

**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 хліба з підвищеним**  
**вмістом харчових волокон**

23ХТД.2659980.02.26

Виконав: <u>студент</u>	<u>21 Мб ХТ групи</u>	(підпис)	Тарас БАБЕНКО (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 Олесь Прісс  
(підпис)(ініціали та прізвище)

« 24 » жовтня 2025 р

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

СТУДЕНТУ Бабенку Тарасу Ігоровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон

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

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

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

3. Вихідні дані до роботи технологія, рецептури хліба з підвищеним вмістом харчових волокон

4. Перелік питань, які потрібно розробити вступ, аналітичний огляд літератури; об'єкти, методика та умови проведення досліджен; результати досліджень та їх узагальнення, технологічна частина, економічні показники інноваційної технології виготовлення хліба з підвищеним вмістом харчових волокон, 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			

6. Дата видачі завдання

24 жовтня 2025 р.**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

Бабенко Т.І.

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи

Сердюк М.Є.

)

(ініціали та прізвище)

(підпис)

## АНОТАЦІЯ

**Бабенко Т. І.** Удосконалення технології виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон. – Кваліфікаційна робота. Кафедра харчових технологій та готельно-ресторанної справи. – Запоріжжя, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2026.

Текст викладений на 85 сторінках, містить 6 розділів, 13 таблиць, 8 рисунків, 58 літературних джерел.

Дослідження, результати яких представлені в роботі, присвячені удосконаленню технології виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон. Розроблено три дослідні рецептури хліба з різними комбінаціями компонентів, збагачених харчовими волокнами: висівками, яблучною та вівсяною клітковиною, насінням льону та чіа, інуліном і пектином. Результати дослідження підтвердили позитивний вплив харчових волокон на основні технологічні показники тіста та хліба. Найвищі результати демонструє варіант 2, до складу якого входять вівсяна клітковина, насіння чіа та житні висівки – інгредієнти з високим вмістом розчинної клітковини, що покращує газоутворення, підйом тіста, структуру м'якуша і рівномірність пористості. Водночас варіант 1 із яблучною клітковиною, пшеничними висівками та інуліном показав гарний баланс усіх характеристик, а варіант 3 – ефективну стабілізацію структури за рахунок пектину. Контрольний зразок суттєво поступається дослідним за всіма технологічними показниками. На основі отриманих даних удосконалено технологію виготовлення хліба з підвищеним вмістом харчових волокон, що дозволяє оптимізувати рецептуру для забезпечення високих показників якості, функціональної цінності та споживчої привабливості продукції. Проведено SWOT – аналіз удосконаленої технології. Виявлено основні виробничі ризики та обґрунтовано потребу в оптимізації умов праці шляхом застосування індивідуальних засобів захисту, протипожежних систем і чітких планів реагування на надзвичайні ситуації.

*Ключові слова: хліб, харчові волокна, пшеничні висівки, житні висівки, яблучна клітковина, вівсяна клітковина, насіння льону, насіння чіа, інулін, пектин.*

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. Теоретичні основи використання харчових волокон у хлібопекарській промисловості.....	11
1.1 Загальна характеристика харчових волокон.....	11
1.2 Вплив харчових волокон на технологічні процеси випікання хліба.....	15
1.3 Аналіз існуючих розробок хлібобулочних виробів із підвищеним вмістом харчових волокон.....	17
РОЗДІЛ 2. ОБ’ЄКТИ, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	23
2.1 Програма досліджень та схема дослідів.....	23
2.2 Об’єкти та матеріали досліджень .....	23
2.3 Методика проведення досліджень.....	28
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ УЗАГАЛЬНЕННЯ.....	32
3.1 Дослідження впливу інгредієнтів рецептури та технологічні показники тіста та готових виробів.....	32
3.2 Дослідження впливу інгредієнтів рецептури та вміст клітковини.....	35
3.3 Дослідження впливу інгредієнтів рецептури та вологоутримувальну здатність.....	37
3.4 Результати дегустаційної оцінки зразків хліба.....	39
3.5 Визначення енергетичної цінності хліба з підвищеним вмістом харчових волокон.....	41
3.2.6 Визначення глікемічного індексу хліба з підвищеним вмістом харчових волокон.....	42
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	44
4.1 Принципова технологічна схема виготовлення хліба.....	44
4.2 Опис апаратурно-технологічної схеми.....	45

4.3 Удосконалена технологічна схема виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон.....	53
РОЗДІЛ 5. SWOT-АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБА З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ХАРЧОВИХ ВОЛОКОН.....	56
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	62
6.1 Нормативно-правова база з охорони праці при виробництві хліба з підвищеним вмістом харчових волокон.....	62
6.2 Вимоги до території підприємства та облаштування споруд і приміщень	64
6.3 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	66
6.4 Заходи, щодо оптимізації умов праці	68
6.5 Засоби індивідуального захисту	70
6.6 Пожежна безпека та заходи з цивільного захисту при надзвичайних ситуаціях	72
Висновки .....	74
Список використаної літератури.....	76
ДОДАТКИ	84

## ВСТУП

В умовах сьогодення проблема здорового способу життя, раціонального харчування та профілактики захворювань через зміну способу харчування набула особливої актуальності. Рівень хронічних захворювань, зокрема ожиріння, діабету II типу, серцево-судинних патологій та онкологічних хвороб, невпинно зростає в усьому світі. Одним із ключових чинників, що впливає на загальний стан здоров'я населення, є характер харчування. Сучасна людина все частіше віддає перевагу рафінованим продуктам з низьким вмістом харчових волокон, антиоксидантів і вітамінів, що не забезпечує повноцінного функціонування організму.

У цьому контексті постає нагальна потреба у створенні функціональних продуктів харчування – таких, що не тільки насичують організм, але й позитивно впливають на його стан. Хліб, як традиційний продукт харчування, що споживається щодня переважною більшістю населення, є ідеальним об'єктом для збагачення біологічно активними речовинами, зокрема харчовими волокнами. Введення до рецептури хліба інгредієнтів, багатих на дієтичну клітковину, дозволяє суттєво покращити його поживну цінність, не змінюючи при цьому характерного смаку і структури, звичних для споживача [1].

Світова практика виробництва хлібобулочних виробів показує стійку тенденцію до використання функціональних добавок: борошна з цільного зерна, висівок, насіння льону, амаранту, вівсяного або ячмінного борошна, рослинних екстрактів тощо [2, 3]. У Європі, США, Канаді та інших країнах активно розвивається ринок "функціонального хліба" – продукту з підвищеним вмістом харчових волокон, вітамінів, мінералів, пробіотиків [4]. Водночас українська хлібопекарська промисловість лише починає адаптувати ці підходи, що створює додаткові можливості для наукових розробок у цьому напрямі.

Розробка рецептури хліба з підвищеним вмістом харчових волокон є не лише науковим, а й практичним завданням, яке сприятиме підвищенню якості харчування населення та зміцненню здоров'я нації. Сучасні технології хлібопечення дозволяють ефективно поєднувати класичні рецептури з новими

інгредієнтами, зберігаючи при цьому споживчі властивості продукції. Проте використання клітковини у виробництві хліба потребує ретельного технологічного обґрунтування, оскільки надмірне її додавання може негативно впливати на текстуру, пористість, смак і зовнішній вигляд виробів.

Актуальність дослідження також зумовлена необхідністю вдосконалення технологічних процесів хлібопекарського виробництва. Розробка нових рецептур, що включають інноваційні компоненти, потребує детального вивчення впливу цих інгредієнтів на всі етапи виробництва – від підготовки сировини до кінцевого контролю якості готової продукції. Це відкриває широке поле для наукових експериментів.

З огляду на вищезазначене, розробка рецептури хліба з підвищеним вмістом харчових волокон є вкрай важливою та актуальною науковою проблемою.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження були виконані відповідно до науково-дослідної програми «Розроблення інноваційних технологій харчової та кулінарної продукції» (ДР № 0121U110200).

**Мета і задачі досліджень.** Метою кваліфікаційної роботи було удосконалення технології виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон, задля підвищення харчової цінності продукту, зменшення його глікемічного індексу та покращення функціонально-технологічних і органолептичних характеристик.

Основними **задачами** даної роботи були:

- провести огляд літературних джерел щодо ролі харчових волокон у хлібопекарській галузі, їх функціональних властивостей, впливу на тістоутворення та якість готової продукції;
- розробити дослідні рецептури хліба, що включають різні комбінації компонентів, збагачених харчовими волокнами, з урахуванням фізико-хімічних і технологічних параметрів;
- дослідити вплив доданих інгредієнтів на основні технологічні показники: газоутворення, підйом тіста, щільність хліба, рівномірність пористості, колір скоринки;
- оцінити органолептичні показники дослідних зразків хліба;

- визначити вміст загальної, розчинної та нерозчинної клітковини у готовому продукті;
- визначити вологозв'язуючу здатність тіста;
- розрахувати енергетичну цінність для кожного зразка хліба;
- розрахувати глікемічний індекс для кожного зразка хліба;
- удосконалити технологію виготовлення хліба з підвищеним вмістом харчових волокон;
- провести SWOT-аналіз впровадження удосконаленої технології і оцінити сильні та слабкі сторони;
- провести аналіз заходів охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при виробництві хліба.

**Об'єкт дослідження:** безопарна технологія виробництва хліба збагаченого харчовими волокнами.

**Предмет дослідження:** технологічні процеси формування тіста та якісні характеристики готового хліба з різним вмістом функціональних інгредієнтів: фізико-хімічні, структурно-механічні, органолептичні показники, глікемічний індекс та вміст харчових волокон.

**Наукова новизна:** проведено комплексне дослідження впливу різних джерел харчових волокон, зокрема пшеничних і житніх висівок, яблучної та вівсяної клітковини, насіння льону та чіа, а також інуліну та пектину на фізико-хімічні властивості тіста та хліба, їхню вологоутримувальну здатність, рівень загальної і розчинної клітковини, а також глікемічний профіль готової продукції.

**Практичне значення.** Отримані результати можуть бути використані у розробці нових рецептур хлібобулочних виробів із підвищеним вмістом харчових волокон та зниженим глікемічним індексом для споживачів, які дбають про здоров'я, зокрема для людей із ризиком розвитку цукрового діабету 2 типу, метаболічного синдрому та ожиріння.

Запропоновані рецептурні рішення забезпечують поліпшення вологоутримувальної здатності та органолептичних властивостей хліба навіть за

високого вмісту харчових волокон, що важливо для подовження термінів зберігання і покращення споживчих характеристик.

Практичні рекомендації щодо вибору виду харчових волокон та їхньої кількості можуть бути впроваджені у технологічні процеси підприємств харчової промисловості, а також використані у розробці функціональних продуктів харчування.

**Методи дослідження, що були використані в роботі:**

- фізико-хімічні методи аналізу для визначення основних технологічних показників, вологозв'язуючої здатності, вмісту розчинної/нерозчинної клітковини, основних макронутрієнтів;
- органолептична оцінка за п'ятибальною шкалою (вигляд, колір, аромат, смак, консистенція);
- розрахунковий метод визначення енергетичної цінності, глікемічного індексу з урахуванням складових рецептури та емпіричних даних з наукової літератури;
- математична обробка результатів (статистичне узагальнення результатів експерименту, побудова графіків та таблиць порівняння).

## РОЗДІЛ 1

# ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ХАРЧОВИХ ВОЛОКОН У ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

### 1.1 Загальна характеристика харчових волокон

Упродовж останніх десятиліть спостерігається зростаючий науковий та практичний інтерес до вивчення ролі харчових волокон у раціоні людини. У контексті глобальних тенденцій погіршення структури харчування, зниження споживання рослинних продуктів і, як наслідок, зменшення надходження біологічно активних речовин, включаючи клітковину, питання забезпечення організму достатньою кількістю харчових волокон набуває винятково важливого значення. Дієтичні волокна розглядаються не лише як фактори, що регулюють функції шлунково-кишкового тракту, а як ключові чинники профілактики широкого спектру захворювань: від метаболічного синдрому до онкопатологій [5].

Харчові волокна – це переважно складні вуглеводи або їх полімери, які не розщеплюються ендогенними ферментами травної системи людини. Вони проходять крізь верхні відділи травного тракту в незміненому вигляді, а вже в товстій кишці піддаються частковій або повній ферментації під впливом мікробіоти. Завдяки своїм структурним та функціональним властивостям харчові волокна здатні чинити багатовекторний вплив на організм: вони нормалізують моторну функцію кишківника, забезпечують розвиток сприятливої мікрофлори, беруть участь у регуляції глікемічного індексу, рівня холестерину, сприяють виведенню токсичних метаболітів та екзогенних шкідливих сполук [5].

Історично термін "харчові волокна" асоціювався насамперед із целюлозою, однак сучасна наука розглядає їх як широке поняття, що включає різні полісахариди, резистентний крохмаль, олігосахариди, а також нерозчинні компоненти, зокрема лігнін. Згідно з визначенням, ухваленим спільно Codex Alimentarius та Європейським агентством EFSA, до складу харчових волокон

входять не лише природні компоненти рослинної клітини, а й штучно виділені та модифіковані речовини, які мають доведений фізіологічний ефект [6].

Умовна класифікація волокон на розчинні та нерозчинні базується на їхній поведінці у водному середовищі (рис. 1.1).

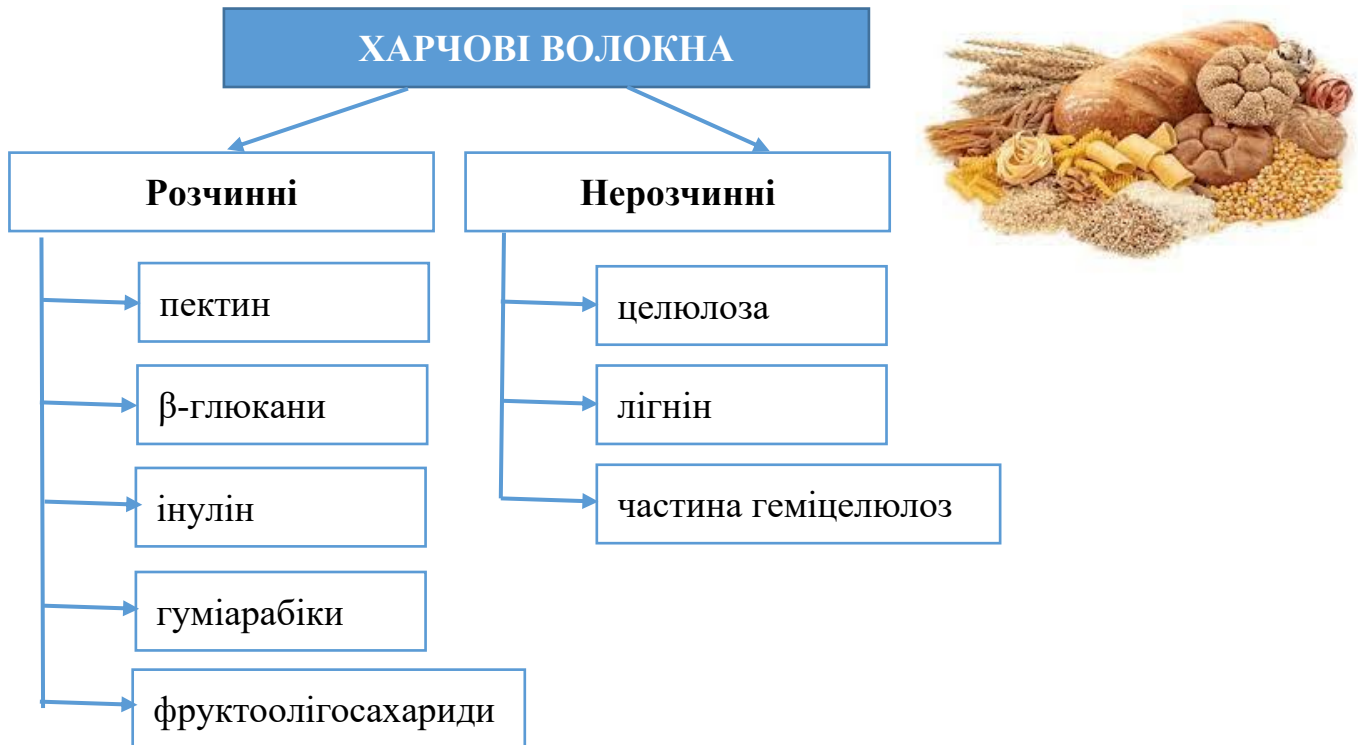


Рис. 1.1. Класифікація харчових волокон.

Розчинні волокна, набухають у воді з утворенням гелеподібної субстанції, яка сповільнює процеси евакуації шлункового вмісту, пригнічує швидкість всмоктування глюкози, модулює синтез інкретинів та впливає на жовчний обмін. Їхні гелеутворювальні властивості мають значення для технологій виробництва продуктів функціонального харчування.

Нерозчинні волокна в основному механічно стимулюють стінки кишківника, сприяють формуванню калових мас, прискорюють транзит і зменшують ризик розвитку закрепів. У товстій кишці вони частково ферментуються з утворенням коротколанцюгових жирних кислот (SCFA): ацетату, пропіонату та бутерату [7].

Окреме місце у вивченні харчових волокон посідає їх роль у регуляції ліпідного профілю. Механізми гіпохолестеринемічної дії розчинних волокон зумовлені їх здатністю зв'язувати жовчні кислоти у просвіті кишківника,

перешкоджати їхньому повторному всмоктуванню та стимулювати синтез нових кислот з холестерину, що спричиняє зниження рівня ЛПНЩ. У клінічних дослідженнях було виявлено, що регулярне споживання продуктів, багатих на бета-глюкани (наприклад, вівсянки), асоціюється зі зниженням загального холестерину на 5–10 % вже протягом 4–6 тижнів спостереження [8].

Значну увагу приділяють ролі клітковини у профілактиці діабету 2 типу. Волокна впливають на глікемічний профіль завдяки затримці евакуації шлунка та уповільненню травлення вуглеводів. Регулярне вживання інуліну та резистентного крохмалю дозволяє знизити постпрандіальну глікемію, зменшити інсулінову резистентність і покращити глікований гемоглобін. Результати довгострокових когортних досліджень (наприклад, EPIC–InterAct Study) свідчать про обернено пропорційну залежність між кількістю споживаної клітковини та ризиком розвитку цукрового діабету [9].

Систематичний аналіз наукових даних вказує на значущу роль волокон у регуляції маси тіла. По-перше, вони збільшують об'єм їжі без підвищення калорійності, створюючи відчуття ситості. По-друге, затримка травлення впливає на секрецію гормонів насичення. По-третє, вплив на мікробіоту та продукцію SCFA змінює метаболічні сигнали, що регулюють апетит і енергетичний обмін. Так, у клінічному дослідженні 2021 року, проведеному на базі Університету Торонто, було показано, що додавання 15 г інуліну на добу сприяло зниженню маси тіла на 2,5 кг за 12 тижнів без інших змін у раціоні [10].

Поряд із метаболічними ефектами харчові волокна виявляють значний вплив на імунну систему організму через модуляцію складу кишкової мікробіоти. Людський кишківник є домівкою для трильйонів мікроорганізмів, які виконують безліч функцій: від участі в травленні до регуляції імунної відповіді та синтезу біологічно активних сполук. У складі раціону харчові волокна слугують основним субстратом для мікробної ферментації, стимулюючи ріст симбіотичних мікроорганізмів, таких як *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* та *Faecalibacterium prausnitzii*. Саме ці види бактерій, які часто називають пробіотичними, продукують коротколанцюгові жирні кислоти, а також інші метаболіти, що регулюють

епітеліальну бар'єрну функцію кишківника, інгібують розвиток патогенних мікроорганізмів та зменшують рівень локального запалення.

Порушення балансу мікробіоти, або дисбіоз, асоціюється з низкою патологічних станів: від синдрому подразненого кишківника та запальних захворювань кишечника до ожиріння, депресії, аутоімунних і навіть нейродегенеративних хвороб. Включення в раціон достатньої кількості пребіотичних харчових волокон – таких як інулін, фруктоолігосахариди та галактоолігосахариди – сприяє відновленню нормобіозу [10].

Ще одним напрямом, у якому харчові волокна демонструють свій захисний потенціал, є профілактика онкологічних захворювань, зокрема колоректального раку. Механізми антиканцерогенної дії волокон включають: скорочення часу транзиту кишкового вмісту, зв'язування канцерогенних метаболітів (наприклад, вторинних жовчних кислот), продукування бутерату, який пригнічує проліферацію та індукує апоптоз злоякісних клітин, а також загальне зниження рівня системного запалення. За даними Міжнародного агентства з вивчення раку (IARC), щоденне споживання на 10 г клітковини більше, ніж середнє в популяції, знижує ризик розвитку раку товстої кишки на 10–15 %. Крупномасштабні когортні дослідження (наприклад, Nurses' Health Study) підтверджують, що вживання понад 30 г харчових волокон щодня асоціюється з достовірним зниженням ризику онкопатології [11].

Харчові волокна також впливають на серцево-судинну систему. Їх позитивна дія реалізується через кілька механізмів: зниження рівня холестерину та тригліцеридів, зменшення артеріального тиску, покращення чутливості до інсуліну та зменшення маси тіла. У дослідженні INTERHEART було встановлено, що низьке споживання харчових волокон є незалежним фактором ризику інфаркту міокарда. Розчинні волокна особливо ефективні в зниженні систолічного та діастолічного тиску, про що свідчать результати метааналізу Кокранівської бази даних (2023 рік), що охоплює понад 50 рандомізованих клінічних випробувань. Вживання 5–10 г розчинної клітковини на день дозволяє знизити артеріальний тиск у середньому на 4–5 мм рт. ст., що є клінічно значущим показником [11].

У контексті громадського здоров'я і харчової політики все більшої актуальності набувають дієтичні рекомендації щодо споживання клітковини. ВООЗ, EFSA, USDA та інші національні агентства рекомендують для дорослих не менше 25...35 г харчових волокон на добу, з обов'язковим включенням обох типів – розчинних і нерозчинних. Для дітей, вагітних і літніх людей ці норми коригуються з урахуванням вікових та фізіологічних особливостей. Сучасні рекомендації підкреслюють важливість саме різноманітності джерел клітковини, що дозволяє забезпечити синергізм дії та найповніше охоплення функціональних потреб [11].

Джерела харчових волокон у продуктах харчування дуже різноманітні. Найвищу концентрацію волокон містять зернові культури (висівки, цільнозерновий хліб, крупи), бобові (сочевиця, нут, квасоля), овочі (морква, буряк, броколі), фрукти (яблука, груші, банани) та горіхи й насіння. Окремо варто згадати псиліум (луковиця подорожника), який є джерелом розчинної клітковини та використовується як харчова добавка в терапії запорів, синдрому подразненого кишківника та гіперхолестеринемії. На ринку функціональних продуктів з'являються збагачені харчовими волокнами товари: хліб, напої, батончики, йогурти, злакові пластівці, що дозволяє компенсувати дефіцит клітковини у раціоні сучасної людини [12].

## **1.2 Вплив харчових волокон на технологічні процеси випікання хліба**

Інтеграція харчових волокон до рецептур хлібобулочних виробів є важливою складовою сучасного напрямку розробки функціональних продуктів, спрямованих на поліпшення харчової цінності та профілактику поширених захворювань, пов'язаних із харчуванням. Проте технологічне включення волокон у рецептури хліба не є тривіальним завданням, оскільки внаслідок їхньої специфічної хімічної структури та фізико-хімічних властивостей відбувається багатовекторний вплив на всі стадії виробничого процесу – від замішування тіста до формування якості готового виробу [13].

На молекулярному рівні харчові волокна взаємодіють із водою, білками, крохмалем і жирами, змінюючи реологічні властивості тіста. Розчинні волокна, зокрема  $\beta$ -глюкани, пектин, інулін, мають високу гідрофільність, що призводить до збільшення водопоглинальної здатності борошняної суміші. Це, своєю чергою, зумовлює потребу в корекції водно-борошняного балансу для досягнення необхідної консистенції тіста. У випадку додавання нерозчинних волокон, таких як целюлоза, лігнін, геміцелюлоза, змінюється структура клейковинної сітки, що може ускладнювати утворення еластичної, стабільної й пружної глютенної матриці, відповідальної за утримання газу під час ферментації [14].

Особливо помітним є вплив клітковини на в'язкість тіста. Волокна збільшують його щільність, зменшують еластичність і розтяжність, що впливає на здатність утримувати  $\text{CO}_2$ , який виділяється в процесі ферментації дріжджами. У результаті знижується газоутримувальна здатність тіста, а отже, й об'єм готового виробу. Це обумовлює необхідність внесення коригувальних добавок, таких як гідроколоїди (ксантан, гуарова камедь), аскорбінова кислота, ферменти (наприклад, ксиланази), які здатні стабілізувати тістову структуру в присутності клітковини [15].

Важливою технологічною характеристикою є також вплив волокон на тривалість ферментації. З огляду на те, що харчові волокна можуть зв'язувати вільну воду, це призводить до зміни активності мікроорганізмів – як хлібопекарських дріжджів, так і лактобактерій у разі використання заквасок. Залежно від природи волокон, можливо спостерігати як пригнічення, так і стимуляцію мікробіологічної активності. Наприклад, деякі пребіотичні волокна (інулін, олігосахариди) можуть слугувати джерелом вуглеводів для лактобактерій, активуючи ферментативні процеси та покращуючи смак і аромат хліба [16].

Важливо зазначити, що вміст харчових волокон впливає на терморегуляцію в середині хлібного м'якуша під час випікання. Здатність волокон до зв'язування води й утримання вологи в структурі тіста змінює теплопровідність і швидкість дегідратації, що може вимагати корекції температурних режимів випікання. Крім того, волокна можуть впливати на швидкість утворення скоринки, її колір, товщину

і хрумкість, особливо при використанні волокон із природним вмістом цукрів або фенольних сполук, які підсилюють реакції Майяра [17].

Окрім термічних і механічних аспектів, волокна впливають і на органолептичні характеристики хліба. Збільшення вмісту клітковини часто асоціюється зі зміною кольору м'якуша на темніший відтінок, зменшенням пористості, підвищеною вологістю, щільнішою структурою. За певних умов можливе також погіршення смакових характеристик через наявність специфічних сполук у сировині (наприклад, гіркота в житніх або гречаних волокнах). Тому одним із пріоритетних напрямів досліджень є визначення оптимального співвідношення волокон до основної сировини для досягнення балансу між функціональністю й споживчими властивостями [17].

Значний інтерес становлять комбіновані рецептури, у яких використовуються як розчинні, так і нерозчинні волокна, що дозволяє оптимізувати водоутримуючу здатність, покращити текстуру м'якуша та водночас зберегти об'єм виробу. До перспективних підходів належать також попереднє гідротермічне, ферментативне або мікронізаційне оброблення волокон, що змінює їхню структурну активність і покращує технологічну сумісність із компонентами тіста [18].

Таким чином, використання харчових волокон у виробництві хлібобулочних виробів є технологічно складним, але водночас високоперспективним напрямом. Адекватне поєднання типу волокон, технологічних умов обробки та супровідних інгредієнтів дозволяє не лише зберегти якість і прийнятність хліба для споживача, а й значно підвищити його біологічну цінність і профілактичний потенціал.

### **1.3. Аналіз існуючих розробок хлібобулочних виробів із підвищеним вмістом харчових волокон**

Хлібобулочні вироби є важливою частиною раціону людини, оскільки вони забезпечують значну частину добового споживання калорій та поживних речовин. В останні десятиліття, з ростом обізнаності населення про здорове харчування та

вплив харчових продуктів на стан здоров'я, виникла потреба в розробці нових типів хліба, що мають підвищену харчову цінність. Однією з таких інновацій є хлібобулочні вироби із підвищеним вмістом харчових волокон. Ці продукти мають ряд переваг перед традиційними хлібами, оскільки вони допомагають покращити травлення, знижують рівень холестерину в крові та сприяють підтримці нормальної ваги [19, 20].

В останні роки значна увага приділяється використанню різних джерел харчових волокон для підвищення харчової цінності хліба. Серед основних джерел волокон для виробництва таких виробів можна виділити пшеничні висівки, вівсяні висівки, клітковину з овочів, фруктів, а також злакові волокна [21].

Одним із найпоширеніших підходів до створення хлібобулочних виробів із підвищеним вмістом харчових волокон є додавання в рецептуру клітковини, виділеної з різних зернових культур. Наприклад, в багатьох європейських країнах активно використовують пшеничні висівки, які є доступним джерелом клітковини та мають доведений позитивний вплив на здоров'я, зокрема на зниження рівня холестерину та нормалізацію травлення [22].

Висівки, як основне джерело зернової клітковини, містять не лише нерозчинні компоненти (целюлоза, геміцелюлоза, лігнін), але й певну кількість розчинних волокон, зокрема арабіноксиланів. Арабіноксилани мають здатність утримувати велику кількість води (до 10–15 разів більше за власну масу), що сприяє зволоженню тіста, однак вимагає додаткового контролю структури глютену, щоб запобігти його розриву та порушенню газоутримувальних властивостей.

Відомо, що додавання 10-15% пшеничних висівок до борошна при виготовленні хліба дозволяє не тільки збільшити вміст харчових волокон, але й зберегти приємну текстуру та смакові якості продукту. Проте надмірне додавання висівок може призвести до втрати еластичності тесту, тому цей процес вимагає детального налаштування технології [23].

Аналогічним чином використовуються й інші злакові волокна, наприклад, клітковина з вівса. Додавання вівсяних волокон у хліб значно збільшує його харчову цінність, оскільки вівсяні волокна містять  $\beta$ -глюкани, які сприяють

зниженню рівня холестерину в крові та покращують роботу серцево-судинної системи. Технологія виготовлення хліба з підвищеним вмістом вівсяних волокон вимагає точної регуляції кількості води в тісті, оскільки ці волокна мають високу здатність до водоутримання. Вони покращують текстуру та вологість м'якуша, але водночас ускладнюють процес випікання, оскільки знижують пористість і сприяють ущільненню структури. При оптимальному дозуванні (до 5–7% від маси борошна) можна досягти балансу між технологічністю та функціональністю [21, 24, 25].

Житні волокна, збагачені феруловою кислотою та антиоксидантами, мають дещо інші властивості порівняно з пшеничними. Вони мають нижчу здатність до формування структури, але позитивно впливають на мікробіологічну стабільність виробів завдяки антимікробним сполукам, що утворюються в процесі ферментації [26].

Крім зернових, активно досліджуються можливості використання клітковини з овочів та фруктів. Використання клітковини з яблук, моркви, гарбуза та інших овочів не тільки підвищує харчову цінність хліба, але й дає можливість поліпшити його органолептичні властивості, такі як смак, аромат і колір. Наприклад, додавання бурякової клітковини дозволяє хлібу набувати привабливого червоного кольору та надає йому додаткові антиоксидантні властивості завдяки високому вмісту беталаїнів. Морквяні волокна можуть зумовлювати більш щільну текстуру та приємний солодкуватий смак виробу, а яблучні – сприяти утворенню більш ніжного м'якуша. Однак така технологія також має свої труднощі, пов'язані з необхідністю підтримання оптимального рівня води в тісті, оскільки овочева клітковина має різну здатність до гідратації в залежності від її походження [27-30].

Іншою важливою сферою розвитку хлібопекарської промисловості є виробництво безглютенових хлібобулочних виробів. Безглютеновий хліб користується великою популярністю серед людей з целиакією або індивідуальною непереносимістю глютену. Однак виготовлення безглютенових виробів є складним технологічним процесом, оскільки глютен надає тісту еластичність і здатність до підйому. Для створення безглютенового хліба з підвищеним вмістом харчових

волокон використовуються інші компоненти, які заміщають глютен та виконують функцію утримання води та надають тісту потрібну текстуру [31].

Відомими інгредієнтами для безглютенового хліба є псиліум, гуарова камедь, ксантанова камедь, а також клітковина з бобових культур. Псиліум, наприклад, здатен утримувати велику кількість води, що допомагає зберегти структуру хліба, а також запобігає його висиханню. Це дає змогу забезпечити м'якість і пухкість безглютенового хліба, навіть без використання глютену [32].

Додавання альгінатів у концентрації 0,2...0,5% сприяє підвищенню вологоутримання та збереженню свіжості виробу протягом 5...7 днів. Також вони сприяють рівномірному забарвленню скоринки та покращують її еластичність, що є цінним при виробництві упаковуваного хліба [33, 34].

Використання клітковини з бобових культур, таких як горох, соя або чечевиця, дозволяє значно підвищити вміст білка та харчових волокон у безглютеновому хлібі, а також поліпшити його органолептичні властивості. Клітковина з бобових культур містить як нерозчинні (целюлоза, геміцелюлоза), так і розчинні компоненти (галактоманани, арабіногалактани). Проте такі рецептури потребують ретельного підбору пропорцій для досягнення оптимальної текстури та смаку продукту. Так, ці волокна позитивно впливають на амінокислотний склад виробу, що є суттєвим для підвищення біологічної цінності хліба, проте мають специфічний запах і можуть викликати погіршення кольору м'якуша, що вимагає ароматичної або кислотної корекції рецептури. Зокрема, використання соєвої клітковини дозволяє не тільки збільшити харчову цінність хліба, але й поліпшити його здатність до зберігання, оскільки ця клітковина має високу водоутримувальну здатність [35-38].

Важливо також відзначити, що ступінь помелу та спосіб обробки харчових волокон істотно впливають на їхню поведінку у тісті. Тонкодисперсні порошки, отримані шляхом мікронізації, мають більшу питому поверхню і швидше зв'язують воду, тоді як грубодисперсні волокна (наприклад, висівки без додаткової обробки) погано інтегруються в матрицю тіста, викликаючи її розриви та зниження

однорідності. Ферментативна модифікація волокон дозволяє знизити негативний вплив на клейковину та покращити текстурні характеристики хліба [39].

Додавання харчових волокон в рецептуру хліба може значно вплинути на його органолептичні характеристики, зокрема на текстуру, смак та аромат. Важливим аспектом є баланс між покращенням харчової цінності та збереженням традиційних смакових якостей хліба, таких як м'якість, пухкість та приємний аромат [40].

Останні дослідження показують, що підвищення вмісту харчових волокон в хлібобулочних виробках не тільки поліпшує їх харчову цінність, але й дозволяє створити більш корисні продукти, що відповідають вимогам сучасного споживача [41, 42].

Важливо зазначити, що існує оптимальна межа включення клітковини до рецептури, за перевищення якої суттєво погіршуються технологічні та сенсорні характеристики виробу. Для більшості волокон вона становить 3...10% від маси борошна, залежно від їхньої водозв'язувальної здатності та природи. Перевищення цього рівня може спричинити зменшення об'єму хліба до 30...50%, погіршення пухирчастості, надмірну вологість або ж, навпаки, сухість м'якуша. Саме тому підбір типу волокна, його кількості та способу попередньої обробки повинен здійснюватися з урахуванням конкретного типу хлібного виробу, бажаної структури, тривалості зберігання й цільової групи споживачів [43].

В Україні, а також у багатьох європейських країнах, активно проводяться дослідження з оптимізації технологічних процесів виробництва хліба з підвищеним вмістом волокон. Розробляються нові рецептури, що дозволяють збільшити вміст волокон до 15-20%, не погіршуючи при цьому смакових якостей хліба [44, 45].

Також активно розвиваються технології, що дозволяють використовувати інноваційні інгредієнти, такі як наноклітковина, яка дозволяє зберігати стійкість і функціональність волокон навіть за умов високих температур, характерних для процесу випікання.

Таким чином, існуючі розробки хлібобулочних виробів з підвищеним вмістом харчових волокон є багатогранними і включають використання різних

типів волокон з різних джерел. Однак важливим аспектом залишається оптимізація технології для досягнення бажаних органолептичних характеристик та забезпечення стабільної якості продукту при збереженні його харчової цінності.

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Програма досліджень та схема дослідів

Дослідження, результати яких представлено в роботі, спрямовані на оптимізацію рецептурно-технологічних параметрів хлібопечення з метою збагачення готової продукції харчовими волокнами.

Основна наукова гіпотеза полягає в тому, що додавання до рецептури пшеничного хліба компонентів, багатих на харчові волокна – зокрема пшеничного цільнозернового борошна, висівок, вівсяної або яблучної клітковини, насіння льону або чіа, а також інуліну або пектину – сприяє підвищенню вмісту загальної та розчинної клітковини в готовому продукті, покращує його функціональні властивості, не погіршуючи при цьому органолептичні показники, структуру м'якуша та підйом тіста, а в окремих випадках навіть підвищує смакову привабливість хліба.

Основною метою експериментальної частини досліджень була розробка рецептури пшеничного хліба з використанням компонентів, багатих на харчові волокна, зокрема цільнозернове пшеничне борошно, висівки, клітковина, насіння, інулін або пектин, з метою підвищення харчової цінності продукту, зменшення його глікемічного індексу та покращення функціонально-технологічних і органолептичних характеристик.

Програма досліджень та схема дослідів наведена на рисунку рис. 2.1.

#### 2.2 Об'єкти та матеріали досліджень

Як було зазначено вище, об'єктом досліджень є пшеничний хліб, виготовлений за безопарною технологією з використанням інгредієнтів, збагачених харчовими волокнами (цільнозернове борошно, висівки, клітковина, насіння льону або чіа, інулін або пектин).



Рис. 2.1. Програма досліджень та схема дослідів.

Основною сировиною для виробництва всіх видів хліба є борошно пшеничне вищого сорту.

За вимогами до якості воно повинно відповідати ГСТУ 46.004-99 Борошно пшеничне. Технічні умови [49].

Вміст основних макро-, мікронутрієнтів і вітамінів в пшеничному борошні та в іншій сировині наведено в таблицях 2.1 – 2.2.

Таблиця 2.1

**Вміст макронутрієнтів у сировині для виробництва хліба з підвищеним  
вмістом харчових волокон**

Сировина	Білки (г)	Жири (г)	Вуглеводи (г)	Клітковина (г)
Борошно пшеничне в/с	10,3	1,1	70,6	2,7
Борошно цільнозернове	13,2	2,5	59,4	10,7
Висівки пшеничні	15,6	4,3	64,5	42,8
Висівки житні	12,9	4,1	66,2	22,0
Клітковина яблучна	2,0	0,8	13,0	70,0
Клітковина вівсяна	3,5	2,0	12,0	65,0
Насіння льону	18,3	42,2	28,9	27,3
Насіння чіа	16,5	30,7	42,1	34,4
Інулін	0,0	0,0	1,0	89,0
Пектин	0,1	0,1	4,0	85,0
Дріжджі (пресовані)	8,0	1,9	18,1	7,4

Таблиця 2.2

**Вміст мікронутрієнтів у сировині для виробництва хліба з підвищеним  
вмістом харчових волокон**

Сировина	Кальцій (мг)	Залізо (мг)	Магній (мг)	Калій (мг)
Борошно пшеничне в/с	15,0	1,2	22,0	107,0
Борошно цільнозернове	33,0	3,6	137,0	363,0
Висівки пшеничні	73,0	10,6	235,0	1160,0
Висівки житні	75,0	8,9	170,0	1000,0
Клітковина яблучна	50,0	2,5	60,0	600,0
Клітковина вівсяна	40,0	2,3	80,0	500,0
Насіння льону	255,0	5,7	392,0	813,0
Насіння чіа	631,0	7,7	335,0	407,0
Інулін	0,0	0,0	0,0	0,0
Пектин	30,0	0,2	20,0	150,0
Дріжджі (пресовані)	25,0	2,7	20,0	400,0
Сіль кухонна	24,000	0,3	1,0	8,0

Наведені данні констатують, що хімічний склад основних інгредієнтів, які будуть використані в рецептурах функціонального хліба з підвищеним вмістом харчових волокон, суттєво відрізняється за вмістом макро- та мікронутрієнтів, відображаючи як ступінь їх технологічної обробки, так і природні особливості сировини. Пшеничне борошно вищого сорту має високий вміст вуглеводів, проте бідне на клітковину, білок та мінеральні речовини, що пояснюється видаленням оболонки зерна і зародка при помелі. Натомість цілнозернове пшеничне борошно містить вдвічі більше білка, значну кількість харчових волокон та вищі концентрації мікроелементів, зокрема заліза, цинку, магнію, калію, що зумовлює його значно вищу харчову цінність.

Висівки, як побічний продукт помелу зерна, є концентрованим джерелом нерозчинної клітковини, а також мінеральних елементів, зокрема кальцію, фосфору, заліза, магнію та цинку.

Такі високі показники зумовлюють їхнє використання як функціонального компонента для підвищення вмісту харчових волокон у готовому хлібі.

Клітковина вівсяна і яблучна відзначається високою вологозв'язуючою здатністю, що забезпечує оптимізацію текстури м'якуша, а також містить до 80 г харчових волокон на 100 г продукту, переважно у розчинній формі, що позитивно впливає на обмін ліпідів і глікемічну відповідь.

Мінеральний склад таких інгредієнтів бідніший порівняно з висівками, проте наявність калію, магнію та заліза дозволяє розглядати їх як доповнення до мінерального профілю рецептури.

Насіння льону та чіа є унікальними інгредієнтами завдяки високому вмісту жирів, зокрема поліненасичених жирних кислот (омега-3), білка, та значної кількості харчових волокон, з яких чимала частка є розчинною.

За мікроелементним складом ці насіння є багатими на кальцій, магній, залізо та цинк. Інулін і пектин як функціональні компоненти практично не містять білка, жирів або мінералів, але характеризуються дуже високою концентрацією розчинної клітковини, що надає їм цінності як пребіотиків та текстуроутворювачів.

Пресовані дріжджі, крім вітамінів, є також джерелом білка, калію, фосфору та заліза, що робить їх значущим компонентом для збагачення мікроелементного складу тіста. Сіль, хоча і не містить харчових волокон чи мікронутрієнтів, окрім натрію, виконує критичну технологічну функцію регуляції осмотичних властивостей тіста, активності дріжджів і формування смакових характеристик.

Крім того, сировина, що буде використана для виробництва хліба характеризується високим вмістом вітамінів, особливо групи В (табл. 2.3.).

Таблиця 2.3

**Вміст вітамінів у сировині для виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон**

Інгредієнт	B1 (мг)	B2 (мг)	B3 (мг)	B6 (мг)	B9 (мкг)	E (мг)	K (мкг)	A (мкг)	C (мг)
Борошно вищого сорту	0,1	0,04	1,5	0,1	30,0	0,4	-	-	-
Борошно цільнозернове	0,4	0,12	5,5	0,4	45,	1,5	-	-	-
Висівки пшеничні	0,96	0,49	13,6	1,3	78,0	1,5	1,9	-	0,2
Висівки житні	0,85	0,55	9,2	1,0	60,0	1,2	2,3	1,0	0,3
Клітковина яблучна	0,01	0,01	0,1	0,01	3,0	0,2	1,0	1,0	2,0
Клітковина вівсяна	0,05	0,02	0,2	0,02	5,0	0,3	1,5	2,0	1,0
Насіння льону	1,6	0,2	3,1	0,47	87,0	0,3	4,3	0,0	0,6
Насіння чіа	0,6	0,2	8,8	0,6	49,0	0,5	-	54,0	1,6
Інулін	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Пектин	-	-	-	-	-	0,2	-	-	2,5
Дріжджі (пресовані)	1,5	1,2	7,0	0,7	200,0	0,3	-	2,0	13,0

Як свідчать дані таблиці 2.3, найбільш насиченими за вмістом вітамінів виявляються висівки, зокрема пшеничні та житні, які містять високі концентрації вітамінів групи В, зокрема тіаміну (B1), рибофлавіну (B2), ніацину (B3), піридоксину (B6) та фолатів (B9).

Цільнозернове пшеничне борошно суттєво переважає борошно вищого сорту за вмістом всіх вітамінів, особливо ніацину та тіаміну, що пов'язано зі збереженням

зародку та оболонки зерна при помелі. Насіння льону та чіа також виступають джерелами біоактивних речовин, зокрема вітамінів В1, В3, В6 та фолієвої кислоти.

Фруктові та злакові джерела клітковини (яблучна та вівсяна відповідно) містять мінімальні кількості вітамінів, проте можуть постачати незначну кількість аскорбінової кислоти і токоферолів, що зберігаються після переробки. Інулін і пектин практично не мають вітамінної цінності, проте є цінними функціональними добавками завдяки своїм пребіотичним та текстуроутворювальним властивостям. Пресовані дріжджі, що традиційно використовуються у хлібопеченні, є надзвичайно багатим джерелом вітамінів групи В, особливо фолатів, рибофлавіну, тіаміну та ніацину, що зумовлює їх важливу роль у збагаченні хлібобулочних виробів. Сіль, як мінеральний інгредієнт, не містить вітамінів, однак її використання у рецептурі необхідне для регуляції смаку, активності дріжджів та технологічних властивостей тіста.

Таким чином, аналіз хімічного складу сировини свідчить про високу харчову та біологічну цінність рецептурних компонентів, насамперед за рахунок зернових оболонок, насіння та дріжджів.

### **2.3 Методика проведення досліджень**

Для проведення досліджень було змодульовано три варіанти рецептури хліба з підвищеним вмістом харчових волокон (табл. 2.4).

При моделюванні було ураховано, що співвідношення пшеничного хлібопекарського борошна вищого сорту та цільозернового в межах 60...70% до 30...40%, загальний вміст борошна 700 г, решта – функціональні інгредієнти, вода, дріжджі, сіль.

За контроль приймали хліб із пшеничного борошна, виготовлений за класичною технологією безопарним способом без збагачення харчовими волокнами.

Таблиця 2.4

## Дослідні рецептури хліба з підвищеним вмістом харчових волокон, г

Інгредієнти	Контроль	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Борошно пшеничне, в/с	700	420	390	455
Борошно цільозернове	-	280	310	245
Висівки пшеничні	-	50	-	35
Висівки житні	-	-	70	-
Клітковина яблучна	-	35	-	30
Клітковина вівсяна	-	-	40	-
Насіння льону	-	50	-	30
Насіння чіа	-	-	60	-
Інулін	-	20	30	-
Пектин	-	-	-	15
Дріжджі	20	20	20	20
Сіль	15	15	15	15
Вода	450	550	590	530
Вихід тіста	1165	1450	1550	1400
Вихід хліба	1000	1300	1350	1250

В межах експериментальної частини досліджень за розробленими варіантами рецептур була проведена дослідна випічка. Її проводили наступним чином:

- підготовка сировини: усі інгредієнти зважували відповідно до обраної рецептури з урахуванням вологості борошна; цільозернове борошно, висівки, клітковину, насіння, інулін або пектин змішували із пшеничним борошном; насіння льону або чіа попередньо замочуються у воді (1:3) на 30 хв для набухання; дріжджі активували у воді 35...37 °С протягом 10 хвилин.
- заміс тіста: всю сировину додавали до тістомісильного апарату; здійснювали заміс у два етапи: перша швидкість – 4 хвилини (зволоження інгредієнтів і початкове формування тіста), друга швидкість – 6 хвилин (до отримання еластичної, однорідної маси), температура тіста після замісу 27...28 °С.
- ферментація (бродіння тіста): після замісу тісто переміщували в ємність для бродіння; умови ферментації: температура: 29 ± 1 °С, вологість: 75–80%, тривалість: 90 хвилин з двома обминаннями (на 30-й та 60-й хвилині); обминку виконували вручну протягом 2 хвилин.

- ділення та округлення: тісто ділили на шматки масою по 450 г для подальшого формування; шматки округлювали вручну й залишали на попереднє вистоювання на 10 хвилин під поліетиленовою харчовою плівкою.
- формування: округлені заготовки формували у вигляді довгастих хлібин та поміщали в форми, змащені олією.
- остаточне вистоювання: умови вистоювання: температура 35...38 °С, вологість: 80...85%, тривалість: 50...60 хвилин, заготовки мають збільшитись у 1,5 рази.
- випікання: хліб випікається в пароконвектоматі Unoх ХЕСС0523Е1RM: температура 220...230 °С, тривалість 30...35 хв., подача пари протягом перших 3...5 хвилин; після випікання вироби охолоджуються на решітках до 35 °С протягом 1 години.

В межах експериментальної частини досліджень у дослідних зразках були визначені вміст основних макронутрієнтів, загальної, розчинної та нерозчинної клітковини, а також досліджено вплив інгредієнтів рецептури на основні технологічні показники, зокрема газоутворення, підйом тіста, щільність хліба, рівномірність пористості, вологозв'язуючу здатність, органолептичні показники. Всі дослідження проводили за стандартними методиками [50].

Колір скоринки хліба визначали інструментальним методом. Підготовку зразків виконували наступним чином: випечений хліб охолоджують до температури 30...35 °С. Відбирають зразок скоринки товщиною приблизно 3...5 мм з верхньої частини буханця. Поверхню зразка, яка буде вимірюватися, очищають від зайвих крихт. Забезпечують рівне та однорідне освітлення зразка (необхідно уникати тіней).

Перед проведенням вимірювань калібрують прилад відповідно до інструкції виробника за допомогою білого і чорного еталона. Зразок фіксують на платформі вимірювання. Проводять не менше трьох послідовних вимірювань у різних точках скоринки для досягнення статистичної надійності. Фіксують показники:

L – світлість (0 = чорний, 100 = білий),

a – від зелено-червоного (–a = зелений, +a = червоний),

b – від синьо-жовтого (-b = синій, +b = жовтий).

Обчислюють середнє значення кожного з показників (L, a, b). У разі необхідності визначають загальний колірний зсув  $\Delta E$ , який використовується для порівняння зразків:

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

де  $L_1, a_1, b_1$  – показники зразка 1, а  $L_2, a_2, b_2$  – контрольного зразка.

L – параметр, який відповідає за світлість, змінюється в діапазоні від 0 (чорний) до 100 (білий). a – параметр, який описує відтінок у червоно-зеленому спектрі: позитивні значення означають червоний відтінок.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ УЗАГАЛЬНЕННЯ

#### **3.1 Дослідження впливу інгредієнтів рецептури та технологічні показники тіста та готових виробів**

Основними технологічними характеристиками, які дозволяють оцінити якість хлібобулочного виробу на різних етапах виробництва та в готовому продукті є газоутворення, підйом тіста, щільність м'якуша, рівномірність пористості та колір скоринки.

Газоутворення відображає здатність дріжджів продукувати вуглекислий газ у тісті внаслідок бродіння цукрів. Даний показник характеризує інтенсивність ферментаційних процесів, а також якість ферментативного апарату борошна та активність дріжджів.

Підйом тіста (газоутримуюча здатність) – це показник, який характеризує здатність тіста розширюватися в об'ємі під дією газів, що утворюються під час бродіння. Залежить від структури клейковинного каркасу, ступеня розробки тіста, вологості, наявності добавок.

Щільність м'якуша характеризує масу одиниці об'єму внутрішньої частини хліба. Відображає ступінь розпушення, структурну однорідність та якість бродіння.

Рівномірність пористості м'якуша – показник, що описує однорідність розподілу пор у м'якуші за розміром і розташуванням. Оптимальний м'якуш має дрібну, рівномірну, еластичну пористу структуру.

Колір скоринки є індикатором процесів меланоїдиноутворення, які відбуваються під час термічного оброблення. Формується внаслідок реакцій Майяра між цукрами та амінокислотами. Відтінок скоринки залежить також від рецептури та температурного режиму випікання.

Результати визначення даних показників у зразках хліба, виготовлених за дослідними та контрольною рецептурами наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

## Результати визначень технологічних показників в зразках хліба

Показник	Контроль	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Газоутворення, мл/100 г тіста	110,0±5,2	135,1±4,2	140,3±3,7	130,2±2,5
Підйом тіста, %	55,0±0,7	70,1±0,5	75,2±0,3	68,0±0,4
Щільність м'якуша, г/см <sup>3</sup>	0,32±0,03	0,28±0,04	0,27±0,01	0,29±0,01
Рівномірність пористості, бал,	5,0	4,5	4,8	4,3
Колір скоринки (у міжнародній системі CIELAB)				
<i>a*</i> (відтінок червоного)	+8,5	+10,2	+11,6	+10,9
<i>L*</i> (світлість)	68,2	61,5	58,8	60,1
суб'єктивний опис	Золотистий	Темно-золотистий	Темно-коричневий	Золотисто-коричневий

Дані наведені в таблиці 3.1 свідчать про те, що показник газоутворення у контрольному зразку був мінімальним (110 мл/100 г), що цілком відповідає типовому пшеничному хлібу з високою ферментативною активністю. Найвищі значення даного показника були виявлені у варіанті 2 (140 см<sup>3</sup>/100 г), що свідчить про активне бродіння завдяки синергії клітковини вівсяної, чіа та інуліну. Варіанти 1 і 3 теж перевищують контрольний зразок, що підтверджує стимулювальний вплив розчинної клітковини та полімерів на дріжджову активність.

Висота підйому тіста також зменшується при зростанні вмісту нерозчинної клітковини, що пояснюється зниженням газоутримуючої здатності глютенної сітки. Найнижчий показник було зафіксовано у варіанті 2 – 5,7 см.

Максимальну висоту підйому тіста продемонстрували дослідні зразки, випечені за рецептурою 2. Найкращий результат (75%), відповідно, корелює з високим газоутворенням. Варіант 1 (70%) і 3 (68%) мають незначне відставання, однак також значно перевищують контроль (55%).

Всі дослідні варіанти показали нижчу щільність м'якуша порівняно з контролем (0,32 г/см<sup>3</sup>), що свідчить про покращення структурно-механічних властивостей тіста та рівномірне розподілення газових бульбашок. Варіант 2 забезпечив найменшу щільність (0,27 г/см<sup>3</sup>), що є ознакою легкого, добре аерованого м'якуша.

Рівномірність пористості була оцінена за 5-бальною шкалою. Найкращі показники мав варіант 2 (4,8), що підтверджує ефективність поєднання чіа та вівсяної клітковини у формуванні еластичної структури. Варіанти 1 і 3 також мали добрі результати, які були кращими за контроль.

У варіантах 1-3 відзначено більш інтенсивніший колір, що пов'язано з наявністю поліфенолів у цільнозерновому борошні, чіа, льоні, а також карамелізацією розчинних волокон. Слід зазначити, що у дослідних зразках  $a^*$  зростає, що свідчить про більшу інтенсивність «теплих» відтінків, зумовлену термічною реакцією Майяра між амінокислотами та цукрами, а також присутністю натуральних фарбників із рослинної сировини.

В той же час відбувається зниження  $L$ , що свідчить про інтенсивніше забарвлення скоринки, яке пов'язано з карамелізацією цукрів, присутніх у розчинній клітковині (особливо інуліні та пектині), а також з поліфенолами у чіа, льоні та цільнозерновому борошні.

Найвищі значення  $a^*$  та найнижчі  $L^*$  має варіант 2, що свідчить про найглибший колір скоринки, відповідно до попередніх сенсорних спостережень. Інші варіанти мають проміжні значення, тоді як контроль характеризується світлішим, менш насиченим кольором.

Таким чином, результати дослідження підтвердили позитивний вплив харчових волокон на основні показники якості тіста та хліба.

Найвищі результати демонструє варіант 2, до складу якого входять вівсяна клітковина, насіння чіа та житні висівки – інгредієнти з високим вмістом розчинної клітковини, що покращує газоутворення, підйом тіста, структуру м'якуша і рівномірність пористості.

Водночас варіант 1 із яблучною клітковиною, пшеничними висівками та інуліном показав гарний баланс усіх характеристик, а варіант 3 – ефективну стабілізацію структури за рахунок пектину. Контрольний зразок суттєво поступається дослідним за всіма технологічними показниками.

### 3.2 Дослідження впливу інгредієнтів рецептури та вміст клітковини

Визначення вмісту клітковини в хлібобулочних виробах є ключовим етапом при оцінці їхньої харчової цінності та функціональних властивостей. Насамперед цей показник визначає потенційну користь продукту для здоров'я споживача. Науково доведено, що регулярне споживання клітковини в кількості 25...35 г на добу асоціюється зі зниженням ризику розвитку метаболічного синдрому, цукрового діабету 2 типу та ожиріння. Отже, точне кількісне визначення харчових волокон у рецептурах є підґрунтям для подальшого формулювання дієтичних рекомендацій, розробки здорових раціонів та функціонального маркування продукції.

З технологічного погляду, вміст клітковини впливає на структуру тіста, гідратацію, утворення клейковинного каркасу, підйом, пористість і щільність м'якуша. Наявність волокон змінює водоутримувальні властивості тіста, впливає на його в'язкість, ферментативну активність і здатність утримувати газ, що в сукупності визначає об'єм, текстуру, колір скоринки та інші споживчі характеристики готового виробу. Залежно від виду клітковини – розчинної (інулін, пектин,  $\beta$ -глюкани) чи нерозчинної (висівки, целюлоза) – цей вплив проявляється по-різному, що потребує детального вивчення.

Крім того, вміст клітковини є важливим параметром при розрахунку глікемічного індексу (ГІ) хліба. Доведено, що розчинні харчові волокна уповільнюють процес травлення та всмоктування вуглеводів, що призводить до зменшення післяприйомної глікемічної відповіді. Таким чином, рецептури з підвищеним вмістом клітковини можуть бути рекомендовані для осіб з інсулінорезистентністю або підвищеним ризиком розвитку діабету.

Окремо варто зазначити, що визначення вмісту клітковини необхідне і з позиції нормативного регулювання. Згідно з чинним європейським та українським законодавством, харчовий продукт може бути маркований як «джерело клітковини» або «з високим вмістом клітковини» лише за наявності не менше 3 г

або 6 г харчових волокон на 100 г продукту відповідно. Тому аналітична оцінка цього показника є не лише науковим, а й практичним інструментом для виробників.

У межах даного дослідження вивчено вплив рецептурних змін, зокрема введення різних джерел харчових волокон (пшеничні або житні висівки, яблучна, вівсяна клітковина, інулін, пектин, насіння льону та чіа), на вміст загальної клітковини в готових виробах. Одержані результати досліджень наведені на рисунку 3.1.

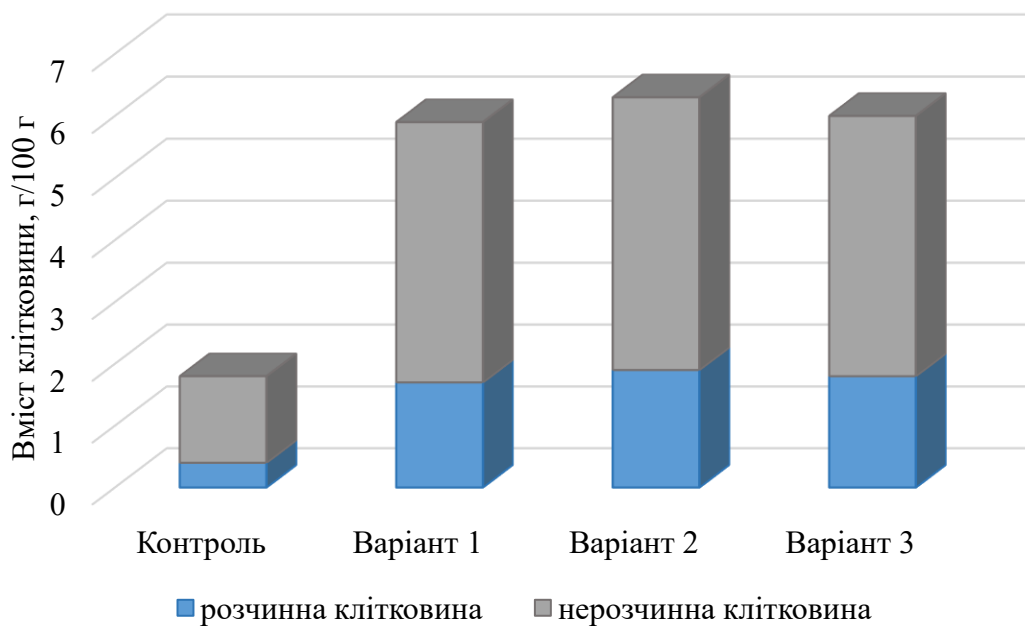


Рис. 3.1. Вміст клітковини в дослідних зразках.

З наведених на рисунку даних видно, що усі дослідні зразки значно перевищили контрольний за вмістом як загальної, так і розчинної клітковини. При цьому, вміст загальної клітковини залежно від варіанту зріс у 3,3... 3,5 рази у порівнянні з контролем, що підтверджує ефективність введення розчинних і нерозчинних джерел харчових волокон. Рівень розчинної клітковини в дослідних зразках був на рівні 1,7...1,9 г/100 г, тоді як у контрольному зразку цей показник не перевищував 0,4 г/100 г.

Найбільші вміст як загальної (6,3 г/100 г), так і розчинної клітковини (4,4 г/100г) було зафіксовано у варіанті 2, що обумовлено комбінацією інуліну, чіа та вівсяної клітковини. Проте, хліб, випечений за всіма дослідними варіантами

відповідно до міжнародної класифікації можна віднести до продуктів із високим вмістом клітковини.

### **3.3 Дослідження впливу інгредієнтів рецептури та вологоутримувальну здатність**

Визначення вологоутримувальної здатності (ВУЗ) має особливу важливість у технології приготування хліба з підвищеним вмістом харчових волокон, оскільки цей показник безпосередньо впливає на якість тіста, фізико-хімічні властивості готового виробу та його споживчі характеристики.

Харчові волокна, які вводяться до рецептури з метою підвищення харчової цінності продукту, мають виражені гідрофільні властивості. Як розчинні (інулін, пектин), так і нерозчинні (висівки, клітковина з яблук, вівса, чіа, насіння льону) волокна здатні зв'язувати значну кількість вологи, що призводить до зміни водного балансу тіста. Це, у свою чергу, впливає на пластичність, реологічні характеристики, перебіг ферментації, здатність тіста до розтягування та утримання газів. Якщо ці зміни не враховувати, процес формування тіста може супроводжуватися недостатнім розвитком клейковинного каркасу, зниженням об'єму виробу та погіршенням текстури м'якуша.

Висока вологоутримувальна здатність інгредієнтів рецептури також впливає на рівномірність пористості та тривалість збереження свіжості хліба. Завдяки підвищеній здатності клітковини до зв'язування води, структура м'якуша стає більш стабільною до черствіння, а відтерміноване виділення вологи сприяє подовженню терміну придатності. Крім того, оптимальна ВУЗ покращує органолептичні характеристики – хліб має більш соковитий, ніжний м'якуш, привабливу текстуру та м'якість при зберіганні.

З точки зору аналітичної оцінки, визначення вологоутримувальної здатності є необхідним для стандартизації технологічних режимів та забезпечення відтворюваності результатів. У разі використання волокнистих компонентів із різною природою, ступенем подрібнення чи попередньої обробки, ВУЗ може істотно варіюватися, що потребує корекції рецептури – зокрема кількості доданої

води. Визначення цього показника дозволяє технологу не лише адаптувати рецептуру до нових інгредієнтів, а й прогнозувати якість кінцевого продукту.

Результати визначення ВУЗ у контрольному та дослідних зразках наведені на рисунку 3.2.

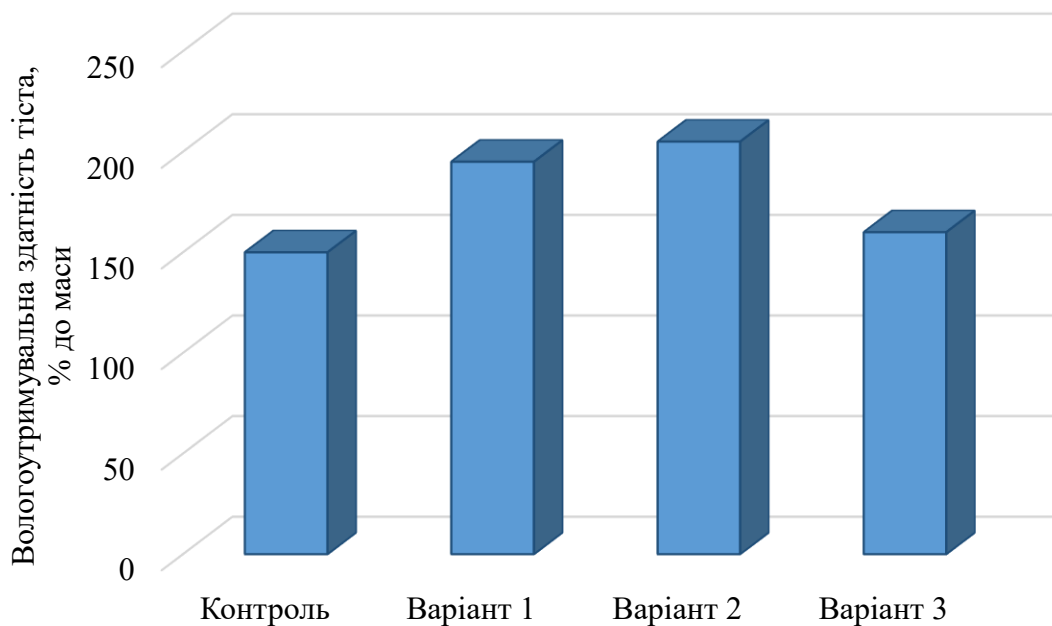


Рис. 3.2. Вологоутримувальна здатність тіста.

З даних, які наведені на рисунку 3.2 видно, що ВУЗ контрольного зразку була на рівні 150%, у той час як ВУЗ у дослідних варіантах 1–3 зростала на 10...55% залежно від варіанту рецептури. Таке суттєве зростання пов'язане з високою гігроскопічністю розчинної клітковини, пектину та насіння (особливо льону та чіа), які утримують воду і перешкоджають її випаровуванню під час зберігання.

Максимально ВУЗ була у варіанті 2 (205%). Це позитивно впливає на збереженості свіжості хліба і сповільнює черствіння.

Таким чином, результати наших досліджень підтвердили позитивний вплив харчових волокон на основні технологічні показники якості тіста та хліба. Найвищі результати демонструє варіант 2, до складу якого входять вівсяна клітковина, насіння чіа та житні висівки – інгредієнти з високим вмістом розчинної клітковини, що покращує газоутворення, підйом тіста, структуру м'якуша і рівномірність пористості. Водночас варіант 1 із яблучною клітковиною, пшеничними висівками

та інуліном показав гарний баланс усіх характеристик, а варіант 3 – ефективну стабілізацію структури за рахунок пектину. Контрольний зразок суттєво поступається дослідним за всіма технологічними параметрами.

### 3.4 Результати дегустаційної оцінки зразків хліба

Дегустаційна оцінка виробів проводилася за 5-бальною шкалою відповідно до загальноприйнятої методики оцінювання хлібобулочних виробів із урахуванням комплексу органолептичних показників: зовнішній вигляд, форма, стан і колір скоринки, аромат, смак, структура м'якуша та пористість. Усі дослідні зразки були оцінені в порівнянні з контролем – хлібом, виготовленим на основі пшеничного борошна вищого гатунку без функціональних добавок. Такий хліб повинен відповідати ДСТУ 7517:2014 Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови. Кількісні оцінки кожного параметра були усереднені за результатами оцінювання десятима підготовленими дегустаторами. Результати визначень наведені на рисунку 3.3.

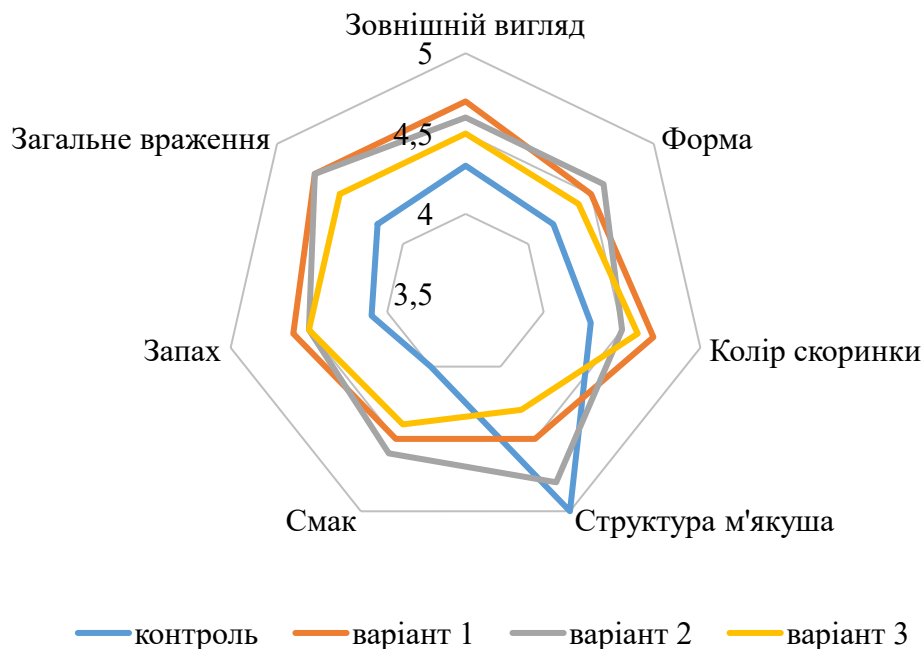


Рис. 3.3. Дегустаційна оцінка дослідних зразків хліба.

Контрольний зразок продемонстрував очікувану якість, типовий колір скоринки золотисто-коричневого відтінку та добре сформовану пористу структуру м'якуша. Однак аромат і смак були менш інтенсивними, дещо нейтральними, без додаткових ароматичних нот, властивих продуктам із високим умістом харчових волокон і насіння.

У дослідних зразках спостерігалось помітне покращення органолептичних характеристик, що підтверджує доцільність використання цільнозернового борошна, клітковини, насіння та пребіотиків у рецептурах. Так, варіант 1, збагачений яблучною клітковиною, пшеничними висівками, насінням льону та інуліном, а також варіант 2, у якому використовували житні висівки, вівсяну клітковину, насіння чіа та інулін, отримали найвищу загальну оцінку серед усіх зразків. Хліб варіанту 1 характеризувався привабливим зовнішнім виглядом, рівномірним кольором скоринки з насиченим бурштиновим відтінком, помітним фруктовим ароматом і м'яким, збалансованим смаком. Наявність яблучної клітковини та насіння льону сприяла покращенню текстури м'якуша, водозв'язуванню та утворенню ніжної структури. М'якуш мав середню пористість із добре розвиненими осередками, що свідчить про активний процес бродіння.

Поєднання житніх компонентів із вівсяними волокнами у варіанті 2 створило складний смаковий профіль із характерною зерною та горіховою нотою. У варіанті 3, до якого входив пектин як структуроутворювач, у поєднанні з яблучною клітковиною, пшеничними висівками та насінням льону, вдалося досягти високого рівня стабільності структури м'якуша. Пектин сприяв утворенню ніжного, еластичного м'якуша з рівномірною дрібною пористістю, а також покращив загальну вологість і м'якість виробу. Аромат був помірно вираженим із характерним зерново-фруктовим відтінком. За смаковими якостями зразок дещо поступався варіантам 1 і 2, проте переважав контроль завдяки багатшій органолептичній палітрі.

Зовнішній вигляд усіх дослідних зразків оцінювався високо, хоча присутність висівок і насіння на поверхні іноді створювала невелику шорсткість, що відображалось на суб'єктивному сприйнятті форми та гладкості скоринки.

Загальний аналіз дегустаційної оцінки свідчить, що включення функціональних інгредієнтів позитивно впливає на сенсорні характеристики хліба. Вироби на основі комбінованого борошна з додаванням рослинних волокон та насіння мають кращу ароматичну композицію, виразніший смак і приємнішу текстуру м'якуша.

### **3.5 Визначення енергетичної цінності хліба з підвищеним вмістом харчових волокон**

Для розрахунку енергетичної цінності дослідних зразків хліба було визначено вміст основних макронутрієнтів у дослідних і контрольному зразках хліба (табл. 3.2)

*Таблиця 3.2*

#### **Вміст основних макронутрієнтів у хлібі з підвищеним вмістом харчових волокон**

Показник	Контроль	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Білки (г)	8,5±0,8	10,2±1,1	10,5±0,5	10,0±0,9
Жири (г)	1,2±0,3	3,4±0,2	4,1±0,3	3,6±0,1
Вуглеводи (г)	48,0±1,2	43,5±1,5	42,2±1,1	42,8±1,9
Енергетична цінність (ккал)	224,8	234,5	237,15	232,9

Отримані та наведені в таблиці 3.2 результати констатують, що дослідні рецептури хліба, збагачені клітковиною, висівка±и, цільозерновим борошном, насінням та пребіотиками (інуліном або пектином), суттєво відрізняються за макронутрієнтним профілем від контрольного зразка.

Зокрема, вміст білка у дослідних зразках збільшився в середньому на 18...24% у порівнянні з контролем. Найвищий рівень білка зафіксовано у варіанті 2 (10,5 г), що пояснюється вмістом насіння чіа, яке є багатим джерелом повноцінного білка.

Вміст жирів також суттєво зріс у всіх варіантах, зокрема у варіанті 2 – до 4,1 г, завдяки включенню насіння чіа, що містить значну кількість омега-3 жирних кислот. Варіанти з насінням льону також продемонстрували підвищення жирової фракції порівняно з контролем, де вміст становив лише 1,2 г.

Вуглеводи знизилися у дослідних зразках на 4...6 г за рахунок часткового заміщення борошна вищого сорту на багаті на клітковину компоненти, що мають менший вміст засвоюваних вуглеводів.

Енергетичну цінність зразків хліба визначали за формулою:

$$E_{ЦХ} = 4 \cdot \sum \text{білків} + 9 \cdot \sum \text{жирів} + 3,75 \sum \text{вуглеводів}$$

Енергетична цінність хліба контрольного варіанту була дещо нижчою, порівняно з дослідними. Енергетична цінність дослідних варіантів була вищою 8...12 ккал залежно від варіанту. Таке зростання прямо корелює зі зростанням вмісту білків та жирів у зразках дослідних варіантів.

Таким чином, використання функціональних інгредієнтів у рецептурі хліба призводить до значного покращення харчової цінності виробів. Збагачення харчовими волокнами та білковими компонентами дозволяє створити продукт з підвищеною біологічною цінністю та потенційними перевагами для здоров'я. Варіант 2 виявився найбільш багатим на білки, жири та клітковину, однак усі варіанти продемонстрували позитивні зміни в нутрієнтному складі порівняно з традиційною рецептурою.

### **3.6 Визначення глікемічного індексу хліба з підвищеним вмістом харчових волокон**

Оцінка глікемічного індексу (ГІ) дозволяє визначити вплив продукту на рівень глюкози в крові після споживання. Цей показник є особливо важливим для хлібобулочних виробів, оскільки більшість з них належать до високоглікемічних продуктів. Зниження ГІ хліба є однією з цілей створення функціональних хлібів з покращеними властивостями. Результати визначення глікемічного індексу дослідних та контрольного варіантів хліба представлено в таблиці 3.3 та додатку А1. Контрольний зразок мав найвищий глікемічний індекс (60 в.о.), що є типовим для хліба з борошна вищого сорту. Таке борошно характеризується низьким вмістом клітковини, високим ступенем переробки та швидкою засвоюваністю

вуглеводів. Це призводить до стрімкого підйому рівня глюкози в крові після споживання.

Таблиця 3.3

**Показники глікемічності дослідних зразків хліба**

Показники	Контроль	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Загальний вміст вуглеводів, г/100 г	49,5	41,0	39,5	40,2
Засвоювані вуглеводи (крохмаль, цукри), г/100 г	47,0	32,0	29,5	30,5
Нерозчинна клітковина, г/100 г	1,4	4,2	4,4	4,2
Розчинна клітковина, г/100 г	0,4	1,7	1,9	1,5
Інулін / пектин, г/100 г	-	2,0	3,0	1,5
<b>Глікемічний індекс (ГІ)</b>	<b>60</b>	<b>53</b>	<b>52</b>	<b>53</b>
<b>Категорія ГІ</b>	середній	низький	Низький	Низький

Дослідні варіанти випечених хлібів показали зниження ГІ до 52...53 в.о. Це обумовлено заміною частини пшеничного борошна на цільнозернове, додаванням висівок, клітковини, насіння льону або чіа, інуліну або пектину пектину, які зменшують ефективно глікемічне навантаження. Яблучна клітковина має високу гелетворюючу здатність, що уповільнює травлення, а інулін як пребіотик модулює метаболічну відповідь. Пектин має виражену гелетворюючу здатність, що сприяє уповільненню травлення вуглеводів, водночас формуючи більш щільну структуру тіста і м'якуша, яка ускладнює доступ ферментів до крохмалю.

Варіант 2, що містив найбільшу кількість розчинної клітковини та інуліну, продемонстрував найнижчий ГІ – 52. Насіння чіа, завдяки високому вмісту розчинних волокон та утворенню гелю при гідратації, значно уповільнює абсорбцію глюкози. Додатково вівсяна клітковина має в'язку консистенцію та сприяє стабілізації рівня цукру в крові.

Таким чином, можна зробити висновок, що заміна частини борошна функціональними інгредієнтами дозволяє створити хліб з нижчим глікемічним індексом, що є важливим для профілактики та дієтотерапії метаболічного синдрому, цукрового діабету 2 типу, а також підтримки здорового рівня глюкози в крові.

## РОЗДІЛ 4

### ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 4.1 Принципова технологічна схема виготовлення хліба

В основу виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон покладено класичну принципову схему виробництва хліба [46]. Вона представлена на рисунку 4.1.

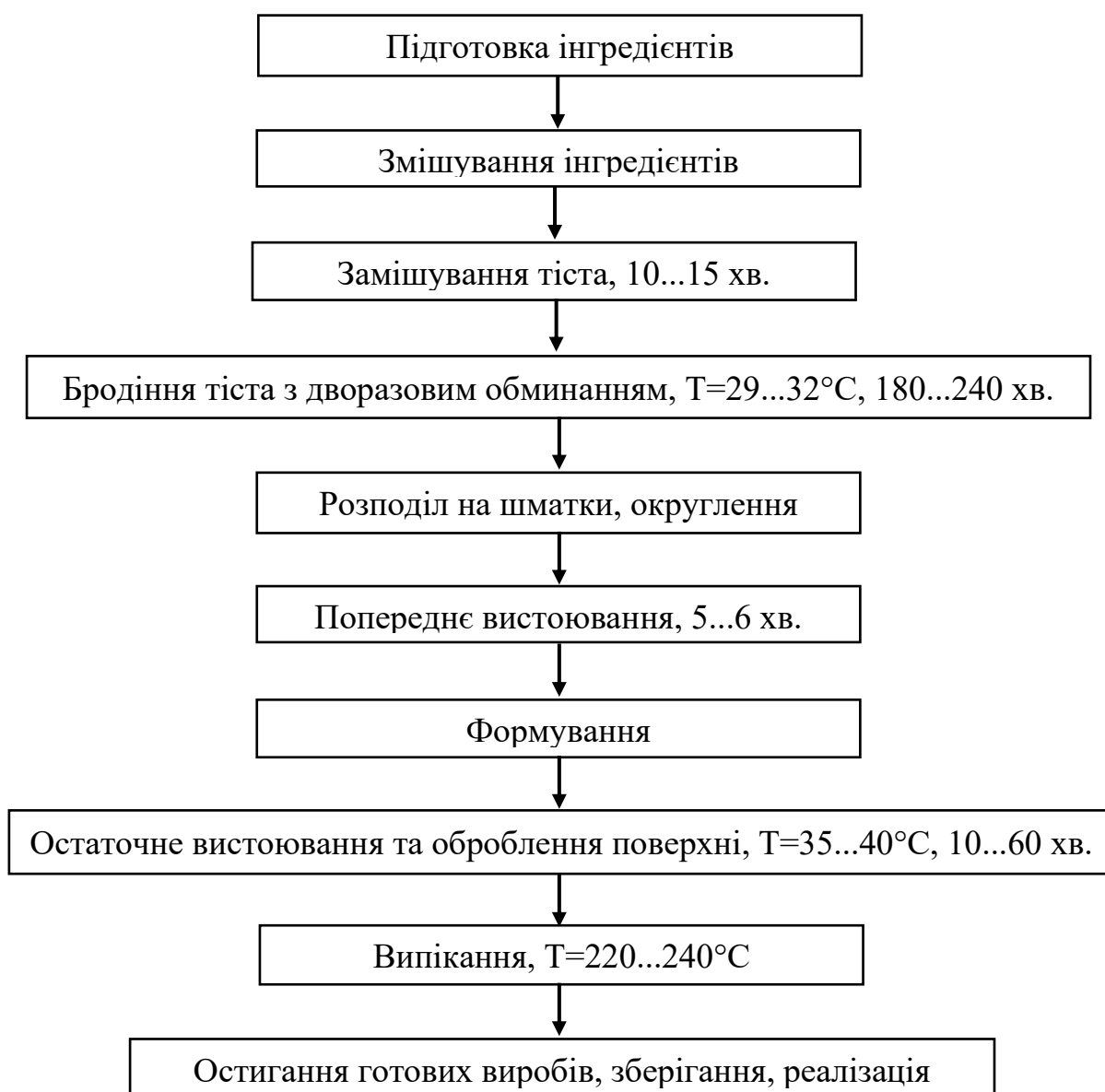


Рис. 4.1. Принципова технологічна схема виробництва хліба.

На основі наведеної технологічної схеми будуть виготовлені контрольні зразки пшеничного хліба.

#### 4.2 Опис апаратурно-технологічної схеми

Апаратурно-технологічна схема виробництва хліба представлена на рисунку 4.2.

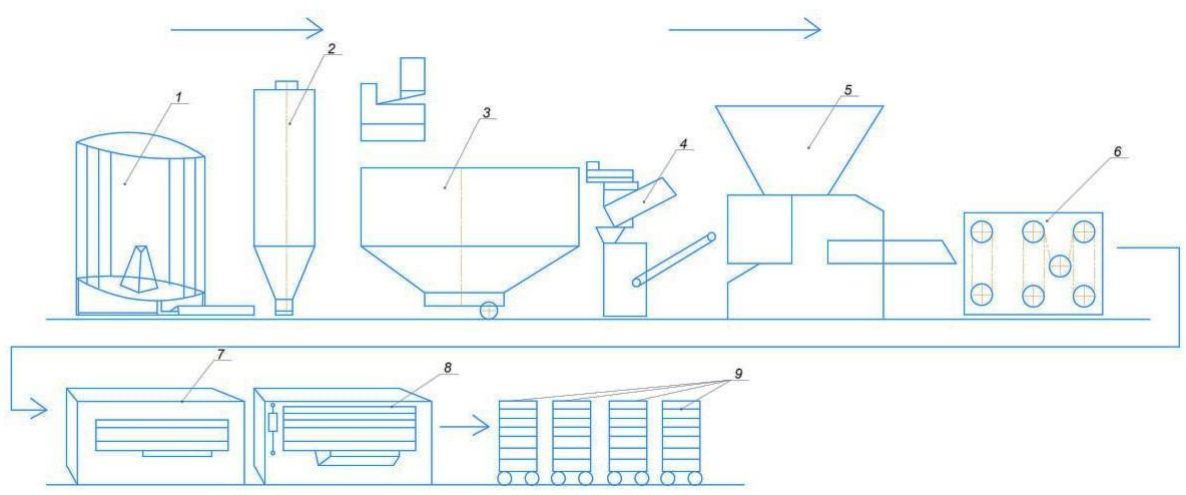


Рис. 4.2. Апаратурно-технологічна схема виробництва хліба: 1 – бункер БМ-ЗТ, 2 – просіювач ПБ – ХПМ – 500, 3 – тістоміс SP 200, 4 – ємність для бродіння КБ – 3, 5 – тістодільник – РМVD 2000, 6 – округлювач КСМ – 2000, 7 – шафа для розстоювання CL 133313, 8 – конвективна піч WesheuEuromat 64L, 9 – візок стелажний.

Відповідно до наведеної апаратурно-технологічної схеми технологічний процес виготовлення хліба здійснюють за наведеним нижче описом.

На етапі первинного забезпечення виробничого процесу сировиною борошно транспортується до підприємства спеціалізованими автотранспортними засобами – автомуковозами. Для здійснення вивантаження борошна ємність автомуковоза з'єднується з приймальним пристроєм за допомогою гнучкої трубопровідної комунікації. Далі борошно переміщується до бункеру зберігання шляхом пневмотранспорту через герметизовану систему трубопроводів, що забезпечує захист продукту від зовнішнього забруднення та втрат [47].

Підготовка борошна до технологічного процесу передбачає низку етапів, спрямованих на покращення його технологічних властивостей і забезпечення стабільності якості кінцевого продукту. Зокрема, борошно проходить процес просіювання з метою видалення сторонніх механічних домішок, а також металомагнітну сепарацію для вилучення металевих часток. Наступним етапом є термостатування борошна в умовах виробничих приміщень до температури не нижче 10 °С, що необхідно для забезпечення стабільності ферментативної активності та оптимізації перебігу біохімічних процесів у тісті. Завершальним етапом є формування борошняних сумішей шляхом змішування партій, які різняться за показниками якості, відповідно до рецептурних вимог.

Підготовка добавок здійснюється залежно від їх фізико-хімічних властивостей і технологічної ролі. Сухі інгредієнти попередньо змішують із борошном, тоді як водорозчинні компоненти попередньо диспергують або розчиняють у воді, призначеній для замішування тіста. Такий підхід забезпечує рівномірний розподіл функціональних компонентів у масі тіста та покращення їх технологічної дії [46].

Дозування рідких добавок здійснюється за допомогою автоматизованих станцій дозування, які забезпечуються від витратних ємностей. Ці системи дозволяють точно регламентувати подачу компонентів до тістомісильного обладнання, що є критично важливим для відтворюваності якості продукції та відповідності технологічним параметрам виробництва.

Процес приготування тіста є багатокomпонентним і включає низку взаємопов'язаних технологічних операцій, таких як точне дозування рецептурних інгредієнтів, механічне замішування тіста, приготування опари, ферментація, а також можливі повторні обминання для регулювання реологічних властивостей тіста.

Ключовим етапом у цій схемі є замішування тіста, що виконує надзвичайно важливу функцію в контексті формування його структури та функціональних властивостей. Під час механічної обробки в тістомісильному обладнанні відбувається гідратація білкових і крохмальних компонентів борошна, розвиток

клейковинного каркасу, а також рівномірне розподілення рецептурних добавок. Це дозволяє отримати пластичну, однорідну масу з визначеними фізико-хімічними параметрами, які відповідають вимогам до конкретного виду тіста [47, 48].

Процес замішування реалізується в спеціалізованих місильних машинах із двошвидкісним режимом роботи. На першій швидкості здійснюється попереднє змішування інгредієнтів до стану рівномірного розподілу, а друга швидкість забезпечує більш інтенсивну механічну дію з метою формування повноцінної структури тіста. Тривалість цієї операції, як правило, становить від 7 до 10 хвилин, що залежить від типу борошна, ступеня його водопоглинання, наявності добавок та цільової консистенції продукту.

Досягнення однорідності тіста, відсутність грудкуватості та ознак непромісу є критеріями завершення замісу. Окрім того, саме інтенсивна механічна обробка на цьому етапі ініціює активацію ферментативних і мікробіологічних процесів, що визначають ефективність подальшого дозрівання тіста в ході ферментації. Це, у свою чергу, впливає на кінцеву якість хлібобулочного виробу, включаючи його об'єм, пористість, еластичність м'якуша та органолептичні характеристики.

Після завершення етапу замішування тістова маса залишається у діжі, яку герметично закривають захисним ковпаком, виготовленим із тканинно-полімерного матеріалу. Це дозволяє підтримувати оптимальні мікрокліматичні умови в процесі подальшої ферментації. Тісто транспортується до приміщення, спеціально призначеного для бродіння, де повітря підтримується при температурі 28...29 °С. Тривалість бродіння на цьому етапі складає орієнтовно 15...20 хвилин, залежно від рецептурних та виробничих факторів. Контроль ефективності бродіння здійснюється за показником кінцевої кислотності тіста, яка повинна перебувати в межах 3,0...3,5 °Т, що свідчить про оптимальне протікання мікробіологічних і ферментативних процесів [48].

Фаза бродіння охоплює часовий проміжок від моменту завершення замісу до формування тіста в окремі порції (перед поділом). Основною технологічною метою цього етапу є активація газоутворювальних процесів, накопичення летких ароматичних і смакових сполук, формування структури та реологічних

властивостей тіста, що є критичними для подальших операцій виробничого циклу. У процесі ферментації відбувається розпушення тістової маси завдяки активному продукуванню вуглекислого газу та інших метаболітів дріжджових і молочнокислих мікроорганізмів, а також відновлення гідратаційних і колоїдних рівноваг, що забезпечує стабільність тіста.

У сучасному хлібопекарському виробництві застосовуються як традиційні, так і інноваційні підходи до реалізації процесу бродіння. Класична технологія передбачає тривале ферментування тіста протягом 4,5...7 годин [46].

Процеси, що відбуваються на етапі бродіння називають «дозріванням тіста». Цей період включає в себе сукупність мікробіологічних (спиртове та молочнокисле бродіння), колоїдно-фізичних і біохімічних перетворень, результатом яких є формування структурно-функціональної основи тіста як напівфабрикату з визначеними органолептичними й технологічними властивостями.

Одним із обов'язкових етапів у процесі дозрівання є обминання тіста, яка виконується у відповідному тістомісильному обладнанні, зокрема на машинах типу SP 200. Ця технологічна операція, що являє собою короткотривалу повторну механічну обробку тіста протягом 1,5...2,5 хвилин, сприяє рівномірному перерозподілу газових бульбашок у масі та відновленню клейковинної сітки після часткового її руйнування внаслідок бродіння. Як наслідок, покращуються текстурні характеристики м'якуша, який набуває тонкостінної, рівномірної та дрібної пористості [47].

Залежно від фізико-хімічних властивостей тіста передбачається кількаразове проведення обминання – зазвичай через 20 та 40 хвилин після замісу. Особливо це актуально для пшеничного тіста, яке, завдяки підвищеній пружності, потребує інтенсивнішої механічної обробки. Повторна і багаторазова обробка тістової маси дозволяє забезпечити її структурну однорідність у всьому об'ємі, що критично важливо для досягнення бажаних показників якості готової продукції, зокрема її пористості, текстури й об'єму.

Технологічний етап оброблення тістової маси у виробництві пшеничного хліба включає комплекс послідовних операцій, до яких належать: поділ тіста на

порційні заготовки, їх округлення, попереднє вистоювання, формувальне пресування та остаточне вистоювання у відповідних умовах. Ці процеси відіграють ключову роль у формуванні фізичних і органолептичних властивостей готового хлібобулочного виробу [48].

Поділ тіста здійснюється за допомогою тістодільного обладнання, що забезпечує автоматизоване відмірювання порцій згідно з визначеною масою готової продукції. Розрахунок ваги кожної тістової заготовки базується на очікуваній масі готового хліба, з урахуванням втрат, що виникають під час термічної обробки (випікання) та подальшого охолодження й зберігання (внаслідок усихання). Це забезпечує відповідність кінцевого продукту стандартам маси, зазначеним у нормативно-технічній документації.

Після поділу заготовки надходять на операцію округлення, під час якої тістові шматки набувають сферичної форми. Це сприяє стабілізації внутрішньої структури тіста та рівномірному розподілу газових бульбашок. Однак унаслідок попередньої механічної обробки всередині заготовок можуть формуватись локальні ділянки підвищеної щільності, які негативно впливають на подальший розвиток тістової структури. Для їх усунення застосовується стадія попереднього розстоювання – витримування тістових заготовок у стані відносного спокою протягом 5...8 хвилин. Цей інтервал забезпечує релаксацію клейковинної сітки та зменшення внутрішнього напруження в тісті [48].

Після завершення попереднього розстоювання тістові заготовки передаються на формувальні машини, де вони набувають конфігурації, передбаченої рецептурою й типом виробу. На цьому етапі знову зазнається механічного впливу, що порушує частину вже сформованої структури. Для її відновлення та для досягнення бажаного ступеня розпушування тістових заготовок проводиться кінцеве вистоювання. Його здійснюють у спеціальних вистоювальних камерах, які мають контрольований мікроклімат. Оптимальні параметри цього процесу становлять 35...40 °C за температурою повітря та 75...85 % за відотною вологістю.

Підвищена температура вистоювального середовища сприяє активізації дріжджових клітин та інтенсифікації бродіння, що забезпечує достатній рівень

газоутворення в тістовій заготівлі. Висока вологість повітря у свою чергу є критично важливою для підтримання еластичності поверхні заготовок. Її забезпечення перешкоджає утворенню поверхневої підсохлої плівки (так званої скоринки), яка при випіканні може порушуватись унаслідок інтенсивного розширення виробу. Це часто призводить до утворення дефектів зовнішнього вигляду готового хліба – розривів, тріщин і деформацій [47, 48].

Урахування особливостей кожної операції на цьому етапі є важливою передумовою стабільного виробництва хлібобулочної продукції з високими якісними показниками. Науково обґрунтоване регулювання температурно-вологісного режиму та тривалості вистоювання дозволяє досягти оптимального розвитку пористої структури, покращити об'ємні характеристики хліба та забезпечити формування типового смаку й аромату кінцевого виробу.

Раціональне управління процесом кінцевого вистоювання тістових заготовок має вирішальне значення для забезпечення високої якості хлібобулочних виробів. Недостатня тривалість вистоювання призводить до того, що тістові заготовки не встигають досягти необхідного ступеня газонасичення та пластичності, внаслідок чого після випікання формується виріб зменшених розмірів, з характерною деформацією верхньої кірки. Зокрема, у формових хлібах вона набуває надмірно опуклої форми, часто спостерігається її відрив від бокових поверхонь виробу, що свідчить про внутрішнє напруження тіста та нерівномірний розподіл газів під час термообробки [48].

У випадку надмірного вистоювання, тістові заготовки втрачають структурну стійкість, що виявляється в осіданні в початковий період випікання. Для формових хлібів типовим є формування плоскої або увігнутої верхньої поверхні, тоді як у подових виробках спостерігається значне розтікання маси. Такий хліб має нерівномірну пористість, що негативно позначається не лише на зовнішньому вигляді, але й на консистенції м'якуша та його органолептичних властивостях.

Тривалість остаточного вистоювання варіюється в межах від 10 до 60 хвилин і визначається низкою чинників. До них належать маса тістової заготовки (чим вона більша — тим тривалішим є процес вистоювання), рецептурні особливості тіста,

режимні параметри мікроклімату вистоювальних камер, тип та технологічні характеристики використовуваного борошна. Особливої уваги заслуговують реологічні властивості борошна: сировина зі слабким клейковинним каркасом або з високою автолітичною активністю потребує коротшого вистоювання, тоді як тісто, приготоване з сильного борошна або з борошна зі зниженою активністю ендогенних ферментів, витримується довше для досягнення оптимального стану дозрівання.

Завершальним і критично важливим етапом у технологічному циклі виробництва хлібобулочних виробів є випікання. Саме під час термічної обробки відбувається остаточне формування фізичних, структурних, смакових і ароматичних характеристик готового хліба. Внутрішні перетворення в шматку тіста під впливом високих температур охоплюють широкий спектр процесів: мікробіологічні зміни (припинення життєдіяльності дріжджів), біохімічні реакції (активація ферментів до моменту їх термоденатурації), фізичні процеси (коагуляція білків, желатинізація крохмалю, утворення парів та розширення газових бульбашок), а також колоїдні зміни, пов'язані з переходом гідратованих речовин у нові стани [48].

Ці процеси взаємопов'язані, динамічні та суттєво впливають на морфологічні особливості готового виробу, рівень пористості, колір та структуру кірки, еластичність м'якуша і стабільність форми хліба після охолодження. Таким чином, правильне співвідношення тривалості та умов вистоювання тістових заготовок безпосередньо корелює з якістю кінцевого продукту та ефективністю всього виробничого процесу.

Процес термічної обробки хлібобулочних виробів відбувається поетапно і включає два основні періоди, що характеризуються специфічними параметрами температурно-вологісного режиму пекарного середовища. Упродовж першого етапу випікання, який триває орієнтовно 3...5 хвилин, у камері підтримується підвищена відносна вологість повітряного середовища (80...85%) за порівняно невисокої температури (близько 100...120 °C). У цей період відбувається інтенсивне збільшення об'єму тістових заготовок за рахунок термічного

розширення газів, а також активного виділення діоксиду вуглецю. Наявність водяної пари сприяє м'якому впливу тепла на поверхню тіста, запобігає передчасному утворенню кірки, що забезпечує рівномірне підняття заготовки та покращення зовнішньої якості готового виробу. Конденсація пари на поверхні заготовки зумовлює її зволоження, що позитивно впливає на формування блискучої, рівномірної скоринки у наступних фазах випікання [46-48].

Другий період характеризується поступовим зниженням вологості пароповітряного середовища за умови підвищення температури. У цій фазі, яка триває до завершення випікання, відбувається формування стабільної структури виробу: фіксується об'єм, стабілізується геометрична форма, утворюється скоринка з характерними сенсорними властивостями. У результаті інтенсивного прогрівання поверхневих шарів тіста проходять термохімічні реакції, зокрема реакція Майяра, що надає скоринці привабливого золотисто-коричневого кольору та специфічного аромату.

Після завершення випікання продукція виймається з пекарних камер та піддається візуальному контролю. На цьому етапі здійснюється обов'язкове відбраковування виробів, які не відповідають вимогам чинних ДСТУ за органолептичними характеристиками або масою. До реалізації допускаються лише вироби, що мають відповідну форму, рівномірну пористість м'якуша, однорідний колір скоринки, приємний аромат і смак, що узгоджується з нормативно-технічною документацією [46-48].

Остаточне стабілізування структури хлібного виробу відбувається в процесі охолодження. Хліб укладають у лотки для природного охолодження, яке триває орієнтовно 30...50 хвилин до досягнення температури поверхні виробів у межах 30...35 °С. Цей етап має надзвичайно важливе значення, оскільки в разі передчасного пакування або переміщення гарячого хліба можливе утворення конденсату, який знижує товарний вигляд продукції, сприяє розвитку мікрофлори та призводить до втрати споживчих властивостей виробів [48].

### **4.3 Удосконалена технологічна схема виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон**

Технологічна схема виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон та біоактивних компонентів починається з етапу приймання, зберігання та підготовки сировини, дотримуючись принципів технологічної послідовності, що забезпечує збереження біологічної цінності кожного інгредієнта та оптимальні умови для формування фізико-хімічних і органолептичних властивостей кінцевого продукту.

На першому етапі борошно, висівки, клітковину, насіння та функціональні добавки приймають відповідно до норм технічних умов, здійснюють вхідний контроль якості. Після надходження сировини на підприємство її направляють до відповідних зон зберігання: борошно – у силоси з контролем вологості, висівки та клітковину – у герметичні ємності, що запобігають вторинному зволоженню та мікробіологічному псуванню.

Підготовка сировини передбачає просіювання борошна для аерації та видалення механічних і ферромагнітних домішок. Висівки, клітковину та насіння додатково подрібнюють або зволожують залежно від рецептури та вибраної технологічної стратегії. Наприклад, при використанні вівсяної клітковини може бути доцільним її попереднє запарювання для підвищення вологоємності та полегшення подальшої інкорпорації у тісто. Інулін чи пектин, як структуроутворювачі та пребіотичні добавки, можуть бути попередньо розчинені у частині теплої води для досягнення більш рівномірного розподілу в тістовій масі.

Дозування та замішування тіста здійснюється у горизонтальних дежах із застосуванням автоматичних дозаторів, які забезпечують точне введення кожного інгредієнта.

Воду вводять з урахуванням гігроскопічності харчових волокон та насіння, що вимагає корекції рецептурної гідратації: на кожні додаткові 5% волокнистої сировини об'єм води підвищується на 2...3%.

Замість здійснюється у два етапи: на першій швидкості – об'єднання інгредієнтів, на другій – інтенсивна механічна обробка з формуванням клейковинного каркасу. За рахунок включення клітковини, висівок і пектину консистенція тіста є більш в'язкою та щільною, але рівномірною.

Бродіння тіста триває орієнтовно 90...120 хвилин при температурі 28...30 °С, з одним або двома обминаннями для інтенсифікації газоутворення та рівномірного розподілу CO<sub>2</sub>. Біохімічні процеси дозрівання тіста відбуваються дещо повільніше, ніж у звичайному пшеничному тісті, внаслідок наявності волокнистих речовин, які зв'язують вільну вологу та впливають на активність ферментів. За рахунок наявності інуліну можливе додаткове живлення дріжджів, що сприяє кращому підняттю тіста.

Поділ тіста на заготовки виконується після досягнення оптимальної кислотності та об'єму. Заготовки піддаються короткочасному попередньому вистоюванню (5...8 хв), після чого формуються у відповідні вироби. Формування здійснюється вручну або автоматизовано з урахуванням дещо зниженої еластичності тіста з підвищеним вмістом волокон.

Кінцеве вистоювання проводиться у розстоевих камерах при температурі 35...38 °С та відносній вологості 75...85%. Тривалість вистоювання залежить від маси заготовки та рецептури, але зазвичай становить 40...60 хв. Харчові волокна, насіння та пектинові речовини уповільнюють процес підняття тіста, тому важливо контролювати досягнення оптимального ступеня розпушення за допомогою індексу вистоювання.

Випікання проводиться за двофазною температурною кривою. На першому етапі (3...5 хв) подається насичена пара при температурі 110...120 °С для утворення поверхневої плівки та покращення підйому виробів. Далі температура камери поступово підвищується до 210...230 °С і підтримується до завершення випікання (25...35 хв), залежно від маси виробу. Харчові волокна забезпечують стабільну структуру та рівномірну пористість, а інулін і пектин – ніжний, пружний м'якуш і виражений карамельний відтінок скоринки за рахунок реакцій Майяра.

Охолодження готових виробів здійснюється протягом 40...60 хв. у лотках або на перфорованих стелажах до досягнення температури поверхні не вище 35 °С. Передбачено контроль на відсутність деформацій, тріщин та нерівномірної пористості.

Розроблені дослідні рецептури відповідають сучасним концепціям функціонального харчування та вироби, виготовлені відповідно до них можуть позиціонуватись як хліб для раціонів із підвищеними дієтологічними вимогами.

## РОЗДІЛ 5

### **SWOT-АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБА З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ХАРЧОВИХ ВОЛОКОН**

У сучасних умовах розвитку харчової промисловості зростає потреба у створенні продуктів, що поєднують високу харчову та біологічну цінність, привабливі органолептичні властивості й здатність до профілактичного впливу на здоров'я людини.

Особливу увагу привертають хлібобулочні вироби, оскільки вони є базовим продуктом щоденного раціону населення. Традиційні рецептури, що ґрунтуються переважно на використанні пшеничного борошна вищого ґатунку, характеризуються низьким вмістом харчових волокон і високим глікемічним індексом, що знижує їхню дієтичну та профілактичну цінність. У цьому контексті актуальним напрямом є удосконалення технології хліба шляхом збагачення його клітковиною та іншими функціональними інгредієнтами, що дозволяє підвищити якість та розширити асортимент продукції.

Для комплексної оцінки перспективності такого підходу було застосовано SWOT-аналіз, який дозволяє поєднати результати технологічних досліджень із характеристикою ринкового та соціально-економічного середовища.

Методика дослідження ґрунтувалася на трьох послідовних етапах. Спершу проведено ідентифікацію внутрішніх факторів, які формують сильні та слабкі сторони продукції. Для цього використано експериментальні дані щодо вмісту клітковини, фізико-хімічних показників тіста (газоутворення, підйом, щільність м'якуша, рівномірність пористості, колір скоринки), а також результати органолептичної оцінки.

Наступним етапом стала оцінка зовнішнього середовища, де виокремлено сприятливі можливості й потенційні загрози, що визначають ринкову динаміку функціональних продуктів.

Третім етапом стало поєднання внутрішніх і зовнішніх чинників у матриці SWOT-стратегій, що дало змогу окреслити можливі напрями розвитку, захисту та оптимізації виробництва.

Результати аналізу показали, що головною сильною стороною є значне підвищення харчової цінності за рахунок збільшення вмісту харчових волокон у 3–3,5 рази порівняно з контролем (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Дослідження сильних та слабких сторін технології виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон**

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
S1. Розроблені рецептури забезпечують високий вміст харчових волокон (5,9...6,3 г/100 г), що дозволяє маркувати продукцію як «з високим вмістом клітковини».	W1. Використання інгредієнтів (інулін, пектин, насіння чіа) підвищує собівартість виробництва у порівнянні з традиційним хлібом.
S2. Суттєве зниження глікемічного індексу (з 60 у контролі до 52...53 у дослідних зразках) робить продукцію функціональною та корисною для профілактичного харчування.	W2. Висока гідратація тіста ускладнює технологічний процес і потребує більш точного контролю замісу та вистоювання.
S3. Поліпшені фізико-хімічні властивості: краще газоутворення (до 140 см <sup>3</sup> /100 г), підйом тіста (до 75%), нижча щільність м'якуша (0,27...0,29 г/см <sup>3</sup> ), рівномірна пористість.	W3. Необхідність спеціальної технологічної підготовки персоналу для роботи з рецептурами, що містять волокнисті та гелеутворюючі добавки.
S4. Позитивна дегустаційна оцінка: кращий аромат, виразніший смак, більш приємна текстура м'якуша у дослідних зразках.	W4. Темніший колір скоринки (L*↓, a*↑) може сприйматися окремими споживачами як менш привабливий у порівнянні зі «світлим» класичним хлібом.
S5. Потенціал для позиціонування продукції як функціональної їжі з підвищеною біологічною цінністю (покращене співвідношення білків, жирів і клітковини).	W5. Технологічні ризики: можливе ущільнення або надмірна в'язкість тіста (особливо у варіанті з чіа та вівсяною клітковиною), що потребує додаткових корекцій режимів.

Крім того, збагачені рецептури сприяли суттєвому зниженню глікемічного індексу (від 60 у контролі до 52...53 у дослідних зразках), що робить вироби

придатними для дієтичного харчування осіб із метаболічними порушеннями. Поліпшення газоутворення та підйому тіста у варіантах з інуліном, клітковиною й насінням чіа свідчить про здатність цих інгредієнтів впливати на бродильні процеси та сприяти формуванню пористої структури м'якуша. Дослідні зразки також мали виразніший смак і аромат, що підтверджує позитивний вплив функціональних компонентів на органолептичний профіль.

Разом з тим виявлено і низку слабких сторін. Використання волокон та насіння зумовлює необхідність підвищеної гідратації тіста, що потребує адаптації режимів замісу та вистоювання. Собівартість зразків є вищою через включення інгредієнтів преміум-сегменту, таких як інулін чи насіння чіа, що обмежує доступність виробів на масовому ринку. Візуальні характеристики, зокрема темніший відтінок скоринки у порівнянні з традиційним хлібом, можуть стати чинником психологічного бар'єру для частини споживачів, які асоціюють світлий хліб із «вищою якістю».

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

Таблиця 5.2

### Дослідження зовнішніх можливостей та загроз технології виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон

Сприятливі можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
О1. Зростаючий попит на продукти з високим вмістом клітковини та низьким глікемічним індексом у світі та в Україні (сегменти «ЗСЖ», дієтичні програми, профілактика діабету).	Т1. Висока вартість і нестабільність постачання окремих інгредієнтів (чіа, інулін, пектин), що може призвести до коливань собівартості.
О2. Можливість офіційного маркування «з високим вмістом клітковини» та позиціонування як функціональний продукт.	Т2. Потенційна конкуренція з боку виробників промислового «фітнес-хліба» та закордонних брендів.
О3. Підтримка з боку державних та міжнародних програм, що стимулюють виробництво функціональних продуктів та здорового харчування.	Т3. Низька обізнаність частини споживачів про користь харчових волокон → можливе уповільнене просування на масовий ринок.
О4. Перспективи співпраці з медичними та дієтологічними центрами, школами здорового харчування, закладами HoReCa.	Т4. Ризик сприйняття темнішої скоринки як «перепеченого» або менш привабливого продукту.

O5. Можливість диверсифікації асортименту (лінійка: хліб для діабетиків, фітнес-хліб, хліб із насінням для преміум-сегмента).	T5. Підвищення енерговитрат і вартості енергоресурсів для випікання може знизити економічну ефективність виробництва.
---	---

Зростаючий інтерес до здорового харчування, поширення програм профілактики діабету та ожиріння, підвищення попиту на продукти зі зниженим глікемічним індексом – усі ці тенденції формують сприятливе середовище для просування функціонального хліба. Важливим є й те, що міжнародні стандарти маркування дозволяють офіційно підкреслювати високий вміст клітковини, що стає маркетинговою перевагою. Разом з тим існують і загрози: конкуренція з боку великих виробників, залежність від імпортової сировини, коливання цін на енергоресурси, що безпосередньо впливають на собівартість продукції.

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

Таблиця 5.3

### Матриця SWOT-аналізу технології виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон

	Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
Можливості (O)	SO – дії стратегії розвитку <ul style="list-style-type: none"> <li>• Використати високий вміст клітковини та низький ГІ (S1, S2) для офіційного маркування та просування продукту у сегменті функціональних хлібів (O1, O2).</li> <li>• Використати покращені органолептичні властивості (S4) для розширення асортименту (O5).</li> <li>• Залучити підтримку програм здорового харчування (O3) для популяризації конкурентних переваг (S3, S5).</li> </ul>	WO – дії стратегії захисту, направлені на покращення можливостей <ul style="list-style-type: none"> <li>• Знизити собівартість (W1) через оптимізацію рецептур та локальні заміники імпортних інгредієнтів при збереженні ефекту «високої клітковини» (O2).</li> <li>• Вирішити проблему високої гідратації тіста (W2) шляхом удосконалення технологічних режимів, що підвищить виробничу стабільність та дозволить повніше використати ринкові можливості (O1, O4).</li> <li>• Організувати просвітницькі заходи для споживачів (O3) для</li> </ul>

		подолання W4 – упередження до темнішої скоринки.
Загрози (Т)	<p>ST – дії стратегії захисту, що допомагають правильно використовувати сильні сторони</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Використати наявні сильні сторони рецептур (S1, S2, S3) для протидії конкуренції (Т2) – акцентувати на унікальному поєднанні волокон і насіння.</li> <li>• Завдяки підвищеній біологічній цінності (S5) позиціонувати продукт як «здорову альтернативу» для зменшення ризику сприйняття темнішої скоринки (Т4).</li> <li>• За допомогою дегустацій та інформаційних кампаній (S4) формувати позитивне сприйняття продукту та мінімізувати Т3.</li> </ul>	<p>WT – дії стратегії захисту, направлені на покращення слабких сторін</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Диверсифікувати постачання (W1) для зменшення впливу нестабільності цін на інгредієнти (Т1).</li> <li>• Розробити стандартизовані технологічні карти (W2, W5) для мінімізації ризиків у виробництві та зниження втрат при зростанні енерговитрат (Т5).</li> <li>• Підвищувати кваліфікацію персоналу (W3) та проводити тренінги для зменшення технологічних ризиків і покращення стійкості процесу до зовнішніх факторів.</li> </ul>

Поєднання сильних сторін з ринковими можливостями створює підґрунтя для активного розвитку сегмента функціонального хліба, його офіційного маркування та просування як дієтичного продукту. Водночас реалізація стратегії WO вказує на необхідність локалізації сировинної бази, використання національних аналогів імпортованих інгредієнтів та проведення освітніх кампаній серед споживачів. Стратегії ST передбачають використання високої біологічної цінності виробів як ключового аргументу в конкурентній боротьбі, тоді як WT орієнтовані на зниження ризиків шляхом диверсифікації постачальників, стандартизації технологічних карт і впровадження енергоефективних технологій.

Узагальнюючи результати, можна стверджувати, що виробництво хліба з підвищеним вмістом харчових волокон має високий науковий і практичний потенціал. З одного боку, такий продукт відповідає сучасним вимогам до

функціональних харчових виробів, а з іншого – потребує чітко продуманих технологічних і економічних рішень.

Таким чином, комплексний SWOT-аналіз показав, що оптимальне поєднання внутрішніх переваг та зовнішніх можливостей у поєднанні з управлінням ризиками може забезпечити успішну комерціалізацію даного напрямку та створення конкурентоспроможної продукції, здатної покращити структуру харчування населення.

## РОЗДІЛ 6

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### **6.1 Нормативно-правова база з охорони праці при виробництві хліба з підвищеним вмістом харчових волокон**

Охорона праці та забезпечення безпечних умов виробництва є невід'ємною складовою діяльності підприємств харчової промисловості.

Хлібопекарська галузь, зважаючи на свою енергомісткість, специфіку технологічних процесів та використання сировини рослинного походження, належить до сфер із підвищеним рівнем ризиків для працівників.

Виробництво хліба з додаванням харчових волокон, з одного боку, не змінює принципових етапів технології, але з іншого – актуалізує питання санітарної безпеки, контролю за якістю сировини, мікробіологічної чистоти, а також роботи з високодисперсними компонентами (висівки, клітковина), що підвищує запиленість повітря.

Тому правове регулювання в цій сфері має подвійний характер: воно включає як загальні норми охорони праці, так і спеціальні вимоги до харчових виробництв.

В Україні сформовано багаторівневу систему правового забезпечення охорони праці, яка спирається на Конституцію, базові закони у сфері трудових правовідносин, спеціальні нормативно-правові акти щодо промислової безпеки та гігієни праці, а також галузеві стандарти (табл. 6.1).

На міжнародному рівні важливу роль відіграють стандарти ISO, що інтегрують питання охорони здоров'я працівників та систем управління безпечністю харчових продуктів.

Таблиця 6.1

Основні закони та стандарти, що регулюють охорону праці й безпеку  
виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон

Нормативний акт	Сфера регулювання	Ключові положення для хлібопекарської промисловості
Конституція України [52]	Основний закон держави	Гарантує право кожного на безпечні та здорові умови праці (ст. 43), що є базою для подальшого законодавчого регулювання.
Закон України «Про охорону праці» [53]	Загальні вимоги охорони праці	Визначає права та обов'язки працівників і роботодавців, вимоги до організації безпечного виробничого середовища, фінансування заходів з охорони праці.
Наказ «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні» [54]	Протипожежний захист	Встановлює правила пожежної безпеки для виробничих приміщень, включно з пекарнями, де використовуються печі, парові камери, горючі матеріали.
Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» [55]	Соціальний захист працівників	Гарантує компенсацію у випадках виробничого травматизму чи професійних захворювань, зокрема, пов'язаних з впливом високих температур, запиленості, фізичних навантажень.
Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [56]	Безпечність харчових продуктів	Передбачає впровадження системи НАССР, що контролює критичні точки виробництва, у тому числі якість сировини (висівки, клітковина, інулін, пектин) та відсутність мікробного забруднення.
ДСТУ ISO 22000:2019 «Системи управління безпечністю харчових продуктів» [57]	Міжнародні стандарти харчової безпеки	Регламентує впровадження системи управління безпечністю, контроль на всіх етапах виробництва хліба — від приймання сировини до реалізації готової продукції.
ДСТУ ISO 45001:2019 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці» [58]	Міжнародні стандарти охорони праці	Забезпечує створення системного підходу до управління ризиками на робочому місці, запобігання травматизму та підвищення рівня захисту працівників.

Аналіз нормативно-правової бази засвідчує, що виробництво хліба з підвищеним вмістом харчових волокон підпорядковується широкому колу регуляторних вимог, спрямованих як на захист працівників, так і на гарантування безпеки готової продукції. Конституційні положення закріплюють фундаментальне право на безпечну працю, а профільні закони деталізують механізми реалізації цього права через систему прав і обов'язків роботодавців, організацію охорони праці, протипожежний захист та соціальне страхування.

Важливим є те, що Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпеки та якості харчових продуктів» інтегрує питання охорони праці з гарантіями безпеки харчових виробів, що особливо актуально для хліба з функціональними інгредієнтами, де контроль за мікробіологічною чистотою та якістю сировини має першорядне значення.

Міжнародні стандарти ISO забезпечують уніфікацію вимог та дозволяють гармонізувати діяльність українських виробників із світовими практиками. ДСТУ ISO 22000:2019 охоплює управління безпекою харчових продуктів, тоді як ДСТУ ISO 45001:2019 визначає комплексні підходи до організації системи охорони праці, що забезпечує захист персоналу на всіх етапах виробництва.

Їх імплементація у виробничу практику сприяє не лише зменшенню виробничих ризиків, але й підвищенню конкурентоспроможності підприємств на внутрішньому та міжнародному ринках.

## **6.2 Вимоги до території підприємства та облаштування споруд і приміщень**

Раціональне планування території підприємств харчової промисловості, а також архітектурно-будівельне й санітарно-гігієнічне облаштування виробничих споруд та приміщень є ключовими передумовами безпечного й ефективного функціонування технологічних процесів. Ці вимоги сформовані на основі законодавчих актів, державних будівельних норм і санітарних регламентів, що мають на меті мінімізувати вплив небезпечних та шкідливих факторів виробничого

середовища, забезпечити відповідність гігієнічним стандартам і водночас гарантувати випуск безпечної продукції.

Територія харчових підприємств повинна характеризуватися чітким функціональним зонуванням. Основним принципом є просторове розділення виробничих, допоміжних, адміністративно-побутових та санітарно-захисних зон. При цьому розташування об'єктів має виключати перехрещення транспортних потоків сировини, готової продукції та відходів, що суттєво знижує ризики вторинного забруднення й перехресної контамінації. Додатковим чинником є наявність озелених санітарних смуг, які виконують роль бар'єра між виробничою територією і зовнішнім середовищем. Планування під'їзних шляхів передбачає можливість безперервного транспортування сировини і готової продукції з урахуванням інтенсивності логістичних потоків.

Виробничі споруди проектуються з урахуванням принципу потоковості та послідовності технологічних операцій. Планування приміщень забезпечує розмежування «чистих» і «брудних» зон, що особливо важливо для харчових підприємств, де санітарні вимоги відіграють провідну роль у гарантуванні безпечності продуктів. Внутрішнє оздоблення виробничих приміщень виконується з матеріалів, стійких до вологи, високих температур і дії дезінфекційних засобів; поверхні повинні бути гладкими, герметичними, легко митися і не накопичувати мікроорганізми. Особливі вимоги висуваються до підлог, які мають бути водонепроникними, з ухилом у бік трапів для ефективного відведення стічних вод, що відповідає сучасним принципам гігієнічного дизайну.

Ключове значення має система вентиляції та аспірації, адже хлібопекарське виробництво супроводжується підвищеною запиленістю борошном та харчовими волокнами, високою температурою та вологістю. Системи повинні забезпечувати стабільні параметри мікроклімату, видалення пилу й шкідливих домішок, а також підтримку оптимальних умов для роботи працівників. Крім того, вентиляція й кондиціонування прямо впливають на санітарну якість повітря, що є важливим для запобігання мікробіологічному забрудненню продуктів. Освітлення у виробничих приміщеннях має відповідати гігієнічним нормам за інтенсивністю та

спектральними характеристиками, при цьому джерела світла повинні бути обладнані захисними кожухами, що виключають потрапляння уламків у харчові продукти.

Інженерна інфраструктура підприємства включає водопостачання та каналізацію, які повинні гарантувати безперервне забезпечення питною водою та безпечне відведення стічних вод. Усі комунікації проектуються так, щоб виключити можливість перехресного забруднення. Санітарно-побутові приміщення – роздягальні, душові, туалети, кімнати відпочинку – мають розміщуватися в зонах, що забезпечують зручність користування працівниками, але не перетинаються з виробничими потоками.

Важливо підкреслити, що у виробництві хліба з підвищеним вмістом харчових волокон особливу увагу слід приділяти контролю за чистотою повітряного середовища. Робота з висівками, вівсяною або яблучною клітковиною, інуліном чи пектином супроводжується підвищеним виділенням дрібнодисперсного пилу, що вимагає потужних систем аспірації, додаткових заходів щодо герметизації обладнання та застосування засобів індивідуального захисту. Невиконання цих вимог може призвести не лише до погіршення умов праці, але й до зниження безпечності готової продукції через ризик контамінації.

### **6.3 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів**

Хлібопекарська промисловість відноситься до категорії виробництв із підвищеним рівнем ризиків для здоров'я працівників, оскільки технологічний процес пов'язаний з дією комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Умови праці визначаються впливом високих температур, підвищеної запиленості, шуму від роботи технологічного обладнання, а також фізичними й ергономічними навантаженнями.

При виробництві хліба з підвищеним вмістом харчових волокон до традиційних ризиків додаються фактори, пов'язані з роботою з високодисперсними

інгредієнтами (висівки, клітковина, інулін, пектин), що формує додаткові вимоги до системи вентиляції, аспірації та індивідуального захисту працівників. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів є необхідною передумовою для організації ефективної системи охорони праці та мінімізації ризиків на робочому місці (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

**Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при виробництві хліба з підвищеним вмістом харчових волокон**

Група факторів	Конкретні прояви у виробництві	Можливі наслідки для працівників	Профілактичні заходи
Фізичні	Високі температури печей (200...280°C), парові камери, гарячі поверхні обладнання; шум і вібрація тістомісильних та транспортних машин	Опіки, теплове перевантаження, порушення слуху, втома, захворювання опорно-рухового апарату	Теплоізоляція печей, вентиляція і кондиціонування, екрани, протишумові навушники, регламентовані перерви
Хімічні	Борошняний та клітковинний пил (висівки, вівсяна та яблучна клітковина), алергенний потенціал; мийні та дезінфекційні засоби	Подразнення слизових оболонок і дихальних шляхів, алергії, бронхолегеневі захворювання, контактні дерматити	Аспіраційні установки, респіратори, герметизація транспортувальних систем, контроль концентрації пилу
Біологічні	Можливе мікробне чи грибкове забруднення висівок, інуліну, пектину; спори пліснявих грибів	Харчові інфекції, алергічні реакції, мікозні ураження, загальне зниження імунітету	Вхідний контроль сировини, відповідні умови зберігання, регулярна санітарна обробка приміщень і обладнання
Ергономічні	Переміщення мішків з борошном і висівками (до 50 кг), лотків з тістом та хлібом; статичне навантаження під час роботи біля печей	Перевтома, сколіоз, радикулопатії, хронічні захворювання опорно-рухового апарату	Використання підйомно-транспортних механізмів, оптимізація робочих місць, зниження ваги вантажів

Психо-фізіологічні	Робота у нічні зміни, висока інтенсивність праці, монотонні операції (зважування, формування, пакування)	Стрес, зниження уваги, підвищена ймовірність виробничого травматизму, психоемоційне виснаження	Раціональний режим праці та відпочинку, ротація персоналу, психологічна підтримка, навчання персоналу методам саморегуляції
--------------------	--	--	---

Комплексний аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів у хлібопекарській галузі показав, що характерні ризики пов'язані з фізичними умовами праці (теплове навантаження, шум, вібрація), високим рівнем запиленості повітря, можливістю мікробіологічного забруднення сировини та суттєвими фізичними навантаженнями.

Виробництво хліба з підвищеним вмістом харчових волокон формує специфічні додаткові ризики через роботу з висівками, клітковиною та інуліном, що супроводжується збільшенням кількості дрібнодисперсного пилу.

Для забезпечення безпечних умов праці необхідним є поєднання інженерно-технічних заходів (системи аспірації, вентиляції, теплоізоляція), організаційних рішень (оптимізація робочих місць, ротація персоналу, регламентування режимів праці) та медико-профілактичних заходів (регулярні медогляди, застосування засобів індивідуального захисту). Дотримання цих вимог дозволяє не лише мінімізувати виробничі ризики, а й гарантувати випуск безпечної для споживача продукції, що особливо важливо у випадку виробів з доданою функціональною цінністю.

#### **6.4 Заходи, щодо оптимізації умов праці**

Оптимізація умов праці на харчових підприємствах, зокрема у хлібопекарській галузі, є комплексним завданням, яке поєднує технічні, організаційні та санітарно-гігієнічні рішення.

Головною метою таких заходів є зниження впливу небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища, підвищення продуктивності праці та

збереження здоров'я працівників, що у перспективі забезпечує стабільність технологічних процесів і конкурентоспроможність продукції.

Одним із ключових напрямів є удосконалення виробничого середовища шляхом впровадження сучасних систем вентиляції та аспірації, які дозволяють ефективно контролювати мікроклімат, знижувати концентрацію борошняного та клітковинного пилу, а також підтримувати оптимальні рівні вологості та температури у приміщеннях. Це особливо актуально при роботі з висівками, вівсяною чи яблучною клітковиною, інуліном і пектином, що відзначаються високою дисперсністю й підвищеним ризиком респіраторного навантаження для працівників.

Важливим аспектом є модернізація обладнання та застосування технологічних рішень, спрямованих на зменшення фізичних навантажень. Використання механізованих підйомників, транспортерів і автоматизованих систем дозування сировини дозволяє мінімізувати ручне переміщення важких вантажів, знижуючи ризик професійних захворювань опорно-рухового апарату. Додатково до цього впровадження ергономічно обґрунтованих робочих місць, що враховують антропометричні характеристики працівників, сприяє зменшенню стомлюваності та підвищенню ефективності роботи.

Значне місце займають організаційні заходи, які включають раціоналізацію режимів праці та відпочинку, ротацію персоналу для уникнення монотонності операцій, оптимізацію графіків змінності. Зменшення психоемоційного навантаження досягається завдяки формуванню здорового мікроклімату у колективі, психологічній підтримці та залученню працівників до програм виробничої гімнастики.

Санітарно-гігієнічні заходи передбачають обов'язковий контроль чистоти повітря, води та виробничих поверхонь, а також регулярну санітарну обробку приміщень і обладнання.

Важливою складовою оптимізації умов праці є система навчання персоналу з питань охорони праці та безпеки. Регулярні інструктажі, курси підвищення кваліфікації та тренінги зі стресостійкості дозволяють формувати у працівників

відповідальне ставлення до безпеки та навички самоконтролю під час виконання професійних обов'язків.

## 6.5 Засоби індивідуального захисту

Виробництво хліба з додаванням цільнозернового борошна, висівок, клітковини, насіння льону або чіа, інуліну чи пектину супроводжується утворенням значної кількості пилоподібних частинок та підвищеним навантаженням на органи дихання, шкіру та зір працівників. Особливу небезпеку становить дисперсний пил харчових волокон, який може спричиняти подразнення слизових оболонок, розвиток алергічних реакцій та професійних захворювань. У зв'язку з цим застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) є обов'язковим елементом системи охорони праці на підприємствах хлібопекарської галузі.

Аналіз основних засобів індивідуального захисту наведено в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3

### Аналіз основних засобів індивідуального захисту при виробництві хліба з підвищеним вмістом харчових волокон

Категорія ЗІЗ	Конкретні засоби	Потенційні фактори небезпеки	Особливості застосування саме при роботі з волокнистими інгредієнтами
Захист органів дихання	Респіратори фільтрувальні класу FFP2 або FFP3	Пил від пшеничних і житніх висівок, яблучної та вівсяної клітковини, інуліну у вигляді порошку	Використовуються під час просіювання та дозування; респіратори з клапаном видиху зручніші при довготривалій роботі
Захист органів зору	Герметичні захисні окуляри з вентиляційними вставками	Потрапляння мікрочастинок клітковини чи інуліну в очі; подразнення слизової	Особливо потрібні під час відкриття мішків з клітковиною та пектином; рекомендується поєднувати з респіраторами

Захист шкіри та одягу	Спецодяг з пиловідштовхувальної тканини, фартухи, нарукавники	Осідання клітковинного пилу, контакт з інгредієнтами підвищеної алергенності (чіа, льон)	Одяг має регулярно пратися при $\geq 60$ °C для запобігання повторному вдиханню пилу, що осів на тканині
Захист рук	Рукавички нітрилові або бавовняні з покриттям	Контакт із сухими дрібнодисперсними волокнами, ризик подразнень	Нітрилові рукавички – при роботі з інуліном/пектином; бавовняні – при зважуванні та завантаженні борошна й висівок
Захист слуху	Протишумові навушники або беруші	Шум від тістомісильних машин, транспортерів та вентиляторів аспірації	Використання рекомендоване при роботі понад 4 год. біля обладнання з шумом $>80$ дБ
Засоби гігієни	Креми для рук, антисептики, індивідуальні рушники	Сухість шкіри від частого контакту з порошковими добавками та миття рук	Креми з бар'єрним ефектом наносять перед роботою, відновлювальні – після зміни

Аналіз показує, що засоби індивідуального захисту у хлібопекарському виробництві з підвищеним вмістом харчових волокон мають бути адаптовані до специфіки використання рослинних добавок, які формують підвищене пилове навантаження.

Ключовим є застосування респіраторів та захисних окулярів для запобігання впливу мікрочастинок клітковини та висівок, а також спеціального одягу і рукавичок для мінімізації контакту шкіри з подразнюючими факторами.

Впровадження систематичного використання ЗІЗ у комплексі з санітарно-гігієнічними заходами значно підвищує рівень безпеки праці, запобігає розвитку професійних захворювань і сприяє формуванню безпечних умов на підприємстві.

## **6.6 Пожежна безпека та заходи з цивільного захисту при надзвичайних ситуаціях**

Пожежна безпека та цивільний захист у хлібопекарській галузі, особливо на підприємствах, що виготовляють хліб з підвищеним вмістом харчових волокон, набувають особливої актуальності в умовах воєнної агресії російської федерації проти України. Виробництво хліба супроводжується значними технологічними ризиками: наявністю пилу від борошна, висівок, клітковини та інших волокнистих добавок, які у поєднанні з повітрям можуть створювати вибухонебезпечні суміші, високими температурами печей та безперервною роботою електрообладнання. Усе це робить хлібопекарські підприємства вразливими до пожеж, які можуть виникати як з технологічних причин, так і внаслідок руйнувань, спричинених ракетними ударами чи артилерійськими обстрілами.

З метою попередження пожеж підприємства застосовують комплексні заходи, що включають встановлення аспіраційних систем для видалення пилу, регулярне очищення вентиляційних каналів, моніторинг електромереж та теплового обладнання. Особливе значення мають автоматичні системи пожежогасіння, здатні локалізувати займання на ранніх стадіях, а також датчики диму і температури, які дозволяють оперативно виявляти небезпечні ситуації. Плани евакуації персоналу адаптуються до умов воєнного стану, передбачаючи наявність аварійного освітлення, дубльованих виходів і резервних джерел водопостачання для гасіння пожеж у випадку пошкодження інфраструктури.

В умовах збройної агресії ключовим завданням стає захист життя працівників. На території хлібопекарських підприємств облаштовуються укриття та сховища, здатні захистити персонал під час повітряних тривог і масованих обстрілів. Такі приміщення повинні мати посилені конструкції, автономні системи вентиляції, запас води, аптечки та засоби зв'язку. Важливим є також навчання працівників правильним діям у разі пожежі, обстрілу чи руйнування будівлі, що включає відпрацювання евакуаційних маршрутів, використання індивідуальних засобів захисту та надання домедичної допомоги.

Окрім цього, у воєнних умовах підприємства змушені враховувати ймовірність тривалих перебоїв з електроенергією, теплом чи водою, що робить необхідним впровадження мобільних генераторів, резервних систем опалення та запасів питної води. Практикується створення резервних виробничих локацій у більш безпечних регіонах для забезпечення безперервності випуску продукції. У випадку пошкодження складів із борошном чи висівками особливу увагу приділяють ізоляції пилових приміщень та застосуванню пересувних установок для ліквідації наслідків пилових вибухів.

Таким чином, пожежна безпека та заходи цивільного захисту у хлібопекарському виробництві поєднують класичні методи протипожежної профілактики з реальними практиками виживання та захисту в умовах воєнних загроз. Лише інтеграція технічних, організаційних та інфраструктурних рішень дозволяє мінімізувати ризики для працівників, забезпечити стійкість виробничого процесу і виконати головну соціальну функцію – гарантувати продовольчу безпеку країни навіть у надзвичайно складних умовах збройної агресії.

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз літературних джерел, який показав, що харчові волокна позитивно впливають на харчову цінність, функціональні властивості тіста, структуру та якість готового хліба, сприяючи покращенню вологоутримання, зниженню глікемічного індексу та продовженню терміну зберігання.
2. Розроблено три дослідні рецептури хліба з різними комбінаціями компонентів, збагачених харчовими волокнами: висівками, яблучною та вівсяною клітковиною, насінням льону та чіа, інуліном і пектином.
3. Результати дослідження підтвердили позитивний вплив харчових волокон на основні технологічні показники тіста та хліба. Найвищі результати демонструє варіант 2, до складу якого входять вівсяна клітковина, насіння чіа та житні висівки – інгредієнти з високим вмістом розчинної клітковини, що покращує газоутворення, підйом тіста, структуру м'якуша і рівномірність пористості. Водночас варіант 1 із яблучною клітковиною, пшеничними висівками та інуліном показав гарний баланс усіх характеристик, а варіант 3 – ефективну стабілізацію структури за рахунок пектину. Контрольний зразок суттєво поступається дослідним за всіма технологічними показниками.
4. Найбільші вміст як загальної (6,3 г/100 г), так і розчинної клітковини (4,4 г/100г) було зафіксовано у варіанті 2, що обумовлено комбінацією інуліну, чіа та вівсяної клітковини. Проте, хліб, випечений за всіма дослідними варіантами відповідно до міжнародної класифікації можна віднести до продуктів із високим вмістом клітковини.
5. Встановлено, що додавання харчових волокон суттєво підвищує вологозв'язуючу здатність тіста у порівнянні з контролем, що сприяє покращенню текстури і подовженню свіжості хліба.
6. Загальний аналіз дегустаційної оцінки свідчить, що включення функціональних інгредієнтів позитивно впливає на сенсорні характеристики хліба. Вироби на основі комбінованого борошна з додаванням рослинних

волокон та насіння мають кращу ароматичну композицію, виразніший смак і приємнішу текстуру м'якуша.

7. Встановлено, що використання функціональних інгредієнтів у рецептурі хліба призводить до значного покращення харчової цінності виробів. Збагачення харчовими волокнами та білковими компонентами дозволяє створити продукт з підвищеною біологічною цінністю та потенційними перевагами для здоров'я. Варіант 2 виявився найбільш багатим на білки, жири та клітковину, однак усі варіанти продемонстрували позитивні зміни в нутрієнтному складі порівняно з традиційною рецептурою.
8. Визначено, що заміна частини борошна функціональними інгредієнтами дозволяє створити хліб з нижчим глікемічним індексом, що є важливим для профілактики та дієтотерапії метаболічного синдрому, цукрового діабету 2 типу, а також підтримки здорового рівня глюкози в крові.
9. На основі отриманих даних удосконалено технологію виготовлення хліба з підвищеним вмістом харчових волокон, що дозволяє оптимізувати рецептуру для забезпечення високих показників якості, функціональної цінності та споживчої привабливості продукції.
10. SWOT-аналіз виробництва хліба з підвищеним вмістом харчових волокон засвідчив його високий потенціал завдяки підвищеній харчовій цінності, зниженню глікемічного індексу та покращеним органолептичним властивостям. Попри наявність слабких сторін, пов'язаних із собівартістю та технологічною адаптацією, зростаючий попит на функціональні продукти створює сприятливі можливості для розвитку, тоді як конкуренція та енергетична нестабільність становлять основні загрози. Ефективне управління виявленими факторами забезпечує перспективи комерціалізації та стратегічне значення цього продукту для покращення харчового раціону населення.
11. Аналіз охорони праці у хлібопекарському виробництві показав необхідність суворого дотримання законодавчих норм і впровадження системних заходів профілактики. Основними напрямками є застосування сучасних засобів

індивідуального захисту, автоматизованих систем пожежної безпеки та чітких алгоритмів дій у надзвичайних ситуаціях. В умовах воєнних ризиків особливу увагу приділено організації укриттів, швидкій евакуації та регулярним тренуванням персоналу.

## Список використаної літератури

1. Іваніщева О., Пахомська О. Тенденції формування якості хлібобулочних виробів функціонального призначення. *Молодий вчений*. 2021. №. 5 (93). С. 159-163.
2. Хоптинська С., Фалендиш Н. Використання продуктів із коноплі в технології хліба. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті*: матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 15–16 квітня 2021 р. Київ: НУХТ, 2021. Ч. 1. С. 126.
3. Самохвалова О. В., Олійник С. Г., Танаскова Н. О. Хлібопекарська галузь: сучасний стан та перспективи повоєнного розвитку. *Продовольчі системи України: повоєнне відновлення та забезпечення сталого розвитку*: матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму, 15-16 трав. 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024. С. 69-71.
4. Mickiewicz B., Britchenko Ig. Main trends and development forecast of bread and bakery products market. *VUZF REVIEW*, 2022. 7 (3):113-123
5. He Y., Wang B., Wen L., Wang F., Yu H., Chen D., Zhang C. Effects of dietary fiber on human health. *Food Science and Human Wellness*. 2022. Т. 11. №. 1. С. 1-10.
6. Ощипок І. М., Ощипок О. І., Туриця М. Ю. Стратегія безпечності в індустрії харчування. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2023. №. 33. С. 74-84.
7. Liu T., Lei H., Zhen X., Liu J., Xie W., Tang Q., Zhao J. Advancements in modifying insoluble dietary fiber: Exploring the microstructure, physicochemical properties, biological activity, and applications in food industry – A review. *Food Chemistry*. 2024. С. 140154.
8. Воронцова Т. О., Іскра О. О., Ловінська О. О., Крицький І. О., Левенець С. С., Дживак В. Г. Значення використання лляного шроту у вирішенні проблем травної системи у дітей. *Буковинський медичний вісник*. 2025. Т. 29. №. 1 (113). С. 45-52.
9. Літвінова В. О., Гончарь О. В. Ожиріння як фактор ризику розвитку серцево-судинних захворювань. *XIX International scientific and practical conference*

- «*Modern Trends are the Driving Force of Scientific Progress*»(April 17-19, 2024) Lisbon, Portugal. International Scientific Unity, 2024. С. 170.
10. Akhlaghi M. The role of dietary fibers in regulating appetite, an overview of mechanisms and weight consequences. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024. Т. 64. №. 10. С. 3139-3150.
  11. He Y., Wang B., Wen L., Wang F., Yu H., Chen D., Zhang C. Effects of dietary fiber on human health. *Food Science and Human Wellness*. 2022. Т. 11. №. 1. С. 1-10.
  12. Новікова Н. В. Особливості хімічної будови та джерела харчових волокон. *Сучасні аспекти технології виробництва і переробки продукції тваринництва та їх перспективи: матеріали Всеукр наук.-практ. конф. (м. Миколаїв, 21-22 березня 2024 р.)*. Миколаїв: МНАУ, 2024. 108-110с.
  13. Дробот В. І., Шевченко А.О., Літвинчук С. І. Вплив рисового борошна на структурно-механічні властивості тіста та якість хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2021. Vol. 27. С. 114–122.
  14. Шевченко А. О. Вплив концентрату гарбузового протеїну в поєднанні з фосфоліпідами на якість та харчову цінність пшеничного хліба. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 29(5). 2023. С. 157-165.
  15. Culețu A., Mohan G., Duța D. E. Rheological characterization of the dough with added dietary fiber by rheometer: a review. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*. 2020. Т. 77. С. 13-24.
  16. Rezaei S., Najafi M. A., Haddadi T. Effect of fermentation process, wheat bran size and replacement level on some characteristics of wheat bran, dough, and high-fiber Tafton bread. *Journal of Cereal Science*. 2019. Т. 85. С. 56-61.
  17. Djordjević M., Djordjević M., Šoronja-Simović D., Nikolić I., Šereš Z. Delving into the role of dietary fiber in gluten-free bread formulations: Integrating fundamental rheological, technological, sensory, and nutritional aspects. *Polysaccharides*. 2021. Т. 3. №. 1. С. 59-82.
  18. Hashemi S., Mollakhalili-Meybodi N., Akrami Mohajeri F., Fallahzadeh H., Khalili Sadrabad E. Effect of goji berry incorporation on the texture, physicochemical, and

- sensory properties of wheat bread. *Food Science & Nutrition*. 2024. Т. 12. №. 6. С. 3982-3992.
19. Oliinyk S., Samokhvalova O., Bilash B., Bolkhovitina O. Impact of sprouted wheat grain flakes on the quality characteristics of dough and bread made from wheat flour. *EUREKA: Life Sciences*. 2024. № 3. P.54-60.
20. Білаш Б. Г., Тарасова В. О. Особливості формування якості хліба з додаванням пластівців з пророщеного зерна пшениці. *Інноваційні технології розвитку харчових виробництв та ресторанної індустрії: наукові пошуки молоді: тези доп. II Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих вчених, 7 листоп. 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024. С. 110*
21. Бугир Д. А. Перспективи застосування вівсяного цільнозернового борошна в технології хліба функціонального призначення. *Інноваційні технології розвитку харчових виробництв та ресторанної індустрії: наукові пошуки молоді: тези доп. II Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих вчених, 7 листоп. 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024. С. 143.*
22. Буркацький Є., Грижак А., Бондаренко Ю. Дослідження хлібопекарських властивостей борошняно-висівкової суміші для виготовлення хліба. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 90-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 11–12 квітня 2024 р. Київ : НУХТ, 2024. Ч. 1. С. 129.*
23. Іскра С. І., Бондаренко Ю. В. Використання ізоляту сироваткового білка у виробництві пшенично-висівкового хліба. *Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві; Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі: матеріали Міжнародних науково-практичних конференцій, 17–18 вересня 2024 р. Київ : НУХТ, 2024. С. 58–59.*
24. Шевченко А. О., Літвинчук С.І., Дробот В.І. Структурні групи тіста та хліба з вівсяними висівками та фосфоліпідами. *Промисловість та крафт для HoReCa в туризмі: досвід, проблеми, інновації: Міжнародна науково-практична конференція, 23 травня 2023 р., м. Київ. Київ: НУХТ, 2023. С. 107-109.*

25. Шевченко А. О., Літвинчук С.І., Дробот В.І. Вплив вівсяних висівок в поєднанні з фосфоліпідами на перерозподіл структурних груп в тісті та хлібі з пшеничного борошна. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. 2023. 2(3). Рр. 38-50.
26. Kołodziejczyk P., Michniewicz J., Buchowski M. S., Paschke H. Effects of fibre-rich rye milling fraction on the functional properties and nutritional quality of wholemeal rye bread. *Journal of food science and technology*. 2020. Т. 57. С. 222-232.
27. Волощук Г., Науменко О. Дослідження використання борошна частково знежиреного олійних культур та порошку топінамбура для хліба житнього. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 17-18 листопада 2021 р., м. Київ. К.: НУХТ, 2021 р. 116 с.*
28. Ewunetu M. G., Atnafu A. Y., Fikadu W. Nutritional enhancement of bread produced from wheat, banana, and carrot composite flour. *Journal of Food Quality*. 2023. Т. 2023. №. 1. С. 1917972.
29. Raczyk M., Kruszewski B., Zachariasz E. Effect of tomato, beetroot and carrot juice addition on physicochemical, antioxidant and texture properties of wheat bread. *Antioxidants*. 2022. Т. 11. №. 11. С. 2178.
30. Amanov B. N. Prospects for Using Tomato Processing Products in the Production of Rye Bread. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*. 2021. Т. 25. №. 5. С. 1009-1022.
31. Воробець М., Захаровська О. Безглютеновий хліб на основі борошна рисового з добавкою чаю матча. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 339(4), 55-58.
32. Дробот В. І., Приходько Ю. С., Бережна Г. О., Бела Н. І. Ефективність використання гідроколоїдів різного походження у технології безглютенового хліба. *Продовольчі ресурси*. 2019. №. 12. С. 87-93.
33. Zhao F., Li Y., Li C., Ban X., Cheng L., Hong Y., Li Z. Co-supported hydrocolloids improve the structure and texture quality of gluten-free bread. *LWT*. 2021. Т. 152. С. 112248.

34. Culetu A., Duta D. E., Papageorgiou M., Varzakas T. The role of hydrocolloids in gluten-free bread and pasta; rheology, characteristics, staling and glycemic index. *Foods*. 2021. Т. 10. №. 12. С. 3121.
35. Пилипенко А., Кохан О., Коваленко І. Круп'яні та бобові культури в хлібопекарській і кондитерській галузях. *World of Food*. 2024. №3. С. 27-29.
36. Завірікін О. О. Технологія хліба пшеничного з додаванням збагачувальної рослинної сировини: кваліфікаційна робота магістра: спец. 181 – Харчові технології; наук. кер. О. І. Болховітіна. Харків: ДБТУ, 2024. 66 с.
37. Патент 70705 UA, МПК 7 A21D8/02 Спосіб виробництва пшеничного хліба / Арсеньєва Л. Ю., Бондар Н. П., Махинько В. М., Борисенко О. В. ; заявник - патентовласник Національний університет харчових технологій. — № 0031212249 ; заявл. 24.12.2003 ; опубл. 15.10.2004, Бюл. № 10, 2004 р.
38. Tabibloghmany F. S., Tehrani M. M., Koocheki A. Effects of substitution level and particle size of extruded soybean hull fractions on physicochemical and sensorial properties of high-fiber pan bread during storage. *Food Science Nutrition*. 2022. Т. 10. №. 12. С. 4345-4359.
39. Науменко О., Полонська Т. ., Гетьман І., Бела Н., Королюк К., Богдан Г. Вплив технологічних факторів на процес виробництва та якість хліба зі спельтового борошна. *Продовольчі ресурси*. 2020, 8(14), 137–144.
40. Іваніщева О., Пахомська О. Тенденції формування якості хлібобулочних виробів функціонального призначення. *Молодий вчений*. 2021. №. 5 (93). С. 159-163.
41. Лозова Т. М. Наукові розробки з поліпшення якості харчових продуктів на основі борошна. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2022. №. 29. С. 82-88.
42. Xu J., Li Y., Zhao Y., Wang D., Wang W. Influence of antioxidant dietary fiber on dough properties and bread qualities: A review. *Journal of Functional Foods*. 2021. Т. 80. С. 104434.
43. Lin S., Jin X., Gao J., Qiu Z., Ying J., Wang Y., Zhou W. Impact of wheat bran micronization on dough properties and bread quality: Part I—Bran functionality and dough properties. *Food Chemistry*. 2021. Т. 353. С. 129407.

44. Shi J., Jeradechachai T., Maningat C. C., Jo M., Chen Z., Shi Y. C. Influence of Sample Preparation Method on Total Dietary Fiber Content Measurement of Low Carbohydrate Bread Containing High Levels of Cross-Linked Phosphorylated RS4 Wheat Starch. *Cereal Chemistry*. 2025. С. 32-35.
45. Li Y., Lv J., Wang L., Zhu Y., Shen R. Effects of millet bran dietary fiber and millet flour on dough development, steamed bread quality, and digestion in vitro. *Applied Sciences*. 2020. Т. 10. №. 3. С. 912.
46. Дробот В. І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва : навч. посіб. 2-е вид., перероб. і допов. К. : Профкника, 2019. 579 с.
47. Загальні технології харчової промисловості. Навчальний посібник / Ф. В. Перцевой, В. І. Ладика, П. П. Пивоваров [та ін.]. Х.: СНАУ, 2021. 317 с.
48. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва: підручник. К.: Профкнига, 2024. 516 с.
49. ГСТУ 46.004-99 Борошно пшеничне. Технічні умови. ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 1999 –08–15]. Київ, 1999. 27 с. (інформація та документація).
50. Сердюк М. Є., Прісс О.П., Гапріндашвілі Н.А., Здоровцева Л.М., Сухаренко О.І., Іванова І.Є. Дослідницький практикум. Частина 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. 370 с.
51. ДСТУ 7517:2014 Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови. «Мінекономрозвитку України», [Чинний від 2015 –02–01]. Київ, 2015. 33 с. (інформація та документація).
52. Конституція України. К.: Видавництво "Право", 1996. 55.
53. Закон України "Про охорону праці". К.: Норматив. 1994. 65 с.
54. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні» №1417 від 31.12.2014. Документ z0252-15, чинний, поточна редакція від 14.08.2024. URL.: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>

55. 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>
56. 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
57. ДСТУ ISO 22000:2019 Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюзі (ISO 22000:2018, IDT) 01.12.2019, ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2019–12–01]. Київ, 2018. 26 с. (інформація та документація).
58. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). 26.12.2019, ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2021–01–01]. Київ, 2019. 45 с. (інформація та документація).

## **ДОДАТКИ**

**Розрахунок глікемічного індексу (ГІ) дослідних зразків хліба**

Інгредієнти	ГІ інгредієнтів	Контроль		Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3	
		вміст	ГІ	вміст	ГІ	вміст	ГІ	вміст	ГІ
Борошно пшеничне, в/с	85	70,0	60	42,0	35,7	39,0	33,2	45,5	38,7
Борошно цільозернове	55	-	-	28,0	15,4	31,0	17,1	24,5	13,5
Висівки пшеничні	15	-	-	5,0	0,8	-	-	3,5	0,5
Висівки житні	20	-	-	-	-	7,0	1,4	-	-
Клітковина яблучна	5	-	-	3,5	0,2	-	-	3,0	0,2
Клітковина вівсяна	5	-	-	-	-	4,0	0,2	-	-
Насіння льону	15	-	-	5,0	0,8	-	-	3,0	0,5
Насіння чіа	2	-	-	-	-	6,0	0,1	-	-
Інулін	5	-	-	2,0	0,1	3,0	0,2	-	-
Пектин	5	-	-	-	-	-	-	1,5	0,08
Дріжджі	0	2,0	-	2,0	0	2,0	0	2,0	0
Сіль	0	1,5	-	15	0	1,5	0	1,5	0
Вода	0	45,0	-	55,0	0	59,0	0	53,0	0
Сумарний ГІ продукту	-	-	60,0	-	53	-	52	-	53