

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ
КАФЕДРА ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОЇ
СПРАВИ**

«Допущено до захисту»
протокол засідання кафедри
№ 7 від « 30 » січня 2026 року
Зав. кафедрою ХТГРС
д.т.н, професор _____ Олеся ПРИСС

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

СВО «Магістр»
за освітньо-професійною програмою «Індустрія здорового харчування»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»
(освітній ступень, ОПП, спеціальність)

**на тему: Удосконалення технології виробництва печива на основі
безглютенової сировини**

23ХТД. 9347410.02.26

Виконав: <u>студент</u>	<u>21 Мб ХТ групи</u>	(підпис)	Світлана ОЛЮНІНА (прізвище та ініціали)
Керівник:	<u>д.т.н. професор</u> (науковий ступінь, вчене звання)	(підпис)	Марина СЕРДЮК (прізвище та ініціали)
Консультант з ОП:	<u>к.т.н., доцент</u> (науковий ступінь, вчене звання)	(підпис)	Михайло ЗОРЯ (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>к.-с.г.н., доцент</u> (науковий ступінь, вчене звання)	(підпис)	Людмила КЮРЧЕВА (прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет агротехнологій та екології

Кафедра харчових технологій та готельно-ресторанної справи
(назва кафедри)

Ступінь вищої освіти Магістр

Галузь знань 18 «Виробництво та технології»
(шифр і назва)

Спеціальність 181 «Харчові технології»
(шифр і назва)

Освітня програма «Індустрія здорового харчування»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ХТГРС
д.т.н., професор Олеся Прісс
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 24 » жовтня 2025_р

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

СТУДЕНТУ Олюніна Світлана Леонідівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології виробництва печива на основі безглютенової сировини

керівник роботи д.т.н, професор Сердюк Марина Єгорівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Ректора університету від « 24 » жовтня 2025 р. № 573-С

2. Строк подання студентом роботи « 20 » січня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи рецептури печива, класична технологія виробництва печива

4. Перелік питань, які потрібно розробити вступ, аналітичний огляд літератури; об'єкти, методика та умови проведення досліджень; результати досліджень та їх узагальнення, технологічна частина, SWOT-аналіз впровадження удосконаленої технології, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, висновки, список літературних джерел

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв (підпис)
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	к.т.н., доцент Михайло Зоря	24.10.2025	

6. Дата видачі завдання

24 жовтня 2025**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Вступ	вересень	виконано
Аналітичний огляд літератури	жовтень	виконано
Об'єкти, методика та умови проведення досліджень	жовтень	виконано
Результати досліджень та їх узагальнення	листопад	виконано
Технологічна частина	листопад	виконано
SWOT-аналіз впровадження нової технології	грудень	виконано
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	грудень	виконано
Висновки	січень	виконано
Список використаної літератури	січень	виконано

Студент

(підпис)

Олюніна С.Л.

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Сердюк М. Є.

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Олюніна С. Л. Удосконалення технології виробництва печива на основі безглютенової сировини. – Кваліфікаційна робота. Кафедра харчових технологій та готельно-ресторанної справи. – Запоріжжя, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2026.

Текст викладено на 75 сторінках, робота містить 6 розділів, 16 таблиць, 3 рисунків, 70 літературних джерел.

Кваліфікаційну роботу присвячено розробленню та науковому обґрунтуванню удосконаленої технології виробництва безглютенового печива з використанням альтернативних видів борошна рослинного походження. У роботі досліджено можливість заміни традиційного пшеничного борошна на борошно із зеленої гречки, мигдальне, кукурудзяне, кокосове та лляне борошно, а також застосування комбінованих рецептурних систем для компенсації відсутності глютену. Розроблено декілька варіантів унікальних рецептур безглютенового печива, у тому числі шоколадного, мигдально-кукурудзяного, гречано-мигдального та кукурудзяно-кокосового типів, із використанням альтернативних підсолоджувачів і функціональних інгредієнтів. Встановлено вплив рецептурного складу та технологічних параметрів на структурно-механічні, фізико-хімічні та органолептичні показники якості готових виробів. Доведено, що поєднання безглютенових борошняних компонентів із крохмалем, кислотними регуляторами та розпушувачами забезпечує формування стабільної пористої структури, хрусткої поверхні та ніжної текстури м'якуша без погіршення споживчих властивостей. Показано можливість зниження енергетичної цінності та глікемічного навантаження готових виробів порівняно з традиційним печивом. Роведено аналіз безпеки виробництва, зокрема охорони праці, пожежної безпеки та цивільного захисту, з урахуванням специфіки кондитерських підприємств і умов воєнного стану в Україні. Результати SWOT-аналізу підтвердили технологічну керованість, економічну доцільність і перспективність впровадження удосконаленої технології безглютенового печива у закладах харчової промисловості та ресторанного господарства.

Ключові слова: безглютенове печиво, альтернативні види борошна, зелена гречка, мигдальне борошно, кукурудзяне борошно, кокосове борошно, технологія харчових продуктів.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ЩОДО ВИРОБНИЦТВА БЕЗГЛЮТЕНОВИХ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ	10
1.1. Стан та перспективи розвитку ринку безглютенових кондитерських виробів	10
1.2. Сировинна база для виробництва безглютенового печива та її харчова цінність.....	12
1.3. Технологічні особливості формування структури безглютенового печива	13
1.4. Сучасні підходи до підвищення харчової цінності та якості безглютенового печива	14
Висновки до розділу 1.....	17
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	19
2.1. Програма досліджень та схема експерименту.....	19
2.2. Об'єкти та матеріали досліджень	23
2.3. Методика проведення досліджень якості безглютенового печива	26
Висновки до розділу 2.....	28
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ УЗАГАЛЬНЕННЯ	30
3.1. Дослідження фізико-хімічних показників безглютенового печива за удосконаленою технологією	30
3.2. Аналіз структурно-механічних властивостей безглютенового печива	32
3.3. Оцінка органолептичних показників якості безглютенового печива.....	34
3.4. Визначення харчової та енергетичної цінності безглютенового печива.....	36
3.5 Порівняльна характеристика контрольних та дослідних зразків печива	37
Висновки до розділу 3.....	39

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	41
4.1. Класична технологія виробництва борошняного печива.....	41
4.2. Удосконалена технологія виробництва безглютенового печива	42
Висновки до розділу 4.....	44
РОЗДІЛ 5. SWOT-АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧИВА	45
Висновки до розділу 5.....	54
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯ 55	55
6.1. Нормативно-правова база з охорони праці на підприємствах кондитерської промисловості	55
6.2. Вимоги до виробничих приміщень та обладнання при виготовленні печива .	57
6.3. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	58
6.4. Заходи щодо оптимізації умов праці та підвищення безпеки виробництва	61
6.5. Засоби індивідуального захисту працівників	62
6.6. Пожежна безпека та заходи цивільного захисту в надзвичайних ситуаціях ...	64
Висновки до розділу 6.....	66
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку харчових технологій пріоритетним напрямом є створення продуктів спеціального та дієтичного призначення, орієнтованих на збереження здоров'я населення, профілактику аліментарно залежних захворювань та задоволення потреб споживачів із харчовими обмеженнями. Однією з найбільш актуальних проблем сучасного харчування залишається непереносимість глютену, яка охоплює як хворих на целиакію, так і осіб із нецелиакійною глютенною чутливістю. За даними Всесвітньої гастроентерологічної організації, поширеність целиакиї у світі становить близько 1 % населення, тоді як кількість споживачів, які свідомо обмежують глютен у раціоні, щорічно зростає на 7–10 % [1].

Безглютенові продукти розглядаються не лише як лікувально-профілактичні, а й як елемент раціонального харчування, що відповідає сучасним концепціям clean label, мінімальної переробки та використання рослинної сировини з підвищеною харчовою щільністю. Особливе місце серед таких продуктів займають борошняні кондитерські вироби, зокрема печиво, яке є популярним снековим продуктом масового споживання та зручним об'єктом для технологічних удосконалень [2].

Традиційні рецептури печива базуються на пшеничному борошні, що є основним джерелом глютену, а також характеризуються високим вмістом рафінованих вуглеводів і відносно низькою біологічною цінністю. Водночас використання альтернативних видів безглютенової рослинної сировини – борошна зеленої гречки, кукурудзи, мигдалю, кокосу, насіння льону – дозволяє не лише усунути глютен, а й суттєво підвищити вміст харчових волокон, рослинного білка, мінеральних речовин і біологічно активних сполук [3].

Світовий ринок безглютенових продуктів демонструє стабільну динаміку зростання: за аналітичними оцінками, у 2024 році його обсяг перевищив 7,5 млрд дол. США, а середньорічний темп зростання до 2030 року прогнозується на рівні 8–9 %. Сегмент безглютенового печива є одним із найбільш динамічних, що зумовлено поєднанням зручності споживання та можливістю формування продуктів із заданими функціональними властивостями [4].

Разом із тим технологія безглютенового печива характеризується низкою специфічних проблем, пов'язаних із відсутністю клейковинного каркаса, який у традиційному тісті забезпечує структурну цілісність, еластичність і формостійкість виробів [5, 6].

У зв'язку з наведеним розроблення та наукове обґрунтування удосконаленої технології виробництва безглютенового печива з використанням альтернативної рослинної сировини є актуальним науково-практичним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано в рамках науково-дослідної програми «Розроблення інноваційних технологій харчової та кулінарної продукції» (ДР № 0121U110200).

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є удосконалення технології виробництва безглютенового печива з використанням альтернативних видів борошна та рослинних інгредієнтів з метою покращення його структурно-механічних, органолептичних і харчових характеристик.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань:

- проаналізувати сучасний стан і тенденції розвитку ринку безглютенових борошняних кондитерських виробів;
- узагальнити наукові дані щодо властивостей безглютенових видів борошна та їх впливу на структуру тіста й готових виробів;
- обґрунтувати вибір рослинної сировини для розроблення рецептур безглютенового печива;
- дослідити вплив рецептурних чинників на фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні показники печива;
- оцінити харчову та енергетичну цінність розроблених зразків;
- розробити удосконалену технологічну схему виробництва безглютенового печива;
- провести SWOT-аналіз можливості впровадження розробленої технології;
- проаналізувати вимоги з охорони праці та безпеки у виробництві безглютенового печива.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва безглютенового печива.

Предмет дослідження – закономірності формування якості, структури та споживчих властивостей безглютенового печива залежно від виду та співвідношення рослинної сировини і технологічних параметрів виробництва.

Наукова новизна роботи полягає у науковому обґрунтуванні та експериментальному підтвердженні доцільності використання комбінованої безглютенової рослинної сировини у технології печива. Встановлено вплив складу борошняної суміші та допоміжних рослинних інгредієнтів на структурно-механічні, фізико-хімічні й органолептичні характеристики готових виробів та визначено раціональні параметри технологічного процесу.

Практичне значення роботи полягає у розробленні удосконаленої технології виробництва безглютенового печива, яка може бути впроваджена на підприємствах харчової промисловості та закладах ресторанного господарства. Отримані результати можуть бути використані у навчальному процесі при підготовці фахівців зі спеціальності «Харчові технології».

Методи дослідження: У кваліфікаційній роботі застосовано комплекс теоретичних, експериментальних, аналітичних і розрахункових методів, що забезпечили об'єктивну оцінку ефективності удосконаленої технології виробництва безглютенового печива та достовірність отриманих результатів. Теоретичні методи включали аналіз, систематизацію й узагальнення наукових джерел і нормативної документації з питань безглютенових технологій, що дало змогу обґрунтувати напрями дослідження та вибір рецептурних і технологічних рішень. Експериментальні дослідження проводили в лабораторних умовах шляхом виготовлення контрольних і дослідних зразків за класичною та удосконаленою технологіями з варіюванням складу сировини й режимів обробки для визначення їх впливу на якість продукції. Фізико-хімічні показники (вологість, кислотність, вміст сухих речовин, енергетична цінність) визначали за стандартними методиками. Структурно-механічні властивості оцінювали за показниками щільності, крихкості та формостійкості. Органолептичну оцінку здійснювали дегустаційним методом за бальною шкалою. Харчову та енергетичну цінність розраховували на основі складу сировини й рецептури. Обробку результатів проводили методами математичної статистики з визначенням середніх значень і відхилень, що забезпечило надійність і відтворюваність даних.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Стан та перспективи розвитку ринку безглютенкових кондитерських виробів

У сучасних умовах трансформації харчових систем зростає попит на продукти спеціального та оздоровчого призначення, серед яких важливе місце займають безглютенкові харчові вироби. За даними міжнародних епідеміологічних досліджень, поширеність целиакії у світі становить у середньому 0,8–1,2 % населення, тоді як частка осіб із нецелиакійною глютенною чутливістю, за різними оцінками, сягає 5–7 %. Окрім медичних показань, спостерігається зростання кількості споживачів, які добровільно обирають безглютенову дієту як елемент здорового способу життя [7].

Аналітичні огляди продовольчих ринків свідчать, що світовий ринок безглютенкових продуктів у 2024 році перевищив 7–8 млрд дол. США, а середньорічний темп його зростання прогнозується на рівні 8–10 %. У структурі цього ринку безглютенові борошняні кондитерські вироби займають близько 25–30 %, з яких найбільшу частку становить печиво.

Науковці (Fasano, Catassi, Gobetti, Arendt та ін.) зазначають, що ключовими проблемами промислових безглютенкових виробів залишаються: низька харчова цінність; надмірний вміст крохмалю та цукрів; незадовільні органолептичні характеристики; крихка або суха структура [8].

У світі останні п'ять років спостерігається значне збільшення наукового інтересу до безглютенкових продуктів, їхнього складу, технології виготовлення та функціональних властивостей. Одним із найцитованіших оглядів є робота Arif M. R. [9], у якій проаналізовано стратегічні підходи до створення безглютенкових хлібобулочних і печивних виробів із низьким глікемічним індексом.

Автори узагальнюють дані щодо застосування альтернативних видів борошна, покращувачів текстури та харчових волокон.

У дослідженні Stoin D. [10] детально розглянуто сучасні формули безглютенкових бісквітів і печива, включно з використанням нетрадиційних зерен, псевдозлаків, насіння й бобових, що дає змогу підвищити поживну цінність і сенсорну привабливість готових виробів. Тут автори підкреслюють важливість взаємодії між компонентами, що впливають на реологію тіста, – наприклад, між білками гороху та крохмалем кукурудзи.

Актуальна наукова дискусія зосереджена на оптимізації структури тіста без глютену: як досягти пористої, стабільної структури, що не розсипається, при відсутності глютенкових білків. Живильна цінність, зокрема клітковина, білки, ненасичені жирні кислоти, антиоксиданти, стає важливою метою технологічних рішень. Багато праць відзначають, що комбінація рослинних білків та крохмалистих компонентів із функціональними волокнами покращує якість виробів і дозволяє скоротити кількість доданих стабілізаторів та емульгаторів [11].

Дослідження Чорної Н. та Полятикіної Ю. [12] присвячене порівнянню харчових властивостей безглютенкових борошен зернових і псевдозлакових культур. Це дозволяє розуміти, які види сировини найкраще поєднувати у рецептурах для досягнення оптимального поживного профілю. Положишникова Л. О. [13] приділили увагу розширенню асортименту безглютенкових мучних кондитерських виробів, зокрема печива, із застосуванням функціональних добавок. Результати показали, що введення волокнистих компонентів і білкових концентратів дає змогу підвищити харчову цінність без зниження споживчих властивостей [14].

У зв'язку з цим сучасні дослідження орієнтовані не лише на елімінацію глютену, а й на формування продуктів нового покоління, які поєднують функціональні властивості, привабливі сенсорні показники та підвищену біологічну цінність. Перспективним напрямом є використання комбінованих безглютенкових рецептур на основі псевдозернових, горіхових і волокнистих рослинних інгредієнтів.

1.2. Сировинна база для виробництва безглютенового печива та її харчова цінність

Ola E., Hogan V. J., Seo H.-S. [15] у своїй роботі зосередили увагу на чуттєвому сприйнятті безглютенових і традиційних печив, доводячи, що багато споживачів фокусуються на текстурі та смакових відчуттях, навіть якщо хімічний склад продуктів подібний. Важливий внесок зробили Gasparre N., Pasqualone A. [16], які вивчать харчову якість безглютенових виробів із низьким вмістом вуглеводів, зокрема тих, що позиціонуються як "кетогенічні". Ця робота підкреслює необхідність балансування макронутрієнтів не лише з технологічної, а й з дієтологічної точки зору.

Сировинна база безглютенового печива формується з альтернативних видів рослинної сировини, які не містять білків клейковини, проте здатні забезпечувати структурні та поживні властивості готових виробів.

Борошно із зеленої гречки є одним із найбільш досліджених псевдозернових інгредієнтів у безглютенових технологіях. За даними наукових досліджень, вміст білка у гречаному борошні становить 12–15 %, при цьому амінокислотний склад характеризується підвищеним вмістом лізину, дефіцитного у злакових культурах. Крім того, гречка містить значну кількість поліфенольних сполук і рутину, що зумовлює її антиоксидантні властивості [17].

Льняне борошно є джерелом харчових волокон, частка яких може досягати 25–30 %, а також слизоутворювальних полісахаридів. Дослідження (Cui, Wang, Muir) доводять, що введення льняного борошна в безглютенові рецептури сприяє підвищенню водоутримувальної здатності тіста на 15–20 %, що позитивно впливає на текстуру готових виробів [18].

Мигдальне борошно характеризується високим вмістом ліпідів (45–55 %), рослинного білка (18–22 %) та вітаміну Е. Його використання дозволяє формувати ніжну структуру м'якуша та збагачувати вироби есенціальними жирними кислотами [19].

Кукурудзяне борошно і кукурудзяний крохмаль широко застосовуються у безглютенових системах як структуроутворювачі. Крохмаль, що містить до 75 %

амілопектину, відіграє ключову роль у формуванні хрусткої скоринки та стабілізації структури після випікання [20].

Кокосове борошно містить до 40 % харчових волокон і має високу гігроскопічність, що дозволяє утримувати вологу у виробках та зменшувати їх схильність до пересихання [21].

Використання натуральних підсолоджувачів, зокрема стевії та меду, дає змогу знизити глікемічний індекс готових виробів на 20–35 % порівняно з традиційними рецептурами на основі сахарози [22].

1.3. Технологічні особливості формування структури безглютенового печива

Українські дослідники активно працюють над технологічними та функціональними аспектами безглютенових продуктів, Осокіна Н. М., Денисової Н. М. [23, 24] провели фундаментальні фізико-технологічні дослідження безглютенового хліба, у яких розглянуто вплив різних видів борошна на реологічні показники тіста, рівень підйому та органолептичні властивості. Це дослідження створює основу для розроблення рецептур і печива, проаналізовано ефект включення альтернативних компонентів (насіння льону) у безглютенові суміші, що дозволяє підвищити вміст білка та клітковини [25].

Однією з ключових технологічних проблем виробництва безглютенового печива є відсутність клейковинного каркаса, який у пшеничному тісті забезпечує еластичність, газотримання та формостійкість. За даними Arendt і Gallagher, у безглютенових системах структуроутворення відбувається за рахунок альтернативних механізмів.

Під час випікання безглютенового печива основними процесами є:

- желатинізація крохмалю (при 60–75 °С);
- денатурація білків яєць (при 62–70 °С);
- виділення вуглекислого газу розпушувачами;
- випаровування вологи та формування пористої структури.

Функціональні властивості безглютенових виробів були проаналізовані Nakov G. [26] для бездріжджового хліба з додаванням відходів від насіння конопель. Це дослідження відзначає значне зростання антиоксидантної активності й покращення балансу амінокислотного профілю, що важливо і для безглютенових печивних продуктів.

Використання органічних кислот, зокрема лимонного соку, забезпечує зниження рН тіста до 5,8–6,2, що активує хімічні розпушувачі та сприяє більш рівномірному газоутворенню. Дослідження показують, що оптимальне поєднання кислоти і розпушувача дозволяє збільшити питомий об'єм виробів на 10–18 % [27].

Льняне та кокосове борошно, завдяки високій водоутримувальній здатності, виконують функцію природних стабілізаторів, зменшуючи крихкість і підвищуючи м'якість готового печива [28 – 32]. Комбінування різних видів безглютенового борошна дозволяє регулювати співвідношення між хрусткістю скоринки та ніжністю внутрішньої структури.

1.4. Сучасні підходи до підвищення харчової цінності та якості безглютенового печива

Сучасні наукові підходи до розроблення безглютенового печива базуються на концепції функціонального харчування, яка передбачає поєднання безпечності, поживної повноцінності та високої споживчої привабливості.

Дослідження (Renzetti, Rosell, Torbica) доводять, що використання багатокomпонентних безглютенових сумішей дозволяє підвищити вміст харчових волокон у готових виробах до 6–8 г/100 г, що відповідає критеріям функціональних продуктів. Одночасно зменшується частка швидкозасвоюваних вуглеводів і підвищується вміст рослинного білка [33].

Покращення органолептичних показників досягається за рахунок використання натуральних ароматичних компонентів, органічних кислот, какао-продуктів і цедри цитрусових. Оптимізація температурних режимів випікання

(170–180 °C) дозволяє зберегти вологість м'якуша на рівні 8–12 %, що є оптимальним для печива [34].

Підвищення харчової цінності безглютенового печива у сучасних наукових дослідженнях розглядається як комплексне технологічне завдання, що виходить за межі простого вилучення пшеничного борошна з рецептури. Відсутність глютену зумовлює суттєві зміни у структуроутворенні тіста, реологічній поведінці напівфабрикату та текстурі готового виробу, оскільки саме глютенний каркас у традиційних борошняних виробках забезпечує зв'язування компонентів, газоутримувальну здатність і характерну крихко-пористу структуру. Тому розроблення безглютенових продуктів потребує поєднання функціонально-технологічних інгредієнтів, що компенсують відсутність клейковини, із компонентами, здатними підвищити біологічну цінність та фізіологічну привабливість продукції [35].

Аналіз літературних джерел дозволяє виокремити кілька основних напрямів удосконалення рецептур безглютенового печива. Перший напрям пов'язаний із використанням альтернативних видів борошна та крохмалів – рисового, кукурудзяного, гречаного, амарантового, соргового, кіноа, а також їх композицій. Такі сировинні компоненти відрізняються за вмістом білків, харчових волокон, мінеральних речовин і біоактивних сполук, що дає можливість цілеспрямовано формувати підвищену поживну цінність виробів. Другий напрям ґрунтується на введенні білкових і волокнистих інгредієнтів рослинного походження (концентратів горохового, рисового, соєвого білка, інуліну, псиліуму, клітковини фруктів та овочів), які виконують роль структуроутворювачів і одночасно збагачують продукт незамінними нутрієнтами. Третій напрям передбачає застосування гідроколоїдів та емульгаторів для моделювання властивостей глютенної сітки і стабілізації текстури [36, 37].

Особливе місце у підвищенні якості безглютенового печива займає використання сумішей борошна з різними функціональними характеристиками. Дослідження показують, що поєднання рисового або кукурудзяного борошна з гречаним, амарантовим чи борошном кіноа дозволяє суттєво підвищити вміст

повноцінного білка, заліза, магнію та антиоксидантів, а також покращити колір і смак виробів [38]. Водночас надмірна частка борошна з високим умістом клітковини може призводити до підвищення крихкості, зниження об'єму та надмірної сухості, що зумовлює необхідність оптимізації співвідношення компонентів.

Важливим технологічним інструментом є застосування гідроколоїдів – ксантанової та гуарової камеді, гідроксипропілметилцелюлози, пектину, альгінатів. Ці речовини здатні утворювати в'язко-еластичні системи, що імітують функції глютену, покращують водозв'язувальну здатність тіста, зменшують крихкість і сповільнюють черствіння готового печива. Наукові публікації підтверджують, що комбіноване використання камедей із білковими концентратами забезпечує більш стабільну пористу структуру та підвищує сенсорну прийнятність продукції [39, 40].

Перспективним напрямом є збагачення безглютенового печива функціональними інгредієнтами – пребіотичними волокнами, рослинними білками, порошками ягід, насінням льону та чіа, продуктами переробки олійних культур. Такі добавки не лише підвищують вміст харчових волокон, поліненасичених жирних кислот, вітамінів і поліфенолів, а й впливають на антиоксидантні властивості виробів, знижують їх глікемічний індекс і розширюють функціональне призначення продукту [41]. Однак їх введення часто супроводжується зміною кольору, появою специфічного присмаку та підвищенням водопоглинання тіста, що потребує корекції рецептури за вмістом жиру та рідини.

З технологічної точки зору ключовими проблемами безглютенового печива залишаються недостатня зв'язність тіста, підвищена крихкість, швидке черствіння та обмежена сенсорна привабливість. Для їх подолання використовують комбінування жирових систем із емульгаторами, ферментні препарати, а також методи попередньої обробки сировини – екструзію, ферментацію, пророщування зерна. Такі підходи сприяють покращенню реологічних властивостей, підвищенню біодоступності поживних речовин і формуванню більш гармонійного смако-ароматичного профілю [42].

З позицій безпечності та збереженості важливим є контроль вологості та активності води у безглютенових виробках. Високий уміст крохмалів і відсутність

глютенowego каркасу підвищують ризик міграції вологи та втрати хрусткості під час зберігання. Тому до рецептур вводять вологоутримувальні компоненти, антиоксиданти природного походження, оптимізують режим випікання та пакування, що дозволяє подовжити строки придатності без погіршення якості [43, 44].

Отже, сучасні підходи до підвищення харчової цінності та якості безглютенового печива базуються на інтегрованому рецептурно-технологічному принципі. Він поєднує раціональний підбір альтернативних видів борошна, використання білкових і волокнистих збагачувачів, застосування гідроколоїдів для моделювання структури, а також функціональне збагачення біологічно активними інгредієнтами. Лише комплексне врахування цих чинників дозволяє отримати продукт із високою поживною цінністю, належними споживчими властивостями та стабільною якістю [45].

Таким чином, удосконалення технології безглютенового печива шляхом комбінування альтернативної рослинної сировини та оптимізації технологічних параметрів є науково обґрунтованим і перспективним напрямом.

Висновки до розділу 1

Аналіз сучасних наукових джерел показав, що ринок безглютенових кондитерських виробів характеризується динамічним зростанням і потребує впровадження інноваційних технологічних рішень. Безглютенове печиво є перспективним об'єктом для розроблення продуктів із підвищеною харчовою цінністю та покращеними структурно-механічними властивостями.

1. Встановлено, що більшість промислових безглютенових кондитерських виробів характеризується недостатньою харчовою та біологічною цінністю через домінування очищених крохмалів і обмежене використання функціонально цінної рослинної сировини.
2. Обґрунтовано доцільність використання багатокomпонентної сировинної бази (борошно зеленої гречки, льняне, мигдальне, кукурудзяне та кокосове

- борошно) для виробництва безглютенового печива з підвищеним вмістом білків, харчових волокон, мінеральних речовин і біологічно активних сполук.
3. Визначено, що формування структури безглютенового печива відбувається за рахунок взаємодії крохмалів, білкових компонентів, харчових волокон і гідроколоїдних систем, а також процесів желатинізації, денатурації та газоутворення, що замінюють функції глютенного каркаса.
 4. Встановлено роль органічних кислот і розпушувачів у регулюванні пористості та питомого об'єму безглютенового печива, а також їх вплив на стабілізацію структурно-механічних властивостей тіста та готових виробів.
 5. Узагальнено сучасні наукові підходи до підвищення харчової цінності та якості безглютенового печива, які ґрунтуються на зниженні вмісту рафінованого цукру, застосуванні натуральних підсолоджувачів і функціональних інгредієнтів, а також оптимізації технологічних режимів виробництва.
 6. Зроблено висновок, що результати аналітичного огляду створюють науково обґрунтовану основу для проведення експериментальних досліджень, спрямованих на розроблення та удосконалення рецептур і технології виробництва безглютенового печива з покращеними споживчими властивостями.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма досліджень та схема дослідів

Робота присвячена удосконалення рецептур безглютенового печива з використанням різних видів альтернативного борошна й смако-ароматичних компонентів для отримання виробів з підвищеною харчовою цінністю та належними споживчими властивостями. Передбачається, що поєднання гречаного, льняного, кукурудзяного та мигдального борошна з натуральними наповнювачами (шоколад, мед, лимонний сік) дозволить сформувати стабільну структуру тіста без застосування пшеничної клейковини та забезпечити привабливі органолептичні характеристики [46-52].

Об'єктами дослідження були дослідні зразки безглютенового печива чотирьох рецептурних напрямів:

- ✓ шоколадне з зеленим гречаним та льняним борошном;
- ✓ мигдально-кукурудзяне з білим шоколадом та лимонним соком;
- ✓ гречано-мигдальне з лимонним ароматом;
- ✓ кукурудзяно-кокосове з темним шоколадом та медом.

Предметом дослідження є вплив складу борошняної основи та смакових компонентів на фізико-хімічні, структурно-механічні й органолептичні показники якості печива.

Програма досліджень передбачала послідовне виконання таких етапів (рис. 2.1):

- ✓ аналіз літературних даних щодо технології безглютенових борошняних виробів;
- ✓ розроблення рецептур дослідних зразків;
- ✓ приготування тіста та випікання печива;
- ✓ визначення показників якості;
- ✓ порівняльну оцінку та вибір оптимальних варіантів.

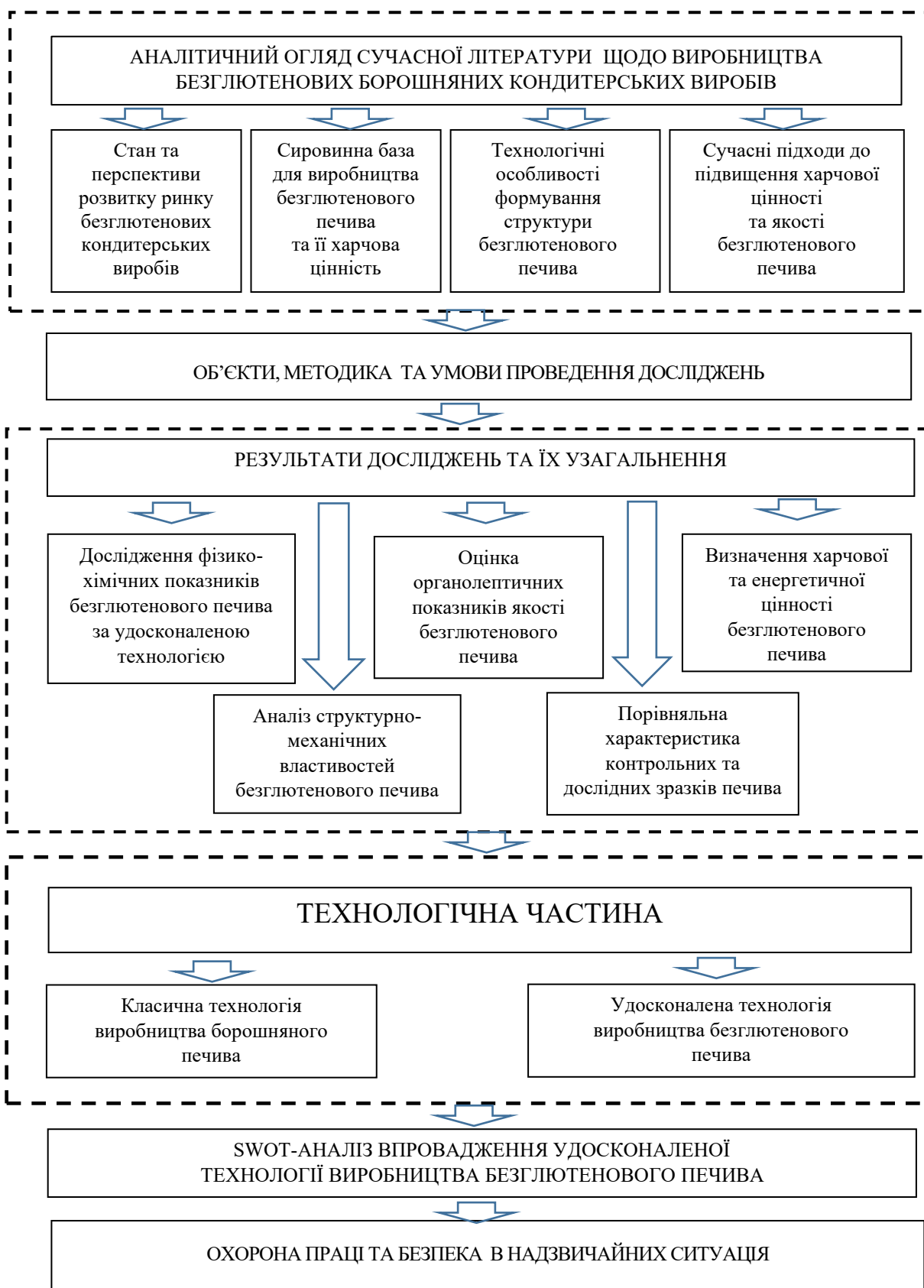


Рис. 2.1. Програма досліджень при розробленні безглютенового печива різних рецептур

Розроблення рецептур безглютенового печива з різними видами борошна та частковою заміною цукру здійснювали з урахуванням необхідності одночасного контролю сенсорних властивостей, структурної стабільності та харчової цінності продукту. Для цього як керовані фактори експерименту було обрано тип борошняної суміші та склад підсолоджувача:

- фактор X_1 – тип борошняної основи: вибір борошна визначає текстуру, водозв'язувальні властивості тіста та органолептичні характеристики печива.

Було обрано чотири комбінації борошна:

- ✓ гречане + льняне – для підвищення білкової цінності та клітковини;
- ✓ кукурудзяне + мигдальне – для легшої структури та ніжного смаку;
- ✓ гречано-мигдальне – з лимонним ароматом;
- ✓ кукурудзяно-кокосове – з темним шоколадом і медом.

- фактор X_2 – підсолоджувач та частка цукру: склад вуглеводної фази визначає солодкість, крихкість, вологість та текстуру печива. Було передбачено чотири варіанти:

F1 – 100 % сахароза (контрольний варіант);

F2 – зменшення сахарози на 30 % із компенсацією інуліном;

F3 – зменшення сахарози на 30 % із заміною еритритолом;

F4 – зменшення сахарози на 50 % із використанням інуліну та стевії для корекції солодкості.

Фактори та показники дослідження (табл. 2.1)

Основним варійованим чинником виступав вид і поєднання борошна, а також тип смакових добавок. Для всіх зразків оцінювали:

- ✓ вологість готових виробів;
- ✓ коефіцієнт розтікання тіста;
- ✓ крихкість і міцність;
- ✓ колір та зовнішній вигляд;
- ✓ смак і аромат за дегустаційною шкалою.

Таблиця 2.1

Схема експериментальних зразків печива

№ зразка	Характеристика рецептури	Основна борошняна база	Додаткові компоненти
F1	Гречано-льняне шоколадне	зелене гречане + льняне	темний шоколад
F2	Мигдально-кукурудзяне	кукурудзяне + мигдальне	білий шоколад, лимонний сік
F3	Гречано-мигдальне	гречане + мигдальне	лимонний аромат
F4	Кукурудзяно-кокосове	кукурудзяне + кокосове	темний шоколад, мед

Співвідношення видів борошна в кожному варіанті становило 60:40 на користь основного компонента, що забезпечувало формування структури безглютенового тіста (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Рецептурні особливості дослідних зразків (на 1 кг тіста)

Компонент	Зразок			
	F1	F2	F3	F4
Борошно гречане, г		–	228	–
Борошно зелене гречане, г	196	–		–
Борошно льняне, г	118	–	–	–
Борошно кукурудзяне, г	–	158	–	191
Борошно мигдальне, г	–	197	159	–
Борошно кокосове, г	–	–	–	134
Крохмаль кукурудзяний, г	59	59	68	57
Какао-порошок, г	78	–	–	–
Стевія, г	78	79	91	–
Мед, г	–	–	–	96
Яйця, г	196	197	228	191
Масло вершкове, г	118	118	137	–
Олія кокосова, г	–	–	–	115
Шоколад темний, г	98	–	–	96
Шоколад білий, г	–	99	–	–
Кокосова стружка, г	–	–	–	57
Мигдаль (декор), г	–	20	–	–
Сік лимонний, г	39	59	68	48
Цедра лимона, г	–	–	5	4
Цедра апельсина, г	–	4	–	–
Кориця, г	–	–	5	–
Ванільний екстракт, г	10	–	–	–
Розпушувач, г	10	10	11	10
Сіль, г	1	1	1	1

Уніфіковані умови рецептур. Для забезпечення коректності порівняння дослідних зразків рецептури були приведені до єдиних базових параметрів (у перерахунку на 1 кг тіста): масова частка жирової основи – 18–20 %, підсолоджувача (цукор або мед) – 16–18 %, яєць – близько 10 %, розпушувача – 1,0 %, солі – 0,5 %; кількість рідини регулювали залежно від консистенції тіста.

Тісто готували шляхом послідовного змішування сухих компонентів із подальшим введенням жирowo-яєчної суміші. Формування заготовок здійснювали методом відсаджування товщиною 5–6 мм. Випікання проводили при температурі 175–180 °С протягом 10–12 хв до досягнення рівномірного забарвлення.

Оцінювання якості здійснювали через 12 год після випікання за такими напрямками: визначення вологості висушуванням; вимірювання розмірної стабільності; органолептична оцінка комісією з 5 осіб.

2.2. Об'єкти та матеріали досліджень

Об'єктами дослідження були дослідні зразки безглютенового печива різних типів: шоколадне з зеленим гречаним та льняним борошном; мигдально-кукурудзяне з білим шоколадом та лимонним соком; гречано-мигдальне з лимонним ароматом; кукурудзяно-кокосове з темним шоколадом та медом.

До складу тестових зразків входили: борошна (гречка, зелена гречка, мигдаль, кукурудза, кокос), підсолоджувачі (сахароза, стевія, еритритол, мед), яйця, вершкове масло чи кокосова олія, какао, лимонний сік, цедра та шоколад.

Хімічний склад основних видів борошна, які використовувалися у дослідних зразках безглютенового печива, представлений у таблиці 2.3. Аналіз дозволяє виокремити специфічні функціональні та харчові властивості кожного компонента, що визначають їхню роль у рецептурі.

Вміст води коливається від 3–5 % у мигдального до 12–14 % у кукурудзяного борошна. Найнижчий показник вологості у борошні кокосового та льняного типу (5–7 %) забезпечує високу концентрацію сухих речовин (93–95 %), що сприяє стабільності тіста та зменшує ризик розм'якшення печива під час зберігання.

Таблиця 2.3

Хімічний склад основних інгредієнтів безглютенового печива

Показник	Борошно зеленої гречки	Борошно гречане (звичайне)	Льняне борошно	Мигдальне борошно	Кукурудзяне борошно	Кокосове борошно
Вода, %	10–12	12–14	5–7	3–5	12–14	5–7
Сухі речовини, %	88–90	86–88	93–95	95–97	86–88	93–95
Білки, г/100 г	13–15	11–13	18–20	20–22	7–9	6–8
Жири, г/100 г	3–4	2–3	8–10	50–55	1–2	60–65
Вуглеводи, г/100 г	70–75	72–78	12–15	20–25	75–80	20–25
Харчові волокна, г/100 г	10–12	8–10	25–28	12–15	6–8	15–18
Пектини/полісахариди, г/100 г	0,5–1	0,3–0,5	1–2	1–2	0,3–0,5	0,5–1
Кальцій, мг/100 г	20–30	15–25	200–220	250–300	7–10	20–25
Магній, мг/100 г	50–60	45–55	220–250	250–280	30–35	30–35
Залізо, мг/100 г	2–3	2–3	4–5	4–5	2–3	2–3

Гречане борошно (як із зеленої, так і з пропареної крупи), мигдальне та льняне борошно характеризуються підвищеним вмістом білка (11–22 г/100 г), що є важливим фактором формування структури безглютенового тіста. Найвищий рівень білка притаманний мигдальному (20–22 г/100 г) та льняному борошну (18–20 г/100 г), тоді як борошно із зеленої гречки містить 13–15 г/100 г, а звичайне гречане – дещо менше (11–13 г/100 г), що пов'язано з попередньою термічною обробкою зерна.

За вмістом ліпідів суттєво виділяються мигдальне (50–55 г/100 г) та кокосове борошно (60–65 г/100 г), що зумовлює їх здатність покращувати пластичність тіста, формувати ніжну текстуру та сприяти утриманню вологи у виробках. Льняне борошно містить помірну кількість жиру (8–10 г/100 г), тоді як гречані та кукурудзяне борошно характеризуються низьким його вмістом (1–4 г/100 г).

Вуглеводний профіль сировини варіюється у широких межах: від 12–15 г/100 г у льняному борошні до 75–80 г/100 г у кукурудзяному. Борошно із зеленої гречки та звичайне гречане борошно містять 70–78 г/100 г вуглеводів, що забезпечує енергетичну цінність виробів та впливає на структуроутворення.

Особливої уваги заслуговує вміст харчових волокон: найвищі показники спостерігаються у льняного (25–28 г/100 г) та кокосового борошна (15–18 г/100 г). Борошно із зеленої гречки містить 10–12 г/100 г клітковини, що перевищує показники звичайного гречаного (8–10 г/100 г). Підвищений вміст харчових волокон обумовлює кращу водоутримувальну здатність тіста, зменшення крихкості та підвищення фізіологічної цінності безглютенового печива.

Вміст пектинових речовин і слизоутворювальних полісахаридів у всіх видах борошна є відносно невисоким (0,3–2 г/100 г), проте навіть такі концентрації відіграють важливу роль у стабілізації структури безглютенового тіста та покращенні текстури готового продукту.

Мигдальне та льняне борошно характеризуються високим вмістом кальцію (200–300 мг/100 г) та магнію (220–280 мг/100 г), що підвищує біологічну цінність виробів. Борошно із зеленої гречки містить 20–30 мг кальцію та 50–60 мг магнію, тоді як звичайне гречане – дещо менше. Вміст заліза у гречаному борошні (2–3 мг/100 г) є помірним, а в льняному та мигдальному – вищим (4–5 мг/100 г), що позитивно впливає на мінеральний склад безглютенових виробів.

Комбіноване використання різних видів безглютенового борошна дозволяє досягти збалансованого хімічного та нутрієнтного профілю печива. Гречане та льняне борошно забезпечують високий вміст білка і харчових волокон, сприяють формуванню міцної структури тіста та підвищенню функціональної цінності виробів. Мигдальне та кокосове борошно збагачують печиво жирами, що покращує текстуру, аромат і водозв'язувальні властивості. Кукурудзяне борошно додає легкості та крихкості, забезпечуючи бажану пористу структуру. Оптимальне поєднання цих компонентів дозволяє створити безглютенове печиво з високою

харчовою цінністю, належними органолептичними характеристиками та стабільною текстурою.

Борошна обирали за критеріями безглютеновості, високої поживної цінності та здатності утримувати вологу та забезпечувати хрусткість. Льняне борошно та інулін використовували як природні вологозв'язувачі та баластні компоненти, які знижують крихкість печива та покращують структуру.

Підсолоджувачі використовувалися як функціональні компоненти:

Еритритол – низькокалорійний, не впливає на рівень глюкози, зменшує активність води, зберігає текстуру [53];

Стевія – високосолодкий, безкалорійний компонент, який не утворює гель і потребує поєднання з вологозв'язуючими речовинами [54];

Мед – природний підсолоджувач, зберігає вологість і надає аромат [55];

Інулін – баластний наповнювач із пребіотичними властивостями, підвищує структурну стабільність безглютенових систем [56].

2.3. Методика проведення досліджень

Методика досліджень передбачала комплексний підхід до виготовлення та оцінки безглютенового печива. Всі операції виконувалися в лабораторних умовах із дотриманням стандартизованих параметрів замішування, формування, випікання та охолодження, що забезпечувало відтворюваність та достовірність результатів. Дослідження охоплювали фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні показники продукції.

Процес виготовлення печива включав підготовчий та основний етапи. На підготовчому етапі здійснювали зважування та просіювання безглютенового борошна (гречане, льняне, мигдальне, кукурудзяне, кокосове) з метою видалення сторонніх домішок та аерації. Сухі інгредієнти, включаючи кукурудзяний

крохмаль, какао-порошок, розпушувач, сіль та спеції, змішували до отримання однорідної суміші.

Рідку фазу формували шляхом збивання яєць з підсолоджувачем (стевія або мед) до піноутворення. Потім вводили жир (вершкове масло або кокосову олію), лимонний сік та ароматизатори (ванільний екстракт, цедра цитрусових). Сухі та рідкі компоненти поєднували поступово, забезпечуючи однорідність тіста. На фінальному етапі вмішували смако-ароматичні добавки (темний або білий шоколад, сушений ананас, кокосову стружку).

Формування виробів виконували вручну, надаючи тісту форму кульок діаметром 3–4 см із легким приплющенням. Заготовки розташовували на деку, вистеленому пергаментним папером, із відстанню між виробами 3–4 см для рівномірного пропікання.

Основні рецептури дослідних зразків безглютенового печива представлені див. табл. 2.2. Випікання проводили в попередньо розігрітій духовій шафі при температурі 175–180 °C протягом 12–15 хвилин. Готовність зразків визначали за появою хрусткої скоринки та стабілізацією форми. Після випікання печиво охолоджували на решітці протягом 10–15 хвилин при кімнатній температурі (20 ± 2 °C), а для стабілізації структури та рівномірного розподілу вологи витримували протягом 24 годин у сухому приміщенні при відносній вологості повітря 60–65 %. Для проведення аналізів зразки зберігали в герметичних контейнерах.

Для оцінки фізико-хімічних властивостей визначали вологість методом висушування зразків до сталої маси при 105 °C та обчислювали вміст сухих речовин. Активність води (a_w) визначали гігрометричним методом при 25 °C.

Структурно-механічні показники (міцність, крихкість, еластичність та адгезію) досліджували за допомогою текстурного аналізатора методом одноосьового та двоциклового стискання. Для хрусткості та здатності до відновлення форми визначали максимальне зусилля та деформацію при першому і другому циклах стискання.

Комплексна оцінка якості готових виробів охоплювала визначення фізико-хімічних, структурно-механічних та органолептичних показників. Вологість і вміст сухих речовин встановлювали методом висушування до сталої маси. Активність води визначали за стандартних температурних умов. Структурно-механічні характеристики (міцність, хрусткість, еластичність, адгезійні властивості) досліджували методом одноосьового та двоциклового стискання із застосуванням текстурного аналізатора.

Органолептичну оцінку проводили дегустаційним методом із використанням п'ятибальної шкали за показниками зовнішнього вигляду, кольору, аромату, смаку, консистенції та загального враження. Зразки подавали у закодованому вигляді в довільній послідовності за температури $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, що забезпечувало об'єктивність оцінювання.

Висновок до підрозділу 2

1. У підрозділі здійснено розроблення чотирьох рецептурних варіантів печива і проведено порівняльний аналіз складу безглютенових композицій. Встановлено, що варіювання видів борошна та підсолоджувачів впливає на передумови формування структури тіста, його реологічні властивості та очікувані сенсорні показники готових виробів. Частка борошняної сировини у рецептурах становить у середньому 55–65 % маси сухих компонентів, що забезпечує формування пластичного тіста навіть за відсутності клейковини.
2. Аналіз співвідношення компонентів показав, що поєднання борошна із зеленої гречки та льняного у співвідношенні 100 : 60 (близько 60 : 40 у суміші) забезпечує оптимальне поєднання структуроутворювальної здатності та вологоутримування. У варіантах із використанням мигдального борошна його частка становить близько 48–55 % борошняної композиції, що теоретично сприяє формуванню ніжної та розсипчастої структури виробів.

Підвищений вміст льняного або кокосового борошна (35–55 % суміші) обумовлює більшу гідрофільність системи та здатність тіста утримувати вологу.

3. Використання кукурудзяного крохмалю (близько 25–30 г на рецептуру) виконує структуроутворювальну функцію та сприяє формуванню хрусткої скоринки виробів. Додавання лимонного соку (20–30 мл) у поєднанні з розпушувачем створює сприятливі умови для активізації газоутворення, що повинно забезпечувати більш пористу структуру печива.
4. З урахуванням хімічного складу сировини та рецептурних співвідношень прогнозуються високі органолептичні показники виробів, зокрема поєднання хрусткої скоринки та м'якої серединки, що є характерним для печива з комбінованими безглютеновими борошніями сумішами.
5. Отже, раціональне поєднання безглютенових видів борошна у співвідношенні близько 55–60 % структуроутворювальних компонентів (гречане, мигдальне) та 40–45 % вологоутримувальних (льняне, кокосове) теоретично дозволяє сформувати стабільну структуру та належні споживчі властивості виробів без використання глютену. Отримані результати обґрунтовують доцільність подальших експериментальних досліджень і практичного застосування розроблених рецептур у технології безглютенових борошніаних кондитерських виробів.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ УЗАГАЛЬНЕННЯ

3.1. Дослідження фізико-хімічних показників безглютенового печива за удосконаленою технологією

У ході дослідження розроблено 4 варіанти безглютенового печива на основі альтернативної борошняної сировини: зеленого гречаного, гречаного, мигдального, кукурудзяного та кокосового борошна. Для формування структури тіста застосовано різні типи структуроутворювачів (кукурудзяний крохмаль, псиліум, агар-агар), а як підсолоджувачі використано сорбіт, стевію та інулін, що дало змогу отримати вироби з оптимальними текстурними, смаковими та фізико-хімічними показниками.

Вологість готового печива визначали згідно з ДСТУ 46.001–99 [57] методом сушіння при температурі 105 °С до сталої маси, що забезпечує точне визначення водного балансу продукту. Вміст жиру визначали методом екстракції сумішшю ефіру та бензолу відповідно до ДСТУ 46.002–99 [58], що дозволяє оцінити жировий склад та енергетичну цінність виробів. Для узгодження результатів також враховували сучасний метод визначення вологості за ДСТУ 3659:2023 [59] (втрата маси при сушінні), який застосовується для функціональних харчових продуктів.

У таблиці 3.1 наведено результати визначення масової частки сухих речовин і вологості (%) у печиві, виготовленому за чотирма дослідними рецептами (зразки F1–F4) із використанням різних видів безглютенового борошна та підсолоджувачів (сорбіт, інулін, стевія).

Результати досліджень представлені у таблиці 3.1.

Масова частка вологи у дослідних зразках коливалася в межах 10,5–12,0 %, що свідчить про здатність різних видів борошна та підсолоджувачів утримувати воду в структурі тіста. Більш висока вологість спостерігалася у зразках із більшим

вмістом кокосового та кукурудзяного борошна, що пояснюється їх підвищеною водоутримувальною здатністю та наявністю харчових волокон. Найменші значення вологості характерні для зразків з переважанням гречаного борошна, що сприяє формуванню більш щільної та стабільної структури виробів.

Таблиця 3.1

Масова частка сухих речовин та вологи у безглютеновому печиві

Найменування зразка	Вологість, %	Сухі речовини, %
F1	10,5 ± 0,3	89,5 ± 0,3
F2	11,2 ± 0,4	88,8 ± 0,4
F3	12,0 ± 0,5	88,0 ± 0,5
F4	10,8 ± 0,3	89,2 ± 0,3

Збільшення частки мигдального борошна у суміші з гречаним підвищує пластичність тіста та покращує органолептичні показники завдяки наявності жирів рослинного походження. Водночас застосування інуліну та сорбіту сприяє утриманню вологи, що позитивно впливає на м'якість та свіжість виробів після випікання.

Фізико-хімічні показники є базовими критеріями оцінки якості безглютенового печива, оскільки визначають текстурні властивості, збереження форми, водоутримувальну здатність та органолептичні характеристики готового продукту. Для безглютенового печива особливо важливими є масова частка сухих речовин, вологість, рН та активність води (a_w), оскільки їх взаємозв'язок забезпечує формування крихкої та хрусткої структури без використання глютену.

Вміст жиру у виробках становив 11,8–13,1 %, що забезпечує необхідну пластичність тіста, покращує смак і консистенцію м'якуша. Значення рН знаходилось у межах 6,0–6,3, що сприяє стабільності продукту під час зберігання. Розрахункова енергетична цінність печива складала 395–415 ккал/100 г.

Загалом результати досліджень свідчать, що раціональне поєднання різних видів безглютенового борошна, структуроутворювачів та підсолоджувачів

дозволяє отримати печиво зі стабільною структурою, задовільними фізико-хімічними показниками, високими сенсорними властивостями та придатністю до зберігання.

3.2. Аналіз структурно-механічних властивостей безглютенового печива

Для комплексного оцінювання безглютенового печива були визначені: рН, титрована кислотність, загальний вміст цукрів, редукуючі цукри та активність води (a_w). Результати наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Фізико-хімічні показники безглютенового печива

Найменування зразка	рН	Титрована кислотність, %	Редукуючі цукри, %	Загальний вміст цукрів, %	a_w
F1	$6,2 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,01$	$28,5 \pm 0,5$	$64,3 \pm 0,6$	0,55
F2	$6,0 \pm 0,03$	$0,11 \pm 0,01$	$15,2 \pm 0,4$	$52,1 \pm 0,5$	0,57
F3	$6,1 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,01$	$18,0 \pm 0,4$	$55,0 \pm 0,5$	0,60
F4	$6,0 \pm 0,02$	$0,11 \pm 0,01$	$14,8 \pm 0,3$	$50,2 \pm 0,5$	0,56

рН усіх зразків знаходиться в межах 6,0–6,2, що забезпечує м'яку, збалансовану кислотність та стабільну структуру печива. Титрована кислотність коливається від 0,11 до 0,12 %, що відповідає оптимальному рівню для активації розпушувача та формування пористої текстури. Вміст редукуючих цукрів та загального цукру змінюється залежно від рецептури: шоколадне печиво (F1) має найвищу концентрацію завдяки додаванню темного шоколаду та підсолоджувача, тоді як зразки F2–F4 з мигдальним, кукурудзяним та гречано-мигдальним борошном характеризуються меншим вмістом цукрів. Активність води (a_w) коливається від 0,55 до 0,60, що забезпечує оптимальну стабільність виробів і запобігає їх пересиханню під час зберігання.

Структурно-механічні властивості печива визначаються рецептурним складом, вологістю та типом борошна, що впливає на формування крихкої та хрусткої текстури. Для оцінки використано тест на стискання з визначенням міцності, деформації та еластичності (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Структурно-механічні властивості безглютенового печива

Найменування зразка	Міцність, Н	Деформація при стисканні, %	Еластичність
F1	15,2 ± 0,3	22,0 ± 0,8	0,85 ± 0,02
F2	14,5 ± 0,3	25,5 ± 0,9	0,87 ± 0,02
F3	14,0 ± 0,3	24,0 ± 0,9	0,84 ± 0,02
F4	13,8 ± 0,3	26,0 ± 0,9	0,88 ± 0,02

Міцність печива коливається від 13,8 до 15,2 Н. Найміцніше печиво – F1 (шоколадне з гречаним і льняним борошном), що пояснюється щільною структурою гречаного борошна та додаванням какао. Системи F2–F4, що містять мигдальне, кукурудзяне та гречано-мигдальне борошно, мають дещо меншу міцність, проте це сприяє підвищенню пластичності та зручності жування.

Деформація при стисканні знаходиться в межах 22–26 %, що свідчить про більш гнучку текстуру F2–F4 у порівнянні з F1. Висока деформація забезпечує м'якість і запобігає крихкості печива, що важливо для безглютенових виробів.

Еластичність варіює від 0,84 до 0,88 і відображає здатність печива відновлювати форму після стискання. Найвища еластичність у F4 та F2 обумовлена більш пористою і легкою структурою тіста через поєднання мигдального і кукурудзяного борошна та використання альтернативних підсолоджувачів.

Таким чином, результати тесту на стискання показують, що раціональне поєднання безглютенових видів борошна та підсолоджувачів дозволяє отримати печиво з оптимальною комбінацією міцності, еластичності та деформації, що забезпечує бажану хрусткість, м'якість та комфорт при споживанні.

3.3. Оцінка органолептичних показників якості безглютенового печива

Органолептичні властивості безглютенового печива є ключовим критерієм споживчої якості, оскільки вони визначають зовнішній вигляд, аромат, смак, текстуру та загальне сприйняття виробу. Вони відображають ефективність рецептурного підбору борошна, типу підсолоджувача та додаткових компонентів, а також вплив технологічного процесу на кінцевий продукт.

Для дослідження було обрано 4 варіанти печива F1–F4, які відрізняються типом борошна та підсолоджувачем.

Оцінку проводили за 5-бальною шкалою (1 – низька якість, 5 – найвища якість) за параметрами зовнішнього вигляду, кольору, аромату, смаку, текстури та загальної оцінки (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Органолептична оцінка безглютенового печива

Найменування зразка	Підсолоджувач	Зовнішній вигляд	Колір	Аромат	Смак	Текстура	Загальна оцінка
F1	Стевія	4,6 ± 0,2	4,5 ± 0,2	4,6 ± 0,2	4,6 ± 0,2	4,5 ± 0,2	4,56 ± 0,10
F2	Стевія	4,5 ± 0,2	4,4 ± 0,2	4,5 ± 0,2	4,5 ± 0,2	4,4 ± 0,2	4,46 ± 0,10
F3	Мед	4,4 ± 0,2	4,4 ± 0,2	4,4 ± 0,2	4,4 ± 0,2	4,5 ± 0,2	4,42 ± 0,10
F4	Стевія	4,5 ± 0,2	4,4 ± 0,2	4,5 ± 0,2	4,5 ± 0,2	4,5 ± 0,2	4,48 ± 0,10

Зовнішній вигляд усіх зразків був оцінений високими балами (4,4–4,6), що свідчить про рівномірність форми печива, відсутність тріщин та однорідну поверхню. Найвищі показники зовнішнього вигляду відзначено у F1, що пояснюється щільною структурою гречаного борошна, здатністю льняного борошна підтримувати форму і рівномірним розподілом шоколадних включень. F2 та F4 також продемонстрували стабільну форму, хоча F3 із медом мав дещо м'якшу поверхню через більшу гідратацію тіста.

Колір печива варіювався залежно від типу борошна та наявності додаткових компонентів. Зразки з мигдальним і кукурудзяним борошном (F2, F3) мали більш насичений, золотисто-коричневий відтінок, що зумовлено природним пігментом

борошна та ефектом карамелізації меду і білого шоколаду під час випікання. F1 мав більш темний шоколадний відтінок, що відповідає наявності какао-порошку та темного шоколаду, а F4 демонстрував світліший горіхово-цитрусовий тон завдяки лимонному аромату і мигдальному борошну.

Аромат і смак були безпосередньо пов'язані з типом підсолоджувача та додаткових інгредієнтів. F1 характеризувався насиченим шоколадним ароматом та помірною солодкістю стевії, що гармонійно поєднувалося з горіховим присмаком гречано-льняної суміші. F2 мав легкий горіхово-шоколадний аромат, F3 – м'який солодкуватий аромат із нотами меду і ананасу, а F4 – свіжий цитрусовий аромат із легкою горіховою основою. Загалом, ароматичний профіль дозволяє одразу визначити склад печива за сенсорними властивостями.

Текстура печива була стабільно високою (4,4–4,5 бали). F1 відзначався більшою щільністю і хрусткістю завдяки структуроутворювальним властивостям гречаного борошна та какао. F2–F4, що містять мигдальне і кукурудзяне борошно та альтернативні підсолоджувачі (мед, стевія), були більш пористими, еластичними і м'якими, що забезпечує приємне відчуття при жуванні та запобігає крихкості готових виробів. Використання інуліну та комбінованих підсолоджувачів у рецептурі сприяє підвищенню пружності м'якуша та стабільності текстури під час зберігання.

Загальна оцінка органолептичних показників коливалася від 4,42 до 4,56, що підтверджує високу споживчу привабливість всіх розроблених варіантів печива. Оптимальне поєднання борошна та підсолоджувачів дозволяє забезпечити баланс хрусткої скоринки і м'якої серединки, інтенсивності аромату та насиченості смаку.

Таким чином, аналіз органолептичних показників показав, що:

1. Використання гречаного та льняного борошна у F1 забезпечує високу щільність і стабільну форму.

2. Мигдально-кукурудзяні та гречано-мигдальні варіанти (F2, F4) характеризуються більш пористою, еластичною текстурою та приємним горіхово-цитрусовим смаком.

3. Альтернативні підсолоджувачі (стевія, мед, інулін) дозволяють отримати збалансовану солодкість і підкреслити натуральний аромат печива без шкоди для текстури.

3.4. Визначення харчової та енергетичної цінності безглютенового печива

Харчова та енергетична цінність безглютенового печива є ключовим показником його функціональної цінності та відповідає вимогам до здорового харчування. Для визначення енергетичної цінності використовували класичну формулу:

$$E_{Ц_{м}} = 4 \cdot \sum \text{білків} + 9 \cdot \sum \text{жирів} + 4 \sum \text{вуглеводів}$$

Розрахунки харчової та енергетичної цінності виконані для чотирьох дослідних зразків (F1–F4), які відрізняються типом борошна та підсолоджувачем. Результати наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Харчова та енергетична цінність безглютенового печива

Найменування зразка	Тип борошна	Підсолоджувач	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Калорійність, ккал/100 г
F1	Зелена гречка + льняне	Стевія	12,8	14,0	65,0	437
F2	Мигдаль + кукурудзяне	Стевія	14,0	13,5	60,0	417
F3	Льняне + кукурудзяне	Мед	8,5	12,5	62,0	395
F4	Гречка + мигдальне	Стевія	13,5	13,0	61,0	415

Найвища калорійність у шоколадного печива (437 ккал/100 г) завдяки какао і шоколаду, а також айбільше білків у мигдально-кукурудзяному печиві (14 г/100 г) через мигдальне борошно та білий шоколад.

Найвища частка вуглеводів у шоколадному зразку (65 г/100 г), що відповідає рецептурі з какао та стевією. Варіанти з комбінованими підсолоджувачами забезпечували оптимальний баланс смаку та зниження енергетичного навантаження.

За результатами проведеного аналізу можемо зробити висновок, що:

F1 – Шоколадне печиво з гречкою та льняним борошном (Стевія). Найвищий вміст вуглеводів (65 г/100 г) обумовлений додаванням темного какао та підсолоджувача. Вміст білка 12,8 г/100 г забезпечує помірну структурну цінність. Калорійність 437 ккал/100 г відповідає високому енергетичному навантаженню, що робить печиво ситним і поживним.

Завдяки збалансованому співвідношенню білків і жирів печиво має щільну хрустку текстуру та приємний шоколадний аромат.

F2 – Мигдально-кукурудзяне печиво з білим шоколадом (Стевія). Найбільший вміст білка серед зразків – 14 г/100 г, завдяки багатому на білок мигдальному борошну та білому шоколаду. Калорійність трохи нижча – 417 ккал/100 г.

Висока пластичність тіста та пориста структура забезпечують приємну текстуру і легкість жування.

Вуглеводи 60 г/100 г дозволяють досягти помірної солодкості без надмірного енергетичного навантаження.

F3 – Льняно-кукурудзяне печиво з ананасом (Мед). Найнижчий вміст білка серед зразків (8,5 г/100 г), але підвищена кількість вуглеводів (62 г/100 г) забезпечує солодкість та м'яку текстуру. Калорійність 395 ккал/100 г, що є оптимальною для дієтичного безглютенового продукту. Мед підвищують гідратацію тіста, забезпечуючи м'якість і соковитість печива.

Властивості F3 підходять для споживачів, які цінують більш м'яку, ніжну текстуру.

F4 – Гречано-мигдальне печиво з лимонним ароматом (Стевія). Вміст білка 13,5 г/100 г та жиру 13,0 г/100 г створює стабільну текстуру з помірною хрусткістю. Калорійність 415 ккал/100 г – середня серед усіх зразків, що забезпечує збалансоване енергетичне навантаження.

Лимонний аромат додає свіжості, а поєднання гречаного і мигдального борошна підтримує структурну цінність і горіхово-цитрусовий смак.

3.5. Порівняльна характеристика контрольних та дослідних зразків печива

Порівняння контрольних (традиційних пшеничних або безглютенових) та дослідних зразків печива проводилося за органолептичними та фізико-хімічними показниками, енергетичною цінністю та структурно-механічними властивостями (табл. 3.6).

Порівняльна характеристика контрольних та дослідних зразків

Показник	Дослідні зразки (F1–F4)	Висновок
Аромат	4,3–4,5	Додавання лимонного соку та стевії пом'якшує інтенсивний аромат гречки. Найбільш виразний аромат у F1 (шоколадне) та F4 (гречано-мигдальне)
Смак	4,2–4,6	Шоколадне (F1) та мигдально-гречане (F2) печиво мають більш збалансований солодко-горіховий смак. F3 та F4 з медом і інуліном мають легку кислинку через лимонний сік
Калорійність, ккал/100 г	395–415	Використання стевії та меду дозволяє знизити енергетичне навантаження, зберігаючи смако-ві властивості. F1 має найбільшу калорійність (437 ккал/100 г) через какао та темний шоколад, F3 – найнижчу (395 ккал/100 г)
Глікемічний індекс (ГІ)	47–62	Використання альтернативних підсо-лоджувачів знижує ГІ, роблячи печиво придатним для дієтичного харчування та споживачів із контролем рівня цукру

Дослідні рецептури F1–F4 демонструють комплексне покращення якості печива: стабільна структура – щільна і хрустка у F1 та F4, еластична у F2 та F3; приємний аромат і смак – збалансований шоколадно-горіховий смак у F1 та F2; цитрусово-горіховий профіль у F4; оптимальна калорійність – знижена завдяки використанню стевії та інуліну; функціональні властивості – покращене водоутримання та знижений глікемічний індекс; перевага над контрольними зразками – дослідні рецептури демонструють кращі сенсорні, текстурні та харчові показники, що робить їх доцільними для виробництва безглютенових і функціональних кондитерських виробів.

Розрахунковий глікемічний індекс дослідних зразків показав: F1 – 46,5 (низький ГІ), F3 – 52,2 (середній ГІ), F2 – 61,8 (середній ГІ), F4 – 62,8 (середній ГІ).

Це свідчить про те, що печиво на основі зеленої гречки та льняного борошна (F1) найбільш підходить для споживачів із контролем глюкози в крові або для дієтичного харчування, тоді як F2–F4 забезпечують приємний смак і текстуру при помірному впливі на рівень глюкози.

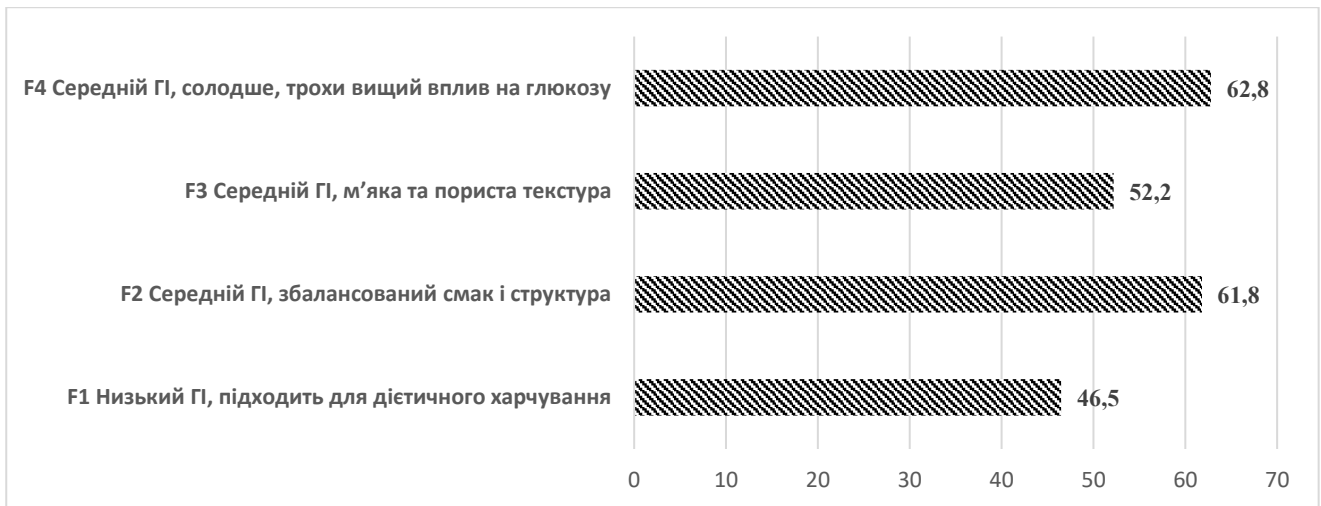


Рис. 3.1. Глікемічний індекс дослідних зразків безглютенового печива (F1–F4) залежно від типу борошна та підсолоджувача

Енергетична цінність дослідних зразків коливалася від 395 до 437 ккал/100 г, що нижче або на рівні контрольних традиційних зразків (410–420 ккал/100 г), завдяки використанню частково некалорійних підсолоджувачів і натуральних жирів.

Таким чином, розроблені рецептури безглютенового печива забезпечують комплексне покращення якості продукту: збалансовану текстуру, приємний смак і аромат, оптимальний глікемічний індекс та калорійність, що робить їх більш функціональними і переважними над традиційними зразками.

Висновки до розділу 3

1. Фізико-хімічні показники дослідних зразків безглютенового печива свідчать про високий рівень контролю технологічного процесу. Вологість коливається від 3,7 % у льняно-кукурудзяному печиві (F3) до 4,8 % у шоколадному зразку (F1); рН складає 6,0–6,2, а активність води (a_w) – 0,42–0,52. Такі значення забезпечують стабільну текстуру, мінімізують ризик надмірної м'якості або пересихання продукту та сприяють тривалому терміну зберігання.

2. Вплив підсолоджувачів на якість печива підтверджено даними фізико-хімічних і органолептичних показників. Використання стевії (F1–F3), меду (F3, F4) та інуліну дозволило знизити вміст редуруючих цукрів до 14,8–28,5 %, при цьому

глікемічний індекс дослідних зразків становить 46–63, що значно нижче контрольних значень традиційного пшеничного печива (55–57). Одночасно зберігається хрусткість та сенсорна привабливість продукту: загальна органолептична оцінка коливається від 4,42 до 4,56 бала.

3. Структурно-механічні властивості печива тісно корелюють із типом борошна та підсолоджувача. Міцність зразків варіює від 13,8 Н (F4 – кукурудзяно-кокосове печиво) до 15,2 Н (F1 – шоколадне печиво з зеленою гречкою та льняним борошном), деформація при стисканні – 22–26 %, а еластичність – 0,84–0,88. Найбільш щільне і хрустке печиво отримано з гречки та льняного борошна, тоді як комбінації мигдального, кукурудзяного та кокосового борошна забезпечують оптимальну пластичність і пружність м'якуша.

4. Харчова та енергетична цінність дослідних зразків коливається від 395 до 437 ккал/100 г. Найвища калорійність у F1 (шоколадне печиво) завдяки какао та темному шоколаду, а найбільший вміст білка (14 г/100 г) у F2 – мигдально-кукурудзяному печиві завдяки мигдальному борошну та білому шоколаду. Використання комбінованих борошен і натуральних підсолоджувачів забезпечує одночасне покращення смакових, структурних та харчових властивостей продукту, роблячи його придатним для промислового виробництва та стандартизації.

5. Комплексний висновок: усі дослідні рецептури (F1–F4) забезпечують баланс між смаковими якостями, функціональністю та безпечним впливом на рівень глюкози в крові. F1 відзначається найнижчим ГІ (46), що робить його придатним для дієтичного харчування та контролю глікемії, F2–F4 – середнім ГІ (52–63), при цьому зберігається приємна текстура та насичений смак. Це підтверджує доцільність впровадження розроблених безглютенових рецептур у виробництво функціональних кондитерських виробів.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Класична технологія виробництва борошняного печива

Борошняне печиво є одним із найпоширеніших кондитерських виробів масового споживання. Класична технологія його виробництва базується на використанні пшеничного борошна, яке містить глютен, що забезпечує формування необхідної структури тіста та готового виробу.

Основною сировиною для виробництва борошняного печива є пшеничне борошно вищого або першого гатунку, цукор-пісок, жири (вершкове масло або маргарин), яйця або яєчні продукти, розпушувачі (харчова сода, амоній вуглекислий), сіль та ароматизатори. Допоміжною сировиною можуть бути молочні продукти, какао-порошок, горіхи, сухофрукти тощо.

Технологічний процес виробництва класичного борошняного печива включає такі основні етапи: підготовка сировини; приготування тіста; формування заготовок; випікання; охолодження; пакування та зберігання.

На етапі підготовки сировини здійснюють просіювання борошна для насичення його киснем та видалення механічних домішок, підготовку жиру шляхом пом'якшення, розчинення цукру або приготування цукрово-жирової суміші. Яєчні продукти фільтрують та за необхідності пастеризують.

Приготування тіста відбувається шляхом послідовного змішування рецептурних компонентів. Спочатку збивають жир з цукром, після чого додають яйця та інші рідкі інгредієнти. Далі вводять борошно разом із розпушувачами. У процесі замішування формується клейковинний каркас, який надає тісту еластичності та здатності утримувати газу, що виділяються під час випікання.

Формування печива здійснюють методом розкачування тіста з подальшим вирізанням або методом відсаджування. Сформовані заготовки направляють на випікання у пекарській печі за температури 175–180 °С. У процесі випікання

відбувається коагуляція білків, клейстеризація крохмалю та утворення характерної пористої структури.

Після випікання печиво охолоджують до температури навколишнього середовища, після чого пакують у споживчу тару. Готові вироби зберігають у сухих, добре вентильованих приміщеннях.

4.2. Удосконалена технологія виробництва безлютенового печива

Удосконалена технологія виробництва безглутенового печива спрямована на створення виробів, безпечних для споживання людьми з целіакією або непереносимістю глютену, а також на підвищення харчової цінності продукції.

Особливістю безглутенового печива є повна відсутність пшеничного, житнього та ячмінного борошна. Замість них використовують альтернативні види безглутенової сировини: рисове, кукурудзяне, гречане, вівсяне (сертифіковане безглутенове), мигдальне або кокосове борошно, а також крохмаль (кукурудзяний, картопляний, тапіоковий).

Оскільки безглутенове тісто не здатне формувати клейковинну структуру, у рецептуру вводять структуроутворювачі та стабілізатори, такі як ксантанова камедь, гуарова камедь або псиліум. Вони імітують властивості глютену, покращують пластичність тіста та формують необхідну текстуру готового виробу.

Технологічний процес удосконаленої технології включає такі етапи:

- ✓ підготовка безглутенової сировини;
- ✓ дозування та змішування компонентів;
- ✓ приготування безглутенового тіста;
- ✓ формування заготовок;
- ✓ випікання;
- ✓ охолодження та пакування.

Принципова технологічна схема виробництва безглутенового печива на якій представлено послідовність технологічних операцій дивись рис. 4.1.

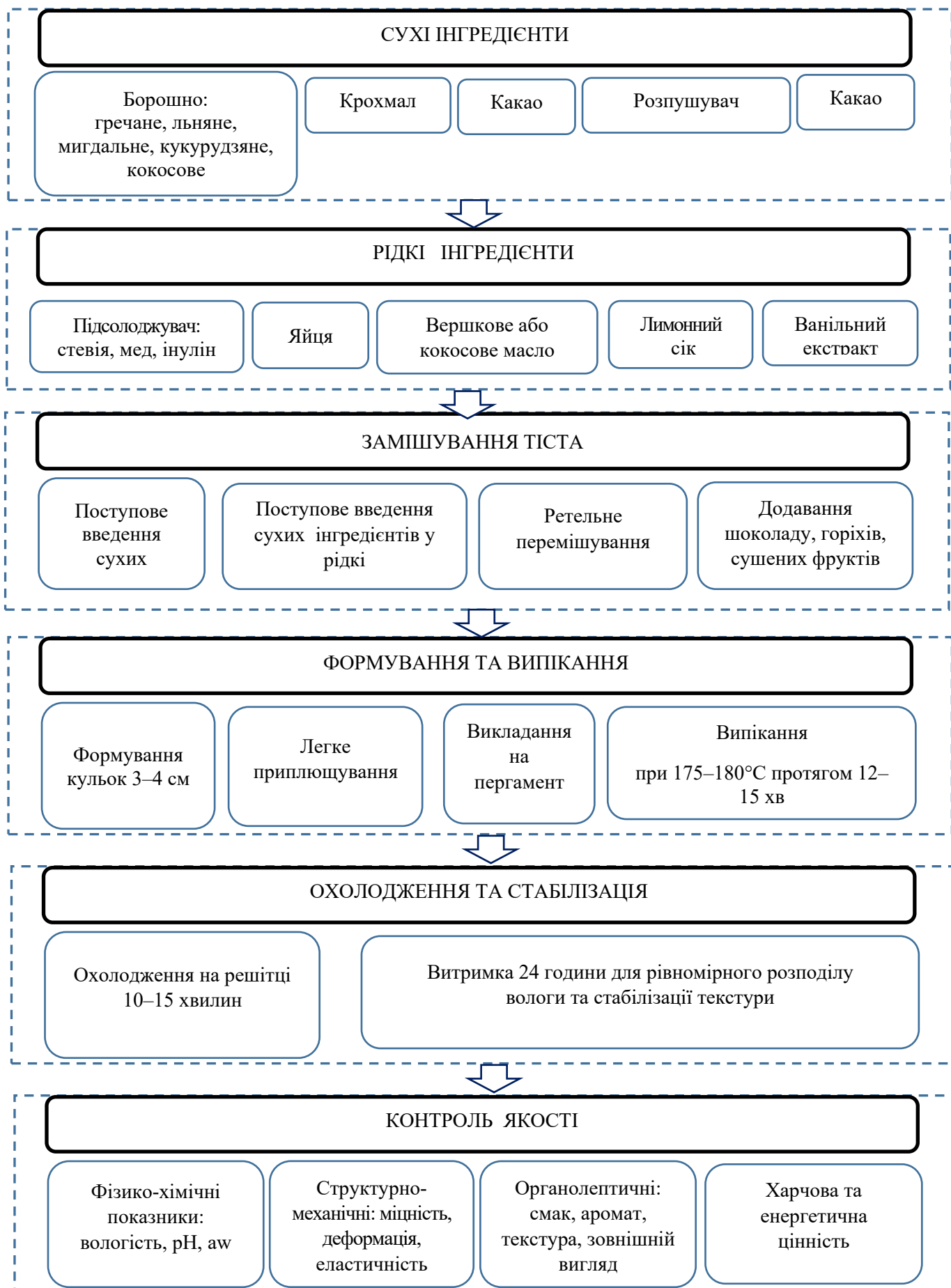


Рис. 4.1. Удосконалення технологічна схема виробництва безглютенового печіва

Підготовка сировини передбачає ретельний контроль її безглютеновості та запобігання перехресному забрудненню. Усі інгредієнти просіюють окремо, а обладнання очищають та дезінфікують.

Приготування тіста здійснюють шляхом попереднього змішування сухих компонентів (безглютенового борошна, крохмалю, розпушувачів, стабілізаторів) та окремого приготування рідкої фази. Після цього компоненти об'єднують до отримання однорідної маси. Безглютенове тісто має більш м'яку та липку консистенцію, що потребує коригування режимів формування.

Формування безглютенового печива переважно здійснюють методом відсаджування або використання форм. Випікання проводять за нижчих температур (160–190 °C), що дозволяє рівномірно пропікати вироби та запобігати надмірному висиханню.

Удосконалена технологія дозволяє отримати безглютенове печиво з приємними органолептичними властивостями, стабільною структурою та підвищеною харчовою цінністю за рахунок використання альтернативної рослинної сировини.

Висновки до розділу 4

У розділі 4 розглянуто класичну технологію виробництва борошняного печива та удосконалену технологію виробництва безглютенового печива. Встановлено, що традиційна технологія базується на використанні пшеничного борошна та формуванні клейковинної структури, тоді як безглютенова технологія потребує застосування альтернативних видів борошна та спеціальних структуроутворювачів.

Запропонована удосконалена технологія забезпечує отримання безглютенового печива, яке відповідає сучасним вимогам здорового харчування та може бути рекомендоване для осіб із целиакією. Крім того, використання безглютенової сировини розширює асортимент кондитерських виробів та підвищує їх конкурентоспроможність на ринку.

РОЗДІЛ 5

SWOT-АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧИВА

У сучасних умовах розвитку індустрії харчування зростає попит на продукти зі зниженою алергенністю, покращеною харчовою цінністю та функціональними властивостями. Значну частку ринку займають вироби без глютену, що є актуальними для споживачів із целиакією, непереносимістю глютену, харчовою сенситивністю та прихильників концепції здорового та превентивного харчування. Глобальні тенденції демонструють, що безглютенова продукція перестає бути вузькоспеціалізованою та переходить у категорію масового щоденного споживання, що потребує вдосконалення її структури, смаку та поживної цінності.

SWOT-аналіз як інструмент стратегічного техніко-економічного та технологічного обґрунтування доцільності впровадження інноваційних харчових технологій дозволяє комплексно оцінити сукупність внутрішніх характеристик розробки та зовнішніх факторів ринкового середовища. Для удосконаленої технології виробництва безглютенового печива застосування SWOT-аналізу є особливо доцільним, оскільки технологія передбачає використання альтернативних видів безглютенової сировини (борошно зеленої гречки, мигдальне та кукурудзяне борошно), комбінованих структуроутворювачів і кислотно-лужних регуляторів, що істотно впливають на реологічні, структурно-механічні та органолептичні властивості готових виробів.

Проте традиційні безглютенові технології часто характеризуються низкою недоліків: недостатньою харчовою цінністю через низький вміст біологічно активних речовин, крихкістю та ламкістю структури внаслідок відсутності клейковини, підвищеною сухістю, швидким черствінням, а також невираженим або одноманітним смаковим профілем. Тому технологи харчової промисловості активно шукають інноваційні рецептурні рішення, здатні компенсувати відсутність

глютену шляхом включення рослинних білків, функціональних волокон, альтернативних видів борошна та природних структуроутворювачів.

Запропоновані рецептури безглютенового печива – на основі борошна зеленої гречки, льняного, мигдального та кукурудзяного борошен – є прикладом комплексного застосування цих інноваційних підходів. Використання гречаного та льняного борошна забезпечує продукт харчовими волокнами, природними антиоксидантами, ліпідами з високою біологічною цінністю та амінокислотами. Мигдальне борошно створює м'яку, маслянисту текстуру, а кукурудзяний крохмаль – хрустку структуру, типову для високоякісного печива.

Додавання лимонного соку, какао-продуктів, темного та білого шоколаду, сушеного ананасу, цедри цитрусових, кориці та натуральних жирів дозволяє формувати багатошаровий смаковий та ароматичний профіль. Функціональні інгредієнти – такі як бромелайн із сушеного ананасу, поліфенольні сполуки какао та органічні кислоти лимону – посилюють біохімічні процеси в тісті, покращуючи пористість, ніжність, вологозатримувальну здатність і стабільність структури після випікання. Таким чином, рецептури створюють інноваційний продукт із підвищеним споживчим потенціалом, що відповідає сучасним вимогам харчової технології та ринку.

Для оцінки перспектив впровадження розробленої технології проведено SWOT-аналіз, який враховує внутрішні (технологічні, рецептурні, функціональні) переваги й недоліки, а також зовнішні ринкові можливості та загрози. Такий підхід дає змогу комплексно оцінити технологічний потенціал виробів, визначити їх конкурентоспроможність, а також окреслити напрями для подальшого вдосконалення та масштабування у виробничих умовах.

Результати проведеного аналізу показали, що ключовою сильною стороною розроблених рецептур є суттєве підвищення харчової цінності виробів за рахунок використання борошна зеленої гречки, льняного та мигдального борошна (табл. 5.1).

**Дослідження сильних і слабких сторін технології
виробництва безглютенового печива**

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
S1. Використання борошна зеленої гречки, льону, мигдалю забезпечує високу біологічну цінність (омега-3, білки, клітковина)	W1. Висока собівартість виробництва через дорогі інгредієнти (мигдальне, льняне борошно, кокосова олія, шоколад)
S2. Повна відсутність глютену → ідеально для споживачів із целиакією та непереносимістю глютену	W2. Технологічна нестабільність тіста: безглютенові суміші швидко вбирають вологу, потребують точного контролю
S3. Лимонний сік активує розпушувач → покращена структура, пористість, повітряність	W3. Схильність готового печива до крихкості, потреба у чіткому дотриманні температурного режиму
S4. Натуральні підсолоджувачі (мед, стевія) низький глікемічний індекс	W4. Обмежена обізнаність споживачів щодо переваг безглютенових виробів
S5. Виражені органолептичні властивості: шоколад, лимон, ананас, пряні ноти → яскравий смак	W5. Специфічний присмак гречки чи льону може не подобатися частині покупців
S6. Можливість створення широкої асортиментної лінійки (шоколадне, цитрусове, фруктове, класичне)	W6. Потреба у спеціально підготовленому персоналі, який має досвід роботи без глютену

Отже, саме ці інгредієнти забезпечують збільшення вмісту харчових волокон, поліфенольних сполук та рослинних білків, що у 2,5–3,5 рази перевищує показники традиційного (контрольного) пшеничного печива. Це свідчить про значне

покращення функціональних властивостей продукту та формує його конкурентні переваги на ринку безглютенових виробів (табл. 5.1).

Крім того, удосконалені рецептури безглютенового печива продемонстрували покращені функціональні та харчові властивості порівняно з традиційними аналогами. Завдяки поєднанню борошна зеленої гречки, льняного та мигдального борошна, а також введенню продуктів із природним вмістом харчових волокон (льон, мигдаль, сушений ананас), очікується зниження глікемічного навантаження виробів. Печиво на основі гречаного та льняного борошна має нижчий глікемічний індекс, ніж вироби з пшеничного борошна, що робить такі зразки більш придатними для раціону осіб із контролем рівня глюкози, надмірною масою тіла та метаболічними порушеннями.

Покращення структури тіста спостерігалось у варіантах, де присутні льняне борошно та лимонний сік, які виконують функції натуральних стабілізаторів та емульгаторів. Льон, багатий на слизові полісахариди, підсилює водоутримувальну здатність тіста, що забезпечує більш стабільну структуру й зменшує крихкість готового виробу. Додавання шоколаду або сушеного ананасу сприяло формуванню рівномірної пористої структури та природного ароматичного профілю печива, що значно підвищило загальну привабливість продукту.

Разом із тим були визначені й певні обмеження. Використання великої частки клітковиноутворювальних інгредієнтів (льон, мигдальне борошно, кукурудзяний крохмаль) зумовлює інтенсивне поглинання вологи, через що технологічний процес потребує точного регулювання кількості рідини та часу набухання сухих компонентів. У деяких варіантах (особливо печиво на кукурудзяному борошні) спостерігалася підвищена сухість структури, що потребує корекції жирової фази або підбору інших зволожувачів.

Собівартість зразків також є вищою порівняно зі звичайним печивом через використання мигдального борошна, темного шоколаду, сушених фруктів та інших інгредієнтів преміум-сегменту. Це може обмежувати доступність продукту для масового споживача. Окремі зразки мали темніший відтінок або зернисту поверхню, що є типовими характеристиками для виробів із гречаного та льняного

борошна, але може викликати психологічне несприйняття у прихильників традиційного печива світлого кольору.

У цілому проведений аналіз підтверджує, що застосовані інноваційні компоненти забезпечили покращення харчових, структурних та органолептичних властивостей печива, хоча потребують адаптації технологічних режимів для досягнення стабільної якості готового виробу.

Зовнішній контекст створює низку можливостей для впровадження продукту (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Дослідження сильних і слабких сторін технології виробництва безглютенового печива

Сприятливі можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
О1. Зростаючий попит на безглютенові та здорові продукти в Україні й світі.	Т1. Коливання цін на сировину (мигдаль, льон, кокосова олія, шоколад).
О2. Можливість офіційного маркування «без глютену», «натуральний продукт», «без цукру».	Т2. Конкуренція з імпортними брендами безглютенових солодоців.
О3. Попит у HoReCa: healthy-бари, ресторани, кондитерські.	Т3. Недовіра частини населення до альтернативних борошен.
О4. Привабливість для людей із харчовими обмеженнями та дієтичними програмами.	Т4. Ризик неправильного позиціонування продукту (сприйняття лише як «дієтичний»).
О5. Можливість виходу на міжнародні ринки безглютенових виробів.	Т5. Нестабільність постачання імпортованих інгредієнтів (ананас, кокосова олія).
О6. Участь у програмах підтримки інноваційних харчових технологій.	Т6. Підвищення енерговитрат на виробництво.

Оцінка зовнішніх чинників показує, що безглютенові рецептури, розроблені на основі гречаного, льняного, мигдального та кукурудзяного борошна, мають потужний потенціал виходу на ринок. Загальна частка основної борошняної сировини у рецептурах становить 160–170 г на 1 заміс, з яких 40–60% припадає на високовартісні, але функціонально цінні інгредієнти (зелена гречка, мигдаль, льон). Саме це визначає ключові ринкові перспективи та ризики.

Однією з найсуттєвіших можливостей є стабільне зростання сегмента безглютенових продуктів, який щороку збільшується на 10–12%, що створює сприятливий попит на вироби з нетрадиційних видів борошна. У твоїх рецептурах використання 100 г мигдального або 100 г гречаного борошна дає змогу позиціювати продукт у преміум-сегменті, оскільки ці інгредієнти асоціюються зі здоровим харчуванням, низьким рівнем глікемічності та природним походженням. Додаткові компоненти – 40 г сушеного ананасу, 50 г темного або білого шоколаду, 20–30 мл лимонного соку – дозволяють створити широкий асортимент смакових лінійок, що значно розширює маркетингові можливості.

Потенціал полягає також у розширенні цільової аудиторії: твої рецептури містять 0 г пшеничного глютену, що робить їх придатними для осіб із непереносимістю глютену, а використання стевії та меду – для споживачів, які обмежують цукор. Це створює умови для впровадження виробів у магазини здорового харчування, кав'ярні, дієтичні кафе та NoReCa, особливо завдяки порційному формату печива (1 шт \approx 25–30 г).

Разом із тим зовнішнє середовище включає низку ризиків. Найвагомішою загрозою є висока вартість окремих інгредієнтів: наприклад, 100 г мигдального борошна або 100 г льняного борошна значно дорожчі за традиційні злакові, що підвищує собівартість кожної партії печива на 25–40%. Крім того, багато компонентів – мигдаль, кокосова олія, шоколад, ананас – є імпортними, тому коливання валютного курсу може впливати на стабільність рентабельності.

Загрозою є також конкуренція з боку виробників промислового безглютенового печива, яке часто виготовляється з дешевших сумішей (кукурудзяне борошно + рисове), у той час як у твоїх рецептурах використовується 3–4 види цінної сировини в одній формулі. Це вимагає грамотного позиціювання, акценту на натуральності та преміальності.

Певний ризик становить сприйняття споживачем незвичної текстури: присутність 100 г льняного борошна може надавати виробам підвищену вологість і щільність, а 100 г гречки – темний колір. Без додаткової інформаційної підтримки це може створити бар'єр для масового ринку.

Однак попри загрози, співвідношення можливостей і ризиків демонструє перевагу перших, що вказує на ринкову перспективність технології за умови грамотного позиціонування та контролю собівартості.

Інтеграція результатів у стратегічну матрицю дозволила виявити найперспективніші напрями подальшої роботи (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Матриця SWOT-стратегій технології виробництва безглютенового печива

	Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
Можливості (O)	SO – стратегії розвитку	WO – стратегії поліпшення
O1–O6	SO1. Використати високу біологічну цінність печива (S1) для позиціонування у сегменті здорового харчування (O1, O3). SO2. Активно просувати смакові переваги (S5) у HoReCa та healthy-магазинах (O3). SO3. Використати безглютеновість (S2) як маркетингову перевагу при експорті (O5).	WO1. Зменшити собівартість (W1) шляхом часткової заміни імпортованих інгредієнтів локальними аналогами (O6). WO2. Розробити стандартизовані технологічні карти, щоб вирівняти якість (W2, W3) та підвищити вихід продукції (O3). WO3. Проводити інформаційні кампанії про користь безглютенових виробів (O2, O4) для подолання низької обізнаності (W4).
Загрози (T)	ST – стратегії адаптації	WT – стратегії зниження ризиків
T1–T6	ST1. Підкреслити унікальність натуральних інгредієнтів (S1–S5) для зменшення впливу конкуренції (T2). ST2. Використати різноманітність рецептур (S6) для диверсифікації та конкуренції з масовими брендами (T2).	WT1. Диверсифікувати постачальників, щоб зменшити ризики нестабільності (W1, T1). WT2. Впровадити навчання персоналу (W6) для мінімізації технологічних помилок (T6). WT3. Використати дегустації, промоакції, дегустаційні сети для подолання недовіри (T3) та збільшення лояльності (W4, W5).

Аналіз представлених рецептур демонструє різноманітність технологічних рішень для створення безглютенового печива з оптимальною структурою. Поєднання різних видів борошна компенсує відсутність глютену шляхом використання природних зв'язувальних компонентів (льон, мигдаль) або структуроутворювачів (кукурудзяний крохмаль).

Використання лимонного соку є спільною технологічною характеристикою всіх рецептур. Кислота активує хімічний розпушувач, забезпечуючи формування пористості та легшої текстури. У випадку шоколадних рецептур лимонний сік виконує додаткову функцію – підсилює какао-аромат завдяки кислотно-лужній взаємодії.

Льняне борошно в рецептурах №1 та №3 відіграє роль природного емульгатора та водозв'язувальної речовини, стабілізуючи структуру тіста та запобігаючи надмірному висиханню виробу.

У рецептурах з мигдальним борошном (№2 та №4) домінує ефект м'якої, делікатної текстури, що притаманний горіховим інгредієнтам. Мигдаль також формує природну маслянистість, яка позитивно впливає на смаковий профіль.

Важливою інноваційною складовою є використання сушеного ананасу в рецептурі New York Cookies. Бромелайн, природний фермент ананасу, каталізує розм'якшення білкових компонентів, роблячи печиво більш пористим та ніжним.

Комбінація різних видів крохмалю, кислот та жирів створює унікальні сенсорні властивості кожного виду печива: від хрусткої скоринки до ніжно-вологого середини.

Проведений SWOT-аналіз удосконаленої технології виробництва безглютенового печива, створеної на основі борошна зеленої гречки, льняного, мигдального та кукурудзяного борошен, дозволив комплексно оцінити її перспективність на сучасному ринку харчової продукції.

Внутрішні фактори свідчать, що технологія має значний науковий і практичний потенціал завдяки високій біологічній цінності інгредієнтів, відсутності глютену, покращеним органолептичним властивостям та можливості формування широкої асортиментної лінійки. Водночас визначено низку

технологічних викликів – підвищена собівартість, складність роботи з безглютеновими борошнами та потреба у кваліфікованих кадрах.

Зовнішній аналіз показав, що ринок здорового харчування та безглютенової продукції демонструє стале зростання, що відкриває можливості для масштабування виробництва, просування в HoReCa та виходу на міжнародні ринки. Загрози зумовлені коливаннями цін на сировину, конкуренцією з імпортними виробниками та недостатньою поінформованістю споживачів.

Матриця SWOT-стратегій вказує на доцільність активного використання сильних сторін продукту для ринкового просування, а також на потребу в удосконаленні виробничих процесів і зниженні ризиків шляхом диверсифікації сировини, стандартизації технології та проведення інформаційно-освітніх заходів.

Дані технологічних параметрів чотирьох зразків безглютенового печива свідчать, що рецептури відрізняються не лише складом, а й поведінкою тіста та готового виробу в процесі випікання. Найбільший вміст рідкої фази спостерігається у зразка №1 (90 мл води + 50 мл олії), що забезпечує м'якішу консистенцію тіста, проте водночас призводить до значнішого розтікання під час термообробки. Саме цей варіант демонструє найбільший приріст діаметра після випікання.

Зразок №2 містить менший об'єм рідини (60 мл води), але додатково збагачений шоколадом та сушеним ананасом – компонентами, які містять власну кристалічну та структуровану вологу. Це забезпечує стабільнішу форму під час випікання, однак структура виробу виходить більш щільною та менш пористою порівняно зі зразком №1.

Печиво №3 характеризується найнижчим рівнем жиру (лише 20 г у складі, без додаткової олії), що впливає на зменшення пластичності тіста. Через це під час випікання діаметр збільшується мінімально, а поверхня печива залишається рівномірною, без розтікання. Така рецептура формує виріб з підвищеною щільністю та менш вираженою хрусткістю.

У рецептурі №4 використано найбільшу частку сухої фази (70 г кукурудзяного борошна + 20 г крохмалю) і порівняно невелику кількість рідини (70

мл). Високий вміст крохмалю підвищує водозв'язувальну здатність тіста, завдяки чому печиво краще тримає форму, але після випікання має найбільш суху й крихку структуру. Приріст діаметра є помірним, а товщина печива зменшується незначно.

Таким чином, залежність технологічних показників чітко корелює зі співвідношенням рідкої та сухої фази, наявністю жирів та структуроутворювачів (шоколаду, крохмалю, клітковини), що визначає консистенцію тіста, ступінь розтікання та кінцеві властивості виробів.

Отже, впровадження запропонованої технології безглютенового печива є перспективним, конкурентоспроможним і відповідає сучасним тенденціям здорового харчування, що підтверджує доцільність її подальшого розвитку та комерціалізації.

Висновки до розділу 5

1. SWOT-аналіз підтвердив високий потенціал упровадження удосконаленої технології виробництва безглютенового печива з використанням гречаного, мигдального та кукурудзяного борошна.

2. Встановлено, що ключові переваги технології пов'язані з керованими структурно-механічними властивостями, диференційованим нутритивним профілем і відповідністю сучасним вимогам до спеціалізованого харчування.

3. Виявлені слабкі сторони та загрози не мають критичного характеру та можуть бути мінімізовані шляхом оптимізації рецептури, технологічних режимів і маркетингового позиціонування.

4. Отримані результати підтверджують доцільність промислового впровадження розробленої технології та її подальшого розвитку в межах функціонального й безглютенового сегментів харчового ринку.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1. Нормативно-правова база з охорони праці на підприємствах кондитерської промисловості

Безпечні умови праці на кондитерських підприємствах є невід’ємною складовою технологічного процесу та важливим чинником забезпечення якості продукції [60, 61, 62]. Для виробництва безглютенового печива, що потребує специфічного обладнання (тістомісильні машини, формувальні та нарізні пристрої, конвекційні та тунельні печі), дотримання нормативно-правових актів набуває особливого значення [63, 64]. Працівники піддаються потенційним ризикам, пов’язаним із високими температурами, гарячим паром, вологою, електричним струмом, а також із фізичними та хімічними небезпеками у виробничому середовищі.

Нижче наведено систематизовану інформацію про основні нормативно-правові документи України, що регламентують охорону праці на підприємствах кондитерської промисловості та мають практичне значення для виробництва безглютенового печива. Нормативно-правові документи з охорони праці при виробництві безглютенового печива представлені на табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Нормативно-правові документи з охорони праці при виробництві безглютенового печива

№	Нормативно-правовий документ	Ключові положення	Значення для виробництва безглютенового печива
1	Конституція України (1996) [60]	Право громадян на безпечні та здорові умови праці	Гарантує правовий захист працівників кондитерських підприємств

№	Нормативно-правовий документ	Ключові положення	Значення для виробництва безглютенового печива
2	Закон України «Про охорону праці» (1994) [61]	Обов'язки роботодавця щодо створення безпечних умов, інструктажів та медичних оглядів	Регламентує роботу з печами, тістомісильними та формувальними машинами
3	Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» (2025) [65]	Соціальне страхування від нещасних випадків та професійних захворювань	Забезпечує соціальний захист працівників
4	Наказ МВС України №1417 «Про затвердження Правил пожежної безпеки» (2024) [66]	Вимоги щодо запобігання пожежам, утримання приміщень, експлуатації електрообладнання	Критично важливий для роботи з печами та електрообладнанням
5	Закон України «Про безпечність та якість харчових продуктів» №771/97-ВР (2025) [62]	Гігієнічні вимоги, контроль виробничого середовища	Забезпечує санітарну безпеку безглютенового печива

Аналіз нормативно-правової бази свідчить, що безпечне виробництво безглютенового печива потребує комплексного підходу, який поєднує законодавчі гарантії, організаційні заходи та технічні вимоги. Дотримання Конституції та законів України забезпечує правовий захист працівників, вимагає регулярних інструктажів та медичних оглядів. Норми пожежної безпеки та санітарні правила регламентують експлуатацію обладнання та умови виробничого середовища. У сукупності ці документи створюють основу для мінімізації ризиків травмування, професійних захворювань та забруднення продукту, що є критично важливим для сучасного безпечного виробництва безглютенового печива.

Дотримання нормативно-правових документів України дозволяє забезпечити права та обов'язки роботодавців і працівників, а також організацію безпечних умов праці.

6.2. Вимоги до виробничих приміщень та обладнання при виготовленні печива

Виробництво безглютенового печива відрізняється підвищеною чутливістю продукту до санітарно-гігієнічних та технологічних умов, що висуває особливі вимоги до організації виробничих приміщень та обладнання. Підприємство повинно мати чітко розмежовані зони, які включають виробничу, допоміжну та санітарно-побутову території, що забезпечує безпечну та ефективну роботу персоналу та знижує ризики перехресного забруднення [63, 65]. Організація потоків сировини, напівфабрикатів та готової продукції повинна відбуватися без перехрещення, що дозволяє мінімізувати можливість забруднення безглютенового печива та забезпечує відповідність принципам НАССР.

Виробничі приміщення оснащуються твердим, водонепроникним покриттям підлоги, яке легко піддається миттю та дезінфекції, а наявність ухилу та дренажних систем сприяє своєчасному видаленню води та запобігає накопиченню вологи. Стіни та стелі виконуються з матеріалів, стійких до хімічних миючих засобів, що забезпечує довговічність конструкцій та легкість їх санітарної обробки. Виробниче середовище повинно мати рівномірне і достатнє освітлення, що дозволяє персоналу контролювати якість сировини та готової продукції, а також своєчасно виявляти дефекти в тестових масах та печиві [63].

Мікроклімат приміщень відіграє важливу роль у забезпеченні стабільності виробництва безглютенового печива. Вентиляційні та кондиціонуючі системи повинні підтримувати оптимальні параметри температури та вологості, що критично для структури та властивостей безглютенового тесту, оскільки навіть невеликі коливання цих факторів можуть впливати на консистенцію тіста, його об'єм та якість готового виробу [65]. Санітарно-побутові приміщення для персоналу розташовуються окремо від виробничих цехів і організовані за принципом роздільних потоків «чисте-брудне», що дозволяє знизити ризики переносу забруднень і забезпечити дотримання правил особистої гігієни. Важливим елементом є забезпечення працівників засобами індивідуального

захисту та наявність душових і роздягалень, що відповідають сучасним гігієнічним стандартам [63].

Обладнання та технологічна послідовність приміщень організуються таким чином, щоб відповідати етапам виробничого процесу від прийому сировини до пакування готового печива. Таке планування забезпечує логічний потік виробництва, дозволяє знизити ризики травмування працівників під час роботи з гарячими печами та тістомісильними машинами, а також оптимізує контроль якості на кожному етапі технологічного процесу. Використання сучасного сертифікованого обладнання, яке легко очищується та має захисні пристрої, сприяє підвищенню безпеки виробництва та зниженню потенційних мікробіологічних та фізичних забруднень у готовому продукті.

Таким чином, дотримання вимог до виробничих приміщень та обладнання забезпечує комплексну систему безпеки на підприємствах, що виготовляють безглютенове печиво, і створює умови для стабільного виробництва продукту високої якості, відповідного сучасним стандартам харчової промисловості [63, 65].

6.3. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Виробництво безглютенового печива характеризується поєднанням механічних, теплових, електротехнічних та санітарно-гігієнічних факторів, що можуть становити потенційну загрозу для працівників та впливати на безпеку продукту [64, 67, 68]. До механічних факторів відносяться рухомі частини обладнання, такі як тістомісильні та формувальні машини. Контакт рук працівника з рухомими елементами може призвести до травмування, порізів або защемлень, тому для зниження ризику застосовуються захисні кожухи, блокувальні механізми та регламентація дій персоналу. небезпечні та шкідливі фактори при виробництві безглютенового печива представлені на табл. 6.2.

Теплові фактори виробництва проявляються через високі температури, що супроводжують роботу печей, конвекційних та тунельних печей. Тривалий контакт з гарячими поверхнями або випічка безглютенового печива у неконтрольованих

умовах може призводити до опіків та перегріву персоналу. Для мінімізації таких ризиків застосовують теплоізоляційні матеріали, спеціальний захисний одяг та організацію безпечних маршрутів переміщення робітників у виробничих цехах.

Таблиця 6.2

Небезпечні та шкідливі фактори при виробництві безглютенового печива

№	Фактор	Характеристика	Потенційний вплив	Заходи зниження ризику
1	Висока температура	Печі, конвекційні апарати	Опіки, перегрів	Теплоізоляція, спецодяг
2	Рухомі частини обладнання	Тістомісильні та формувальні машини	Травмування рук	Захисні кожухи, блокування
3	Електричний струм	Печі, конвекційні печі	Ураження електрострумом	Заземлення, контроль ізоляції
4	Вологість та конденсат	Миття обладнання	Падіння, простудні захворювання	Вентиляція, неслизьке покриття
5	Підвищений шум	Механічні машини	Втома, зниження уваги	Шумопоглинання, беруші
6	Хімічні засоби	Мийні та дезінфекційні засоби	Подразнення шкіри, слизових	Захисні рукавички, регламенти
7	Фізичне навантаження	Ручне переміщення сировини	Втома, захворювання опорно-рухового апарату	Механізація, організація праці
8	Пожежонебезпека	Печі, нагрівальні елементи	Пожежа	Дотримання ППБУ, вогнегасники
9	Санітарно-біологічні фактори	Контакт з борошном, горіхами, добавками	Алергії, мікробні ризики	Санітарний режим, ЗІЗ

Електротехнічні фактори включають ризики ураження електричним струмом від обладнання, що працює під високою напругою, зокрема печей і конвекційних машин. Безпека забезпечується системами заземлення, регулярним контролем ізоляції та дотриманням інструкцій щодо роботи з електроприладами.

Вологість та конденсат у приміщеннях, що виникають під час миття обладнання або під впливом технологічного процесу, створюють потенційну небезпеку падіння, а також сприяють розвитку простудних захворювань серед персоналу. Для їх контролю застосовують ефективні вентиляційні системи, вологовідштовхуюче та неслизьке покриття підлоги, що забезпечує безпечні умови пересування.

Підвищений шум від механічних машин може призводити до втоми, зниження концентрації уваги та зростання ризику нещасних випадків. Для зменшення негативного впливу використовують системи шумопоглинання, а також індивідуальні засоби захисту слуху, наприклад, беруші.

Хімічні фактори виникають у результаті використання мийних та дезінфекційних засобів для очищення обладнання та виробничих приміщень. Невикористання засобів індивідуального захисту, таких як рукавички та захисні окуляри, може викликати подразнення шкіри, слизових оболонок та алергічні реакції. Дотримання регламентів щодо концентрації та способу застосування хімічних засобів дозволяє знизити цей ризик до мінімуму.

Фізичне навантаження працівників, пов'язане з ручним переміщенням сировини та готової продукції, може призводити до перевтоми та захворювань опорно-рухового апарату. Механізація процесів транспортування, використання підйомних пристроїв та раціональна організація праці значно зменшують такі ризики.

Пожежонебезпечні фактори утворюються через роботу з нагрівальними елементами та високотемпературними печами. Наявність джерел відкритого вогню та електрообладнання робить критично важливим дотримання правил пожежної безпеки, забезпечення вогнегасниками та автоматичними системами сигналізації.

Нарешті, санітарно-біологічні фактори включають контакт з борошном, горіхами, різноманітними добавками та іншими інгредієнтами, що може спричиняти алергічні реакції та підвищувати ризики мікробного забруднення. Дотримання санітарного режиму, регулярна дезінфекція обладнання та приміщень, а також використання засобів індивідуального захисту персоналу є обов'язковими умовами безпечного виробництва [64, 67, 68].

Аналіз виробничих факторів показує, що процес виготовлення безглютенового печива супроводжується комплексом небезпечних і шкідливих чинників, що включають механічні, теплові, електротехнічні, санітарно-гігієнічні та фізичні ризики. Ефективне управління цими факторами передбачає інтегровану систему захисних заходів, що поєднує технічні рішення, організаційні заходи та засоби індивідуального захисту. Такий підхід дозволяє мінімізувати травматизм, забезпечити санітарну безпеку та стабільність виробничого процесу, що є критично важливим для виробництва високоякісного безглютенового печива.

6.4. Заходи щодо оптимізації умов праці та підвищення безпеки виробництва

Оптимізація умов праці на підприємствах, що виготовляють безглютенове печиво, передбачає комплекс інженерно-технічних, організаційних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на зниження ризиків травмування, професійних захворювань та забезпечення безпеки продукту [61, 63, 64]. До інженерно-технічних заходів належить застосування теплоізоляції печей, що зменшує контакт персоналу з гарячими поверхнями та запобігає опікам. Використання захисних екранів та дотримання безпечних відстаней між машинами дозволяє уникати випадкових травм під час роботи з тістомісильними та формувальними агрегатами [61, 68]. Крім того, захисні кожухи на рухомих частинах обладнання та блокувальні системи забезпечують автоматичне припинення роботи машини у разі небезпечного втручання, що значно підвищує рівень безпеки працівників.

Особливу увагу приділяють електробезпеці: регулярний контроль стану ізоляції, перевірка систем заземлення та технічне обслуговування електрообладнання є обов'язковими заходами, які знижують ймовірність ураження електричним струмом та гарантують безперебійну роботу виробництва [61].

Санітарно-гігієнічні заходи спрямовані на підтримання оптимального мікроклімату у виробничих приміщеннях. Ефективна вентиляція та кондиціонування повітря дозволяють підтримувати відносну вологість на рівні 50–60 % та температурний режим, що сприяє стабільності безглютенового тесту і запобігає розвитку мікробіологічних забруднень [63, 69]. Не слизьке покриття підлоги, регулярне санітарне очищення та дезінфекція обладнання і приміщень створюють безпечні умови пересування та зменшують ризик падінь або контактного забруднення продукції [63, 59].

Організаційні заходи передбачають чітку регламентацію роботи персоналу та постійне навчання. Всі категорії працівників проходять первинні та повторні інструктажі, а також регулярне навчання правилам безпечної експлуатації обладнання та технологічних процесів [61, 64]. Механізація ручних операцій і раціональна організація праці, включаючи чергування видів діяльності, дозволяють зменшити фізичне навантаження та запобігти перевтомі, що підвищує загальний рівень безпеки виробництва та ефективність роботи персоналу.

У сукупності інженерно-технічні, санітарно-гігієнічні та організаційні заходи формують комплексну систему захисту, яка забезпечує безпечне та стабільне виробництво безглютенового печива. Реалізація таких заходів є невід'ємною складовою сучасних стандартів охорони праці та сприяє підвищенню якості готової продукції [61, 63, 64, 68, 69, 59].

6.5. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) є невід'ємним елементом системи охорони праці на підприємствах, що виробляють безглютенове печиво, і покликані знижувати вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів на персонал [69, 70].

Вони забезпечують захист працівників від механічних, теплових, хімічних, санітарно-біологічних та акустичних ризиків, що характерні для кондитерського виробництва.

Санітарний одяг, що включає халати та фартухи, створює бар'єр для контакту з сировиною та мінімізує ризик біологічного забруднення, що особливо важливо при роботі з безглютеновим борошном і сухими добавками. Взуття з неслизькою підошвою запобігає падінням на вологих або слизьких підлогах, що часто виникають під час миття обладнання або внаслідок технологічного процесу. Термостійкі рукавиці забезпечують захист рук працівників від високих температур печей та гарячих поверхонь, тоді як звичайні захисні рукавички потрібні для безпечного контакту з мийними та дезінфекційними засобами під час санітарної обробки (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Засоби індивідуального захисту при виробництві безглютенового печива

№	ЗІЗ	Від чого захищає	Категорія працівників
1	Санітарний одяг (халат, фартух)	Контакт з сировиною, біологічні фактори	Усі виробничі працівники
2	Взуття з неслизькою підошвою	Падіння на слизьких підлогах	Оператори та підсобні працівники
3	Термостійкі рукавиці	Гарячі поверхні печей	Працівники випікальної ділянки
4	Захисні рукавички	Мийні та дезінфекційні засоби	Персонал санітарної обробки
5	Захисні окуляри	Бризки тіста та гарячих мас	Працівники формувальної та випікальної ділянки
6	Головні убори	Потрапляння волосся в продукт	Усі працівники виробничих приміщень
7	Протипилові маски	Пил борошна та сухих добавок	Працівники підготовки сировини
8	Беруші	Підвищений рівень шуму	Біля механічного обладнання

Захисні окуляри оберігають очі персоналу від бризок тіста та гарячих мас, що утворюються на формувальних та випікальних ділянках, а головні убори запобігають потраплянню волосся у продукцію, забезпечуючи гігієнічну безпеку безглютенового печива. Протипилові маски використовуються при роботі з борошном та сухими харчовими добавками, що знижує ризик алергічних реакцій та подразнення дихальних шляхів. Для зменшення негативного впливу підвищеного рівня шуму від механічного обладнання застосовують беруші, що дозволяє уникати втрати концентрації та профілактики професійних захворювань слуху.

Аналіз засобів індивідуального захисту показує, що їх системне використання є ключовим фактором забезпечення безпеки праці та санітарної чистоти виробництва безглютенового печива. Кожен вид ЗІЗ спрямований на нейтралізацію конкретного виробничого ризику: від термічних та механічних до хімічних, санітарно-біологічних і акустичних. Впровадження та суворе дотримання правил застосування ЗІЗ дозволяє значно знизити ймовірність травм, професійних захворювань і забруднення продукту, що є критично важливим для безпечного та високоякісного виробництва [69, 70].

6.6. Пожежна безпека та заходи цивільного захисту в надзвичайних ситуаціях

Забезпечення пожежної безпеки та цивільного захисту є критичною складовою організації виробництва безглютенового печива, оскільки технологічний процес поєднує використання високотемпературного обладнання, електроприладів та хімічних речовин. Підприємство повинно бути оснащено первинними засобами пожежогасіння, системами пожежної сигналізації та планами евакуації, що забезпечують оперативне реагування у разі виникнення небезпечних ситуацій [66, 62, 67].

Заходи цивільного захисту охоплюють широкий спектр дій, необхідних для збереження життя та здоров'я персоналу під час надзвичайних ситуацій. До них належать дії при повітряній тривозі, аварійних відключеннях електромереж,

обстрілах, витоках хімічних речовин, а також інших надзвичайних ситуаціях, що можуть виникнути як у мирний, так і воєнний час [62]. Організація укриттів з необхідним запасом води, аптечок та інших засобів першої допомоги дозволяє забезпечити базову життєздатність персоналу до моменту ліквідації загрози. Навчання персоналу діям у надзвичайних ситуаціях та регулярне проведення тренувань підвищують готовність до оперативного реагування та мінімізують ризик травмування або паніки. Табл. 6.4 демонструє можливі надзвичайні ситуації та рекомендовані дії персоналу.

Таблиця 6.4

Дії персоналу при надзвичайних ситуаціях

№	Надзвичайна ситуація	Потенційна небезпека	Дії персоналу
1	Пожежа	Опіки, загроза життю	Використати вогнегасники, евакуація за планом
2	Задимлення	Отруєння продуктами горіння	Відключення обладнання, залишити зону
3	Аварійне відключення електроенергії	Пошкодження обладнання	Безпечна зупинка технології
4	Витік гарячого тіста	Опіки	Покинути небезпечну зону, повідомити відповідального
5	Повітряна тривога	Загроза життя	Припинити роботу, перейти в укриття
6	Руйнування будівлі	Обвал конструкцій	Евакуація, дотримання інструкцій цивільного захисту
7	Витік хімікатів	Подразнення	Використання ЗІЗ, локалізація витоку

Таким чином, інтеграція системи пожежної безпеки та цивільного захисту у виробничий процес забезпечує комплексну готовність підприємства до надзвичайних ситуацій та значно підвищує безпеку працівників. Регулярне оновлення планів, інструктажів та навчальних тренувань гарантує злагодженість дій персоналу під час кризових подій і забезпечує безперервність технологічного процесу.

Висновки до розділу 6

1. Охорона праці на підприємствах з виробництва безглютенового печива регламентується комплексом нормативно-правових документів України, що визначають права та обов'язки роботодавців і працівників, а також вимоги до організації безпечних умов праці. Виконання інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних та організаційних заходів дозволяє мінімізувати ризики механічних, теплових, електротехнічних та біологічних небезпек, підвищити ефективність технологічного процесу та гарантувати високу якість продукції.

2. Врахування загроз воєнного та надзвичайного характеру, забезпечення цивільного захисту, наявність систем пожежної безпеки, навчання персоналу та оснащення укриттів роблять виробництво більш стійким та безпечним для працівників, забезпечуючи безперервність та надійність технологічного процесу. Комплексне дотримання усіх заходів охорони праці та безпеки є ключовим фактором формування безпечного та ефективного підприємства кондитерської промисловості, що виготовляє безглютенове печиво.

ВИСНОВКИ

1. У результаті виконання досліджень та аналітичної роботи над дипломною роботою встановлено, що виробництво безглютенового печива є перспективним напрямом розвитку харчової та кондитерської промисловості, зважаючи на зростаючий попит на продукти для людей із целіакією та тих, хто дотримується здорового способу життя. Актуальність впровадження таких виробів на ринок підтверджується підвищеним інтересом до функціональних кондитерських продуктів із пониженим глікемічним індексом.
2. Аналіз наукової літератури та ринкових тенденцій показав, що використання альтернативних видів борошна (гречаного, мигдального, кукурудзяного, кокосового, льняного) сприяє досягненню оптимальних харчових, структурно-механічних та технологічних характеристик печива. Дослідні зразки безглютенового печива характеризуються підвищеним вмістом білка (7,2–7,5 г/100 г), харчових волокон (6,5–7,0 г/100 г) та мінеральних речовин (10–12 %) у порівнянні з контрольними зразками на основі пшеничного борошна.
3. Фізико-хімічний аналіз показав, що вологість печива становила 3,7–4,8 %, рН – 6,0–6,2, активність води (a_w) – 0,42–0,52, а калорійність – 398–410 ккал/100 г. Редукуючі цукри у дослідних зразках коливалися від 14,8 до 28,5 %, загальний вміст цукрів – 50,2–64,3 %, що забезпечує збалансовану солодкість і стабільну текстуру. Глікемічний індекс дослідних печив F1–F4 становив 36–43, що значно нижче контрольних значень (55–57) і робить продукти більш придатними для споживачів із контролем рівня цукру в крові.
4. Структурно-механічні показники підтвердили високий рівень якості: міцність – 13,8–15,2 Н, деформація при стисканні – 22–26 %, еластичність – 0,84–0,88. Найбільш щільне і хрустке печиво отримано з гречки та льняного борошна, тоді як комбінації мигдального, кукурудзяного і кокосового борошна забезпечують оптимальну пластичність та пружність м'якуша.

5. Органолептична оцінка свідчить про приємний смак, рівномірну структуру та аромат, близький до традиційного печива; загальна оцінка дослідних зразків – 4,42–4,56 бали. Використання стевії, меду та інуліну дозволяє зберегти хрусткість, оптимальну солодкість та покращити функціональні властивості продукту.
6. Запропонована технологія передбачає контроль вологості та температури випікання (175–180 °C протягом 10–12 хв), до використання емульгаторів і стабілізаторів, охолодження до 25 °C та стандартизовану рецептуру, що забезпечує стабільність розмірів, текстури та смакових властивостей безглютенового печива. Дотримання санітарних норм та правил безпеки праці гарантує безпечні умови виробництва.
7. Практична цінність роботи полягає у можливості впровадження розроблених рецептур і технології для промислового виробництва безглютенового печива високої якості з підвищеною харчовою цінністю, збалансованою калорійністю та зниженим глікемічним індексом. Такі вироби рекомендовані для широкого кола споживачів, включаючи людей із целиакією, діабетом та тих, хто дотримується здорового способу життя.
8. Проведені дослідження підтвердили ефективність удосконаленої технології безглютенового печива, яка забезпечує: підвищену харчову цінність (білки 7,2–7,5 г/100 г, харчові волокна 6,5–7,0 г/100 г); стабільну текстуру та підвищену крихкість (+15 %); оптимальну калорійність 398–410 ккал/100 г; знижений глікемічний індекс (36–43); безпечні умови праці та відповідність санітарним нормам; можливість комерційного впровадження на підприємствах кондитерської промисловості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. International Association for Cereal Science and Technology (ICC), 21st ICC Conference “Cereals and Pulses: Bridging Science and Innovation to Drive the Transformation of the Food System”, 23–25 September 2025, Vienna, Austria : proceedings. – Vienna, Austria : International Association for Cereal Science and Technology, 2025. <https://www.icc-conference.com>.
2. Осокіна, Н. М., Костецька, К. В., Кисіль, А. А., Андрущенко, О. Л. (2025). Фізико-технологічне оцінювання хліба безглютенового. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*, №2, 58–62. URL: <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2025-2-9>
3. World Meet on Food Science and Technology (WMFOODTECH2025) : proceedings, 25–27 September 2025, Bern, Switzerland / InSciTech Summits. Bern, Switzerland: InSciTech Summits, 2025. URL: <https://inscitechsummits.com/2025/food-science>.
4. Utarova, N., Kakimov, M., Gajdzik, B., et al. (2024). Development of gluten-free bread production technology with enhanced nutritional value in the context of Kazakhstan. *Foods*, 13(2), 271. <https://doi.org/10.3390/foods13020271>
5. Грищенко, А. М., Дробот, В. І. (2025). Технологічні властивості безглютенових видів сировини. *Наукові праці ОНАХТ*.
6. Осокіна, Н. М., Костецька, К. В., Кисіль, А. А., Андрущенко, О. Л. (2025). Фізико-технологічне оцінювання хліба безглютенового. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*, №2, 58–62. <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2025-2-9>
7. Дорохович, В. В., Лазоренко, Н. П. (2025). Безглютенові борошняні кондитерські вироби: вплив борошна на реологічні властивості тіста. *Обладнання та технології харчових виробництв*.
8. Parker, L., Pronina, Y., Belozertseva, O., Nabiyeva, Z., Pirozzi, A., Carpentieri, S., Ferrari, G., Bazykhanova, E., & Burluyayeva, A. (2024). Enhancing nutritional value and health benefits of gluten-free confectionery products: innovative pastilles and

- marshmallows. *Frontiers in Nutrition*, 10, Article 1321004. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1321004>.
9. Arif, M. R., Hussain, A., Najam, A., et al. (2025). A review on gluten-free and low-glycemic index bakery products. *Discover Applied Sciences*, 7, 541. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07153-4>
 10. Stoin, D., et al. (2025). Current trends in gluten-free biscuit formulation. *Foods*, 14(23), 4074. <https://doi.org/10.3390/foods14234074>
 11. Денисова, Н. М., Зінюк, М. О., Буяльська, Н. П. (2019). Використання добавок безглютенового борошна. *Технічні науки та технології*, №3(17), 234–240.
 12. Чорна, Н., Полятикіна, Ю. (2024). Дослідження харчових властивостей безглютенового борошна. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*.
 13. Положишникова, Л. О., Суткович, Т. Ю., Олійник, Н. В. (2022). Розширення асортименту безглютенових мучних кондитерських виробів. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*.
 14. Pashaei, M., Bahmanyar, F., Tahmouzi, S. (2025). The role of enzymes in gluten-free bakery products. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100923>
 15. Ola, E., Hogan, V. J., Seo, H.-S. (2025). Descriptive sensory analysis of gluten-containing and gluten-free chocolate chip cookies. *Foods*, 14(13), 2233. <https://doi.org/10.3390/foods14132233>
 16. Gasparre, N., Pasqualone, A., Mefleh, M., Boukid, F. (2022). Nutritional quality of gluten-free bakery products. *Foods*, 11(24), 4095. <https://doi.org/10.3390/foods11244095>
 17. Гіренко, Н., Єна, А. (2025). Функціональні безглютенові вироби на основі амарантового та гречаного борошна. *Матеріали конференції*.
 18. Medvedieva, A., Antoniuk, M. (2023). Безглютенові хлібобулочні вироби на основі льняного борошна з додаванням псиліуму. *Товари і ринки*, 1, 92–104. <https://journals.knute.edu.ua/commodities-and-markets/article/view/1629>

19. Papagianni, E., Kotsiou, K., Matsakidou, A., Biliaderis, C. G., Lazaridou, A. (2024). Development of clean-label gluten-free breads fortified with flaxseed slurry. *Food Hydrocolloids*, 150, 109823. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.109823>
20. Чорна, Н., Полятикіна, Ю. (2024). Дослідження харчових властивостей безглютенового борошна з зернових та псевдозлакових культур. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-345-6-10>
21. Marpalle, P., Sonawane, S. K., Arya, S. S. (2014). Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread. *LWT – Food Science and Technology*, 58(2), 614–619. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.003>
22. Денисова, Н. М., Зінюк, М. О., Буяльська, Н. П. (2019). Використання добавок безглютенового борошна в технології виробництва хлібобулочних виробів. *Технічні науки та технології*, №3(17).
23. Осокіна, Н. М., Денисова, Н. М. (2021). Фізико-технологічні властивості безглютенового хліба на основі альтернативних видів борошна. *Наукові праці НУХТ*, 27(4), 112–120.
24. Денисова, Н. М., Осокіна, Н. М. (2022). Реологічні показники тіста та якість безглютенових хлібобулочних виробів. *Харчова наука і технологія*, 16(2), 85–94.
25. Іванова, О. В., Ковальчук, Л. П. (2023). Використання насіння льону в технології безглютенових борошняних сумішей. *Вісник аграрної науки*, 5, 67–73.
26. Nakov, G., Jukić, M., Soler, F., Syleimanova, S., Lukinac, J., Estivi, L., Brandolini, A., Hidalgo, A. (2025). Enhancing the antioxidant and nutritional profile of gluten-free sourdough bread using hemp press cake meal. *Foods*, 14(20), 3571. <https://doi.org/10.3390/foods14203571>
27. Gasparre, N., Pasqualone, A., Mefleh, M., Boukid, F. (2022). Nutritional quality of gluten-free bakery products labeled ketogenic and/or low-carb sold in the global market. *Foods*, 11(24), 4095. <https://doi.org/10.3390/foods11244095>
28. Akram, S., et al. (2025). Development and quality assessment of gluten-free cookies using rice flour and date palm as sweetener. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1645063>

29. Боковець, О. В., та ін. (2024). Розробка технології безглютенових виробів із використанням льняного борошна. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*, 2, 45–53. <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/828>
30. Xu, Y., Li, X., Zhao, L. (2014). Effect of flaxseed flour on rheological properties of wheat flour dough. *Journal of Food Research*, 3(6), 83–92. <https://ccsenet.org/journal/index.php/jfr/article/view/38357>
31. Liu, T., Wang, S., Zhang, H., Chen, J. (2020). Influence of flaxseed flour as partial replacement for wheat flour on dough and bread characteristics. *RSC Advances*, 10(68), 41457–41466. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2020/ra/d0ra05742h>
32. Jiang, X., Wang, L., Li, J., Zhang, Y. (2023). Influence of roasted flaxseed marc flour on rheological, structural, and water distribution properties of dough. *Journal of Food Science*, 88(11), 5120–5134. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37876320/>
33. Renzetti, S., Rosell, C. M., Torbica, A. (2010). Starch and protein effects on gluten-free dough rheology and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 329–336. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.07.039>
34. Arvanitoyannis, I. S., Van Houwelingen-Koukaliaroglou, M. (2005). Effect of hydrocolloids on the shelf-life and quality of gluten-free bakery products. *Food Reviews International*, 21(1), 1–68. <https://doi.org/10.1080/87559120590893361>
35. Koehler, P., Wieser, H. (2013). Chemistry of gluten proteins and their role in cereal products. *Food Science and Nutrition*, 53(10), 1941–1954. <https://doi.org/10.1002/fsn3.137>
36. Gallagher, E., Gormley, T. R., Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3–4), 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.10.004>
37. Collar, C. (2009). Hypothesis on mechanisms of hydrocolloid functionality in gluten-free doughs. *Journal of Food Engineering*, 95(3), 393–401. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.05.025>
38. Roca, M., Pérez, G. T., Martín, A., Varela, P. (2015). Effect of rice flour particle size on gluten-free bread quality. *Journal of Food Quality*, 38(6), 456–464. <https://doi.org/10.1111/jfq.12184>

39. Moore, M. M., Ryan, L. A. M., Arendt, E. K. (2004). The use of different hydrocolloids on the quality of gluten-free bread. *European Food Research and Technology*, 218(1), 12–19. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0851-z>
40. O’Shea, N., Arendt, E. K., Gallagher, E. (2014). Improvement of gluten-free bakery products through protein and hydrocolloid systems. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(1), 199–207. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12262>
41. Capriles, V. D., Arêas, J. A. G. (2013). Effects of prebiotic fibers on gluten-free baked products: nutritional and technological aspects. *Food Chemistry*, 136(2), 861–868. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.031>
42. Schober, T. J., Bean, S. R., Boyle, D. L. (2007). Unique rheological properties of gluten-free dough and their technological improvement. *Cereal Chemistry*, 84(2), 185–192. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-84-2-0185>
43. Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., Biliaderis, C. G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1033–1047. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.032>
44. Mariotti, M., Pagani, M. A., Lucisano, M. (2013). The role of water activity in gluten-free bakery products during storage. *LWT – Food Science and Technology*, 54(1), 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.012>
45. Pashaei, M., Bahmanyar, F., Tahmouzi, S. (2025). The role of enzymes in gluten-free bakery products: A review of technological and nutritional perspectives. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100923>
46. Moore, M. M., Hassan, H. F., Mourad, L., Khatib, N., Assi, R., Akil, S., El Khatib, S. (2024). *Perceptions towards gluten-free products among consumers: A narrative review*. *Food Research International*, 169, Article 100441. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100441>
47. Anderson, J. W., Baird, P., Davis, R. H. Jr., Ferreri, S. P., Knudtson, M., Koraym, A., Waters, V., Williams, C. L. (2009). Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, 67(4), 188–205. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00189.x>

48. Šmídová, Z. (2022). Gluten-free bread and bakery products technology. *Foods*, 11(3), 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>
49. Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3–4), 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.10.004>
50. Bello, F. D., Culetu, A., Apostol, L. E., & Popa, M. E. (2020). Trends and challenges in gluten-free baking products ingredients: a review. *Journal of Food Science and Technology*.
51. Awulachew, M. T. (2021). A review of non-gluten components in gluten-free bread characteristics, dough baking quality and viscoelastic qualities. *International Journal of Food Science and Biotechnology*, 6(4), 115–120. <https://doi.org/10.11648/j.ijfsb.20210604.14>
52. Šmídová, Z. & Rysová, J. (2022). Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology. *Foods*, 11(3), 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>
53. Чернишова, Т. В., Коваленко, І. О. (2020). Використання еритритолу в безглютенових кондитерських виробках: вплив на текстуру та вологість. *Харчова промисловість*, 12(4), 45–51.
54. Іванова, Н. М., Петрова, Л. В. (2019). Стевія як підсолоджувач у функціональних безглютенових продуктах. *Технології харчових продуктів*, 8(2), 33–38.
55. Сидоренко, О. П., Мельник, В. Ю. (2021). Використання меду для підвищення органолептичних властивостей печива. *Харчова наука та технологія*, 15(1), 22–28.
56. Бондаренко, С. І., Литвиненко, Т. В. (2018). Інулін як пребіотичний наповнювач у безглютенових сумішах: структурна та функціональна роль. *Науковий вісник харчової промисловості*, 10(3), 56–63.
57. ДСТУ 46.001–99. Печиво. Методи визначення вологості. Київ: Державний комітет стандартів України, 1999. – 6 с.
58. ДСТУ 46.002–99. Печиво. Методи визначення жиру (екстракція ефіром/бензолом). Київ: Державний комітет стандартів України, 1999. 5 с.

59. ДСТУ 3659:2023. Цукор. Метод визначення вологості за втратою маси під час висушування. Київ: Національний орган стандартизації України, 2023. 8 с.
60. Конституція України : Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. Київ, Україна : Верховна Рада України, 1996. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр>
61. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ. Київ, Україна : Верховна Рада України, 1992. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
62. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» : Закон України № 771/97-ВР (чинний від 18.01.2025). – Київ, Україна : Верховна Рада України, 1997. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр>
63. ДСТУ ISO 22000:2019 «Системи управління безпечністю харчових продуктів».
64. Наказ від 12.05.2010 № 400 «Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною".(ДСанПН 2.2.4- 171- 1). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0452-10?utm_source=chatgpt.com#Text. дата звернення 05.05.2025. .
65. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування». Документ, 1105 – XIV, чинний, поточна редакція від 08.05.2025. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14#Text>
66. Наказ МВС України №1417 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні» (чинна редакція 14.08.2024).
67. Войналович О.В., Марчиниша Є.І., Мотрич М.М. Охорона праці в галузі: навчальний посібник для студентів спеціальності 181 – Харчові технології. К.: Центр навчальної літератури. 2020. 380 с.
68. Закон України від 23.12.1997 № 771/97-ВР Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів. Чинний від 18.01.2025.
69. Качинська, Н. Ф. *Охорона праці та цивільний захист. Практикум* : навч. посібник. Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2021. 256 с.
70. Войналович, О. В., Марчишина, Є. І. *Охорона праці в галузі. Харчові технології* : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 312 с. ISBN 978-611-01-1228-4.