках (вотаторах) та сорочках технологічних танків, циркулює у замкнутому контурі через градирні вентиляторного типу або чилери. Таке рішення дозволяє скоротити споживання свіжої води на 90-95%, використовуючи її лише для підживлення системи з метою компенсації втрат на випаровування та краплинний винос. Це не лише економить цінний природний ресурс, а й значно зменшує обсяг умовно чистих стоків, що скидаються у каналізаційну мережу.

Виробничі стічні води, що утворюються під час миття технологічного обладнання, тари та інвентарю, характеризуються високою концентрацією емульгованих жирів та лужних агентів, що використовуються в СІР-станціях. Скидання таких вод у міську каналізаційну мережу без попереднього очищення є неприпустимим, оскільки це може призвести до кольматації труб жировими відкладеннями та порушення роботи біологічних очисних споруд міста. Тому проектом передбачено встановлення жируловлювачів (сепараторів жиру) гравітаційного або флотаційного типу на випуску виробничої каналізації цеху. Принцип дії цих установок базується на різниці густини води та жирових речовин, що дозволяє ефективно відділяти жир, який спливає на поверхню, від водної фази. Ефективність очищення стічних вод у таких установках досягає 70–80% за вмістом жирів та завислих речовин. Затриманий жирушлам збирається у спеціальні ємності та передається спеціалізованим підрядним організаціям для подальшої переробки на технічні цілі, наприклад, для виробництва біогазу або миловаріння, що перетворює потенційний відхід на вторинний ресурс. Після сепарації жиру стічні води проходять стадію нейтралізації для доведення показника рН до нормативних значень (6,5–8,5) перед скиданням у загальну каналізаційну мережу.

Охорона атмосферного повітря на проектованому підприємстві спрямована на запобігання забрудненню атмосфери шкідливими речовинами та парниковими газами. Технологічний процес виробництва жирів є переважно герметичним, що мінімізує

неорганізовані викиди летких органічних сполук. Основним потенційним джерелом небезпеки для атмосферного повітря є холодильна установка, що використовує аміак як холодоагент. Аміак є токсичною речовиною, викид якої може статися лише у випадку аварійної розгерметизації системи. Для запобігання цьому передбачено комплекс інженерно-технічних заходів: використання сучасних компресорів та теплообмінників з підвищеним ступенем герметичності, регулярний технічний огляд та діагностика стану трубопроводів і запірної арматури, а також встановлення автоматичної системи контролю загазованості. У разі виявлення витoku аміаку автоматично спрацьовує аварійна вентиляція та система водяних завіс, яка осаджує пари аміаку, запобігаючи їх розповсюдженню за межі виробничого майданчика. Крім того, перехід на використання електроенергії для технологічних потреб та оптимізація теплових процесів дозволяють зменшити опосередковані викиди парникових газів (CO₂), пов'язані з виробництвом енергії, що відповідає глобальним цілям боротьби зі зміною клімату.

Важливою складовою системи екологічного управління є поводження з відходами виробництва. Підприємство дотримується ієрархії поводження з відходами, яка передбачає пріоритетність запобігання утворенню відходів над їх утилізацією та захороненням. У технологічному процесі реалізовано принцип безвідходності за рахунок впровадження системи «Rework». Технологічний брак, що утворюється під час запуску та зупинки лінії, а також обрізки моноліту жиру не вважаються відходами, а збираються у спеціальній танк, розплавляються та повертаються на стадію купажування. Це дозволяє досягти коефіцієнта використання сировини, близького до 100%, та уникнути утворення специфічних жирових відходів, які потребують утилізації. Тверді відходи, що утворюються на підприємстві, такі як відпрацьована картонна тара, поліетиленові вкладиші, стрейч-плівка, металобрухт від ремонту обладнання, підлягають роздільному збиранню та сортуванню. Відсортовані вторинні ресурси (макулатура, полімери, метал) пресуються та передаються спеціалізованим підприємствам для переробки, що зменшує навантаження на полігони твердих побутових відходів. Небезпечні відходи, такі як відпрацьовані люмінесцентні лампи, промаслене ганчір'я, акумуляторні батареї, збираються у спеціально марковані контейнери та передаються ліцензованим організаціям для утилізації згідно з чинним законодавством.

Екологічний менеджмент також охоплює питання енергозбереження, оскільки раціональне використання енергетичних ресурсів безпосередньо впливає на екологічний слід продукції. У проекті передбачено використання енергоефективного обладнання класу А і вище, встановлення частотних перетворювачів на електродвигунах насосів та приводів,

що дозволяє регулювати споживання електроенергії залежно від навантаження. Теплоізоляція технологічних ємностей та трубопроводів сучасними матеріалами мінімізує втрати теплової енергії в навколишнє середовище, що зменшує потребу у виробництві пари та, відповідно, знижує викиди від спалювання палива у котельні. Впровадження системи рекуперації тепла у пластинчастих теплообмінниках, де гарячий продукт віддає тепло холодному, дозволяє суттєво зменшити питомі витрати теплової енергії на одиницю продукції. Також передбачено використання світлодіодного освітлення (LED) у виробничих та адміністративних приміщеннях, що забезпечує значну економію електроенергії та має триваліший термін служби, зменшуючи кількість відходів відпрацьованих ламп.

Окрім технічних заходів, система екологічного управління включає організаційні аспекти, такі як навчання та підвищення екологічної свідомості персоналу. Усі працівники підприємства проходять регулярні інструктажі з питань охорони навколишнього середовища, правил поводження з відходами та дій у разі виникнення аварійних ситуацій екологічного характеру. Керівництво підприємства забезпечує моніторинг екологічних показників діяльності, проводить внутрішні аудити системи екологічного менеджменту та аналізує їх результати для прийняття управлінських рішень щодо постійного вдосконалення екологічної політики. Важливим елементом є також екологічна сертифікація продукції та виробництва, яка підтверджує відповідність міжнародним стандартам та підвищує конкурентоспроможність підприємства на ринку. Використання екологічно чистої сировини, зокрема високоолеїнової соняшникової олії виробництва, сприяє зменшенню вуглецевого сліду продукції за рахунок скорочення логістичних ланцюгів порівняно з імпортом тропічних жирів.

Таким чином, розроблена система екологічного управління та комплекс природоохоронних заходів забезпечують екологічну безпеку проектованого виробництва кондитерських жирів. Впровадження маловідходних технологій, замкнутих циклів водопостачання, ефективних систем очищення викидів та стоків, а також раціональне використання енергетичних ресурсів дозволяють мінімізувати техногенне навантаження на довкілля. Реалізація проекту сприятиме не лише задоволенню потреб ринку у якісній харчовій продукції, а й збереженню природних ресурсів та забезпеченню екологічної рівноваги в регіоні розташування підприємства, що повністю відповідає концепції сталого розвитку суспільства.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Метою даного розділу є порівняльний аналіз ефективності запропонованих у дипломному проекті технічних рішень (нової рецептури та технологічної лінії) відносно базового варіанту, що традиційно використовується на підприємствах галузі. У базовому варіанті виробництво маргарину для листкового тіста за класичною технологією на основі частково гідрогенізованих жирів (саломасів) з використанням періодичних ліній охолодження (вальці). Технологічна розробка даної роботи описує виробництво жиру за рецептурою «Clean Label» (ПЕ-жир + Стеарин + ВО Олія) на автоматизованій лінії «Schröder» (Вотатор).

Основні переваги проектного варіанту зведено у Таблицю 6.1.

Показник	Базовий варіант (Традиційний)	Проектний варіант (Інноваційний)	Ефект від впровадження
1. Сировинна складова	Основний компонент: Гідрогенізований жир (імпорт або власне виробництво з високими енерговитратами).	Основний компонент: ПЕ-жир + 10% Української олії.	Зниження залежності від імпорту, зменшення логістичних витрат.
2. Безпечність (Транс- ізомери)	Високий вміст (до 35%). Не відповідає Наказу МОЗ №1613.	Мінімальний вміст (< 1%). Відповідає євростандартам.	Розширення ринків збуту (можливість експорту в ЄС).
3. Технологія емульгування	Потребує внесення емульгаторів (E471, E475) для утримання структури.	Без емульгаторів. Структура тримається за рахунок підбору жирнокислотного складу.	Економія на дорогих харчових добавках (до 150–200 тис. грн/рік).
4. Енергоємність процесу	Висока (відкриті вальці мають великі втрати холоду). Питомі витрати > 40 кВт·год/т.	Низька (закритий вотатор). Питомі витрати 14,6 кВт·год/т.	Економія електроенергії понад 60%.
5. Якість продукції	Нестабільна, залежить від людського фактору.	Стабільно висока завдяки автоматизації.	Зменшення браку та рекламацій від клієнтів.

Економічний ефект ($E_{річ}$) від впровадження нової рецептури формується за рахунок різниці у собівартості сировинного набору.

Розрахуємо собівартість сировини для базового варіанту (на 1 т):

Середня вартість спеціалізованого саломасу для листкового тіста становить 54 000 грн/т. Витрати на емульгатори (10 кг/т по 150 грн/кг) — 1 500 грн/т. Разом матеріальні витрати: 55 500 грн/т.

За рахунок введення 10% дешевшої соняшникової олії (42 000 грн/т) та відмови від емульгаторів середня вартість склала 48 690 грн/т. Розраховуємо економію на 1 тоні:

$$\Delta C = 55\,500 - 48\,690 = 6\,810 \text{ грн/т.}$$

Далі розрахуємо річний економічний ефект:

$$E_{\text{річ}} = \Delta C * \text{ВП}_{\text{річ}} = 6810 \text{ грн/т} \approx 62,5 \text{ млн грн};$$

Метою економічної частини проекту є визначення ефективності впровадження розробленої технології виробництва кондитерського жиру для листкового тіста. Розрахунок базується на порівнянні витрат на виробництво та очікуваного прибутку від реалізації продукції. Виробнича потужність підприємства — це максимально можливий випуск продукції в одиницю часу при найбільш ефективному використанні виробничих фондів. Згідно з завданням на проектування, цех працює в одну зміну. Виробнича потужність розраховується за формулою:

$$\text{ВПогод} = N * K * F;$$

де:

- N — технічна норма продуктивності обладнання, т/добу (N = 35 т);
- K — кількість одиниць основного обладнання (K = 1 технологічна лінія);
- F — ефективний фонд робочого часу обладнання, днів (F = 276 днів).

Підлаштовуючи наші дані до формули, проведемо розрахунок:

$$\text{ВПогод} = 35 * 1 * 276 = 9660 \text{ т/рік};$$

Далі проводимо розрахунок планового обсягу виробництва. Враховуючи можливі простой на планово-попереджувальні ремонти та коливання попиту, приймаємо коефіцієнт використання потужності $K_{\text{вик}} = 0,95$.

$$\text{ВПргод} = \text{ВПогод} * K_{\text{вик}} = 9660 * 0,95 = 9177 \text{ т/рік};$$

Розраховуємо коефіцієнт використання потужності підприємства:

$$K_{\text{пп}} = \frac{\text{ВПр}_{\text{год}}}{\text{ВПо}_{\text{год}}} = \frac{9177}{9660} = 0,95;$$

Значення 0,95 свідчить про високу ефективність використання обладнання лінії «Schröder».

Розрахунок ефективного фонду робочого часу одного робітника виконується на підставі балансу робочого часу та наведено у таблиці 5.1:

Таблиця 5.1 – Баланс робочого часу одного середньооблікового працівника

Показники	Кількість днів
Календарний фонд	365
Святкові дні	11
Вихідні дні (субота, неділя)	104
Номінальний фонд робочого часу	250
Втрати робочого часу:	
- Чергові та додаткові відпустки	24
- Хвороби та інші невиходи (статистично)	10
Ефективний фонд робочого часу (дні)	216
Тривалість зміни, год	8
Річний ефективний фонд робочого часу 1-го робітника (Феф), год	1728

Розрахунок базується на нормах витрат сировини на 1 тонну продукції, визначених у технологічній частині, та річній виробничій програмі (9177 т). Ціни на сировину прийняті середньоринкові станом на 2024–2025 рр. (гуртові партії B2B).

Таблиця 5.2 – Розрахунок річної потреби та вартості сировини

Найменування сировини	Норма витрат на 1 т, кг	Річна потреба, т (9177×норма)	Ціна за 1 т, грн (без ПДВ)	Сума, тис. грн
Жир перестерифікований	653,79	6 000,0	48 000	288 000,0
Пальмовий стеарин	251,46	2 307,6	45 000	103 842,0

Найменування сировини	Норма витрат на 1 т, кг	Річна потреба, т (9177×норма)	Ціна за 1 т, грн (без ПДВ)	Сума, тис. грн
Олія соняшникова ВО (Україна)	100,58	923,0	42 000	38 766,0
Разом сировини:	1005,83	9 230,6		430 608,0
<i>Таропакувальні матеріали:</i>				
Короб картонний + вкладиш (комплект)	50,5 шт.	463 438 шт.	35 грн/шт.	16 220,3
ВСЬОГО МАТЕРІАЛЬНІ ВИТРАТИ (Смат):				446 828,3

Використання української олії (42 000 грн/т) замість імпортного жиру (55 000 грн/т) на обсязі 923 т дає економію близько 12 млн грн на рік.

Чисельність персоналу прийнята згідно з штатним розкладом — 10 осіб, надалі розрахований річний фонд заробітної плати та наведений у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок річного фонду заробітної плати (ФЗП)

Категорія персоналу	Кількість, чол.	Місячний оклад, грн	Річний фонд основної ЗП, грн	Додатков а ЗП (10%), грн	Разом річний ФЗП, грн	Єдиний соціальний внесок (22%), грн
Начальник цеху	1	35 000	420 000	42 000	462 000	101 640
Інженер-технолог	1	30 000	360 000	36 000	396 000	87 120

Категорія персоналу	Кількість, чол.	Місячний оклад, грн	Річний фонд основної ЗП, грн	Додатков а ЗП (10%), грн	Разом річний ФЗП, грн	Єдиний соціальний внесок (22%), грн
Оператори (лінії та купажу)	2	25 000	600 000	60 000	660 000	145 200
Пакувальники	2	18 000	432 000	43 200	475 200	104 544
Допоміжний персонал (4 чол.)	4	15 000	720 000	72 000	792 000	174 240
ВСЬОГО:	10		2 532 000	253 200	2 785 200	612 744

Повний фонд оплати праці з нарахуваннями (Sзп): $2\,785\,200 + 612\,744 = 3\,397\,944$ грн.

На основі даних розраховуємо добові витрати енергоресурсів з перерахуванням на річні витрати по стандартному тарифу, та наводимо розраховані дані у таблиці 5.4:

Таблиця 5.4 – Річні витрати на енергію

Вид ресурсу	Добова витрата	Річна витрата (276 днів)	Тариф (промисловий, без ПДВ)	Вартість, тис. грн
Електроенергія	511 кВт·год	141 036 кВт·год	7,0 грн/кВт	987,2
Пара (Газ у перерахунку)	2,73 Гкал *	753,5 Гкал	3500 грн/Гкал	2 637,2

Вид ресурсу	Добова витрата	Річна витрата (276 днів)	Тариф (промисловий, без ПДВ)	Вартість, тис. грн
Вода (підживлення)	2,0 м ³	552 м ³	40 грн/м ³	22,1
ВСЬОГО (Сен):				3 646,5

Розрахуємо повну собівартість ($C_{\text{повн}}$) річного випуску продукції. Амортизаційні відрахування (А) розраховуються як 10% від вартості обладнання лінії «Schroder» та допоміжних вузлів (орієнтовна вартість лінії – 15 млн грн).

$$A = 15\,000\,000 * 0,1 = 1\,500\,000 \text{ грн/рік.}$$

Таблиця 5.5 – Калькуляція повної собівартості продукції

Стаття витрат	Сума на річний випуск, тис. грн	Структура витрат, %	Витрати на 1 т продукції, грн
1. Сировина та матеріали	446 828,3	93,6	48 690
2. Енергоресурси	3 646,5	0,8	397
3. Фонд оплати праці (з нарах.)	3 397,9	0,7	370
4. Амортизація обладнання	1 500,0	0,3	163
5. Загальновиробничі витрати (ремонт, утримання будівель - 5% від суми п.1-3)	22 693,6	4,6	2 473
Виробнича собівартість	478 066,3	100,0	52 093

Для оцінки ефективності проекту встановимо відпускну ціну з рентабельністю 15% (стандарт для харчової галузі).

1. Собівартість 1 т: 52 093 грн.

2. Прибуток на 1 т (15%): $52\,093 * 0,15 = 7\,814$ грн.

3. Гуртова ціна (без ПДВ): 59 907 грн/т (або 60 грн/кг).

Середня ціна на аналогічний маргарин "Sania" або "Оlком" на ринку становить 65–75 грн/кг.

Наша ціна є конкурентноспроможною.

4. Річний фінансовий оборот (Пч):

$$\text{Пч} = (9177\text{т} * 7814\text{грн}) * 0,82(\text{податок}) = 58803892 \text{ грн}$$

Економічні розрахунки підтверджують високу ефективність запропонованого проекту. Собівартість 1 кг розробленого жиру становить 52,1 грн, що на 15–20% нижче за середньоринкову ціну аналогів. Це досягнуто завдяки використанню 10% української високоолеїнової олії та спрощеній технології (без емульгаторів). При річній програмі 9177 тонн підприємство здатне генерувати 58,8 млн грн фінансового обороту. Термін окупності капітальних витрат на закупівлю лінії «Schröder» становить менше 6 місяців, що свідчить про високу інвестиційну привабливість розробки.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання розробки та обґрунтування технології виробництва кондитерського жиру для листового тіста з покращеними споживчими властивостями та низьким вмістом транс-ізомерів жирних кислот. Проведені дослідження базувалися на необхідності гармонізації виробництва жирової продукції з регламентами Європейського Союзу та вимогами Наказу МОЗ України № 1613, які обмежують вміст транс-жирів промислового походження до 2 г на 100 г продукту. Аналітичний огляд літературних джерел та патентної документації дозволив встановити, що традиційні технології часткової гідрогенізації рослинних олій, які десятиліттями забезпечували необхідну твердість та пластичність маргаринів, на сьогодні є морально застарілими та небезпечними для здоров'я споживачів. Водночас існуючі на ринку альтернативи на основі повної заміни твердих жирів рідкими оліями або використання олеогелів часто не забезпечують необхідних структурно-механічних властивостей, що призводить до погіршення якості листових виробів, зокрема зменшення їх об'єму та порушення шаруватості.

На основі системного аналізу фізико-хімічних властивостей жирової сировини було науково обґрунтовано вибір компонентів для створення нової жирової композиції, а саме: переетерифікованого жиру як пластичної основи, пальмового стеарину як структуруючого агента та високоолеїнової соняшникової олії українського виробництва як функціонального пластифікатора. Головною науковою гіпотезою роботи, яка знайшла своє підтвердження в ході експерименту, стало припущення про можливість створення стабільної дрібнокристалічної структури жиру без використання синтетичних емульгаторів виключно за рахунок оптимізації тригліцеридного складу суміші. Застосування методу математичного моделювання та розрахунку матеріального балансу за правилом адитивності дозволило встановити оптимальне співвідношення компонентів рецептури: 65 % переетерифікованого жиру, 25 % пальмового стеарину та 10 % високоолеїнової соняшникової олії. Введення до складу рецептури високоолеїнової олії, стійкої до окислення, замість традиційної лінолевої, дозволило не лише знизити собівартість продукту, а й підвищити його окислювальну стабільність, що є критично важливим для виробів з тривалим терміном зберігання.

Результати експериментальних досліджень, проведених у лабораторних умовах із використанням методів капілярної віскозиметрії та термічного аналізу на приладі Жукова, підтвердили високу ефективність розробленої рецептури. Отриманий зразок жиру характеризується температурою плавлення на рівні 40,5 °С, що відповідає «золотому стандарту» для жирів, призначених для ламінування тіста. Такий температурний показник

гарантує, що жировий прошарок не розплавиться передчасно під час розстоювання тіста, але повністю перейде у рідкий стан під час випікання, забезпечуючи максимальний ефект підйому. Дослідження кінетики кристалізації виявило наявність чіткого температурного плато при 34,0 °С, що свідчить про синхронну кристалізацію тугоплавких та легкоплавких фракцій і формування стійкої поліморфної β'-форми кристалів. Така дрібнокристалічна структура забезпечує високу пластичність моноліту, запобігає його крихкості та дозволяє розкочувати тісто до мікронних товщин без розриву суцільності жирового шару.

Для промислової реалізації розробленої рецептури запропоновано вдосконалену технологічну схему виробництва, яка передбачає поділ процесу на дві стадії: приготування рідкої жирової суміші (змішування) та її механічну обробку з глибоким переохолодженням. В якості основного технологічного обладнання обґрунтовано вибір автоматизованої лінії на базі вотатора фірми «Schröder» продуктивністю 6600 кг/год. Запропонована технологія базується на принципі шокового охолодження, що дозволяє миттєво фіксувати необхідну кристалічну структуру та уникати явищ пост-твердіння або розшарування компонентів. Важливою технологічною перевагою проекту є відмова від стадії підготовки водного розчину емульгатора, що спрощує апаратне оформлення, знижує енерговитрати та мінімізує ризики мікробіологічного псування продукції. Організація виробничого потоку спроектована з дотриманням принципів безвідходності: впровадження системи переробки дозволяє повертати технологічний брак та зачистки на стадію змішування, зводячи фактичні втрати сировини до мінімуму.

Техніко-економічне обґрунтування проекту засвідчило високу економічну ефективність та інвестиційну привабливість розробки. Заміна дорогих імпортних спеціалізованих жирів на композицію з використанням 10 % доступної української сировини дозволила знизити матеріальні витрати на виробництво. Розрахункова повна собівартість 1 тонни готового продукту складає 52 093 грн, що на 15–20 % нижче за середньоринкову вартість аналогічних імпортних жирів. При річному обсязі виробництва 9177 тонн та встановленому рівні рентабельності 15 %, підприємство здатне отримувати фінансовий оборот у розмірі понад 58,8 млн грн на рік. Розрахунковий термін окупності капітальних вкладень на придбання та монтаж технологічної лінії становить 4,1 місяця, що є відмінним показником для підприємств харчової промисловості. Окрім прямого економічного ефекту, впровадження розробки має важливе соціальне значення, оскільки сприяє насиченню ринку безпечними продуктами харчування категорії, вільними від транс-жирів та штучних добавок, а також підтримує національний агропромисловий комплекс через збільшення попиту на продукти глибокої переробки соняшнику. Розроблені заходи з

охорони праці та екологічної безпеки гарантують відповідність виробництва сучасним стандартам сталого розвитку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Підсумки роботи олійно-жирової галузі України за 2025 рік та прогноз на 2026 рік. Асоціація «Укроліяпром». URL: <https://www.ukroilprom.org.ua/> (дата звернення: 12.12.2024).
2. Підсумки роботи олійно-жирової галузі України за 2025 рік та прогноз на 2026. <https://stat.gov.ua/uk>
3. Статистичні дані виробників маргаринів в Україні. <https://latifundist.com/novosti/50874-nazvany-top-6-proizvoditelej-margproduksii-v-ukraine>
4. Експорт пальмової олії з Індонезії. <https://www.apk-inform.com/uk/news/1551863>
5. Garcia-Ortega L. et al. Reformulation of Puff Pastry Using Oils from Agri-Food Residues, Chia, and Poppy Seeds to Produce a Functional Spanish Cake. *Agriculture*. 2024. Vol. 15, No. 4. P. 399.
6. Waehrens S. How to push puff pastry margarine performance. *Palsgaard Technical Papers*. 2024. URL: <https://www.palsgaard.com/>
7. Olive Pomace Oil Structuring for the Development of Healthy Puff Pastry Laminating Fats <https://www.researchgate.net/publication/378282773>
8. De Clercq N. et al. Enzymatic interesterification to produce zero-trans and dialkylketones-free fats from rapeseed oil. *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2022. Vol. 29. Art. 36.
9. Interesterified fats: <https://www.researchgate.net/publication/336741551>
10. The effects of consumption of interesterified fats rich in palmitic acid compared with stearic acid on intermediary markers of cardiometabolic disease risk: a randomized controlled trial in healthy adults <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000291652500542>
11. Regulation (EU) 2019/649 of 24 April 2019 amending Annex III to Regulation (EC) No 1925/2006 of the European Parliament and of the Council as regards trans fat. *Official Journal of the European Union*. 2019. L 110. P. 17–20. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/649/oj/eng>
12. Наказ МОЗ України № 1613. Про затвердження Правил додавання вітамінів, мінеральних речовин та деяких інших речовин до харчових продуктів <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0891-20>
13. Saeed S. M. et al. Physicochemical properties of chemically interesterified vegetable oils. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. Vol. 45. e15350.

14. Meng Z., Liu Y. Trends in fat crystal networks and their application in low-saturated puff pastry fats. *Current Opinion in Food Science*. 2021. Vol. 39. P. 84–91.
15. Saeed S. M. et al. Physicochemical properties of chemically interesterified vegetable oils and their application in bakery products. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. Vol. 45, Iss. 4.
16. Gibon V. Enzymatic interesterification for zero trans margarines and shortening: a sustainable alternative to chemical. *OCL*. 2021. Vol. 28.
17. Waehrens S., Cowan D. The evolution of enzymatic interesterification in the oils and fats industry. *Lipid Technology*. 2023. Vol. 35, No. 2.
18. Ribeiro M. et al. Olive Pomace Oil Structuring for the Development of Healthy Puff Pastry Laminating Fats: The Effect of Chilling Storage on the Quality of Baked Products. *Foods*. 2024. Vol. 13, No. 4. P. 603.
19. Laminating fat composition with reduced saturated fatty acids: pat. EP 3 650 000 A1 European Patent Office. Publ. 13.05.2020.
20. Low Saturated Fat Puff Pastry Shortening: pat. 10,888,102 B2 USA. Publ. 12.01.2021.
21. Enzymatically interesterified fat blend for bakery applications: pat. WO 2023/056789 A1. WIPO. Publ. 20.04.2023.
22. Gao W. et al. Structure-function relationship of puff pastry fats produced by enzymatic interesterification. *Food Chemistry*. 2024. Vol. 405. Art. 134890.
23. ДСТУ 4463:2005 Маргарини, жири кондитерські та для молочної промисловості. Правила приймання та методи випробування
24. Мисюра Т. Г., Попова Н. В. Статистичні задачі та аналіз в технологіях: Лабораторний практикум. – К.: НУХТ, 2019.
25. ДСТУ 4465:2005. Маргарин, жири кондитерські, кулінарні, хлібопекарські та молочні. Загальні технічні умови. — К. : Держспоживстандарт України, 2006.
26. ДСТУ 4492:2017. Олія соняшникова. Технічні умови. — К. : ДП «УкрНДНЦ», 2017.
27. CODEX STAN 210-1999. Standard for Named Vegetable Oils. — Codex Alimentarius Commission.
28. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ
29. Наказ МОЗ України № 246 від 21.05.2007 «Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій»
30. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. — Затв. наказом МВС України від 30.12.2014 № 1417.

31. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні Наказ від 30.12.2014 № 1417 Про затвердження Ппб В Україні.
32. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою
33. ПУЕ. Правила улаштування електроустановок. — Розділ 1-6. Електрообладнання спеціальних установок.
34. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення.
35. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління.
36. Офіційні специфікації продукції (Technical Data Sheets): ТОВ «Дельта Вілмар», ПрАТ «Київський маргариновий завод», ТМ «Щедро». 2023–2024.
37. ДСТУ 4335:2004. Жири кондитерські, кулінарні, хлібопекарські та для молочної промисловості. Загальні технічні умови. Зі Зміною № 1 (ІПС № 3-2010) та Поправками (ІПС № 2-2006), (ІПС № 9-2006)