

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра ресторанного, готельного та туристичного бізнесу

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

Виконала: студентка 2 курсу, групи ДХ-24 мг
спеціальності : 181 Харчові технології
(код і найменування спеціальності)

_____/ Наталя КОРЖ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____/ Іван ГАЛЯСНИЙ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____/ Тетяна ГАВРИШ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувачка кафедри _____/ Тетяна ГОНТАР
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____/ Наталія ОЛІЙНИК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____/ Денис ЛИПОВИЙ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2025 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут Українська інженерно-педагогічна академія
Кафедра ресторанного, готельного та туристичного бізнесу
Спеціальність 181 Харчові технології
Освітньо-професійна програма Ресторанні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри

_____ Тетяна ГОНТАР
(підпис)
«10» жовтня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
другого (магістерського) рівня вищої освіти

студентці вищої освіти Наталі КОРЖ

1. Тема роботи: Удосконалення технології булочних виробів підвищеної харчової цінності
затверджена наказом університету № 4801-5/3664 від «06» жовтня 2025 р.

2. Термін здачі закінченої роботи «15» грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

Мета роботи – оцінювання доцільності та ефективності використання меленого насіння пажитнику як функціонального інгредієнта у технології булочних виробів, а також визначення його впливу на хімічний склад борошняних сумішей, фізико-хімічні, сенсорні та мікробіологічні показники готової продукції

Об'єкт дослідження – технологія булочних виробів з дріжджового пшеничного тіста з додаванням меленого насіння пажитнику.

Предмет дослідження – хімічний склад борошна та тіста, фізико-хімічні властивості виробів, сенсорні характеристики, мікробіологічні показники готових виробів, елементи плану НАССР, економічна ефективність.

4. Зміст роботи (перелік питань, які належить розробити):

Вступ

Розділ 1 Інформаційно-аналітичний (огляд літератури з теми дослідження)

Розділ 2 Науково-дослідний (результати наукового та експериментального обґрунтування технології згідно з темою дослідження, результат оптимізації рецептурного складу або технологічних параметрів процесу виробництва продукції)

Розділ 3 Організаційно-технологічний (розроблення технологічних схем, нормативно-технічної документації розроблення елементів плану НАССР, розрахунок відпускної ціни продукції)

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал):

Результати наукових досліджень, що підтверджують новизну роботи, рецептура фірмової страви та технологічна схема; протокол визначення критичних точок контролю; результат моніторингу критичних точок тощо

6. Дата видачі завдання «10» жовтня 2025 р.

Керівник роботи

(підпис)

Іван ГАЛЯСНИЙ

(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв/ла до виконання

(підпис)

Наталі КОРЖ

(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК
виконання кваліфікаційної роботи

№ з/П	Назва етапів роботи	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдання
1	Вступ	13.10.2025	
2	Розділ 1	20.10.2025	
3	Розділ 2	03.11.2025	
4	Розділ 3	17.11.2025	
5	Висновки	24.11.2025	
6	Список використаних джерел	01.12.2025	
7	Додатки	08.12.2025	
8	Оформлення випускної роботи та ілюстративного матеріалу	15.12.2025	

Студентка

(підпис)

Наталя КОРЖ
(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Корж Н. В. Удосконалення технології булочних виробів підвищеної харчової цінності.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю 181 Харчові технології.

Метою роботи є оцінювання доцільності та ефективності використання меленого насіння пажитнику як функціонального інгредієнта у технології булочних виробів, а також визначення його впливу на хімічний склад борошняних сумішей, фізико-хімічні, сенсорні та мікробіологічні показники готової продукції.

Об'єкт дослідження: технологія булочних виробів з дріжджового пшеничного тіста з додаванням меленого насіння пажитнику.

Предмет дослідження – хімічний склад борошна та тіста, фізико-хімічні властивості виробів, сенсорні характеристики, мікробіологічні показники готових виробів, економічна ефективність, елементи плану НАССР.

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень удосконалено рецептурний склад і технологію виробництва булочних виробів з використанням меленого насіння пажитнику. Отримані результати можуть бути використані при організації виробництва булочних виробів у закладах ресторанного господарства. У ході роботи розроблено проєкт технологічної документації на новий вид булочного виробу, включаючи рецептуру та технологічну схему, а також опрацьовано елементи процедур, заснованих на принципах НАССР, що забезпечують контроль безпечності продукції на основних етапах технологічного процесу.

Доведено практичну доцільність, соціальну та економічну ефективність впровадження удосконаленої технології булочних виробів із меленим насінням пажитнику, зокрема для розширення асортименту продукції закладів HoReCa.

Ключові слова: БУЛОЧНІ ВИРОБИ, МЕЛЕНЕ НАСІННЯ ПАЖИТНИКУ, ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ, СЕНСОРНА ОЦІНКА, ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ, ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ, ПЛАН НАССР.

ABSTRACT

Korzh N. V. Improving the technology of bakery products with increased nutritional value.

Qualification work for obtaining the educational and qualification level of a master in the specialty 181 Food Technology.

The purpose of the work is to assess the feasibility and effectiveness of using ground fenugreek seeds as a functional ingredient in the technology of bakery products, as well as to determine its impact on the chemical composition of flour mixtures, physicochemical, sensory and microbiological indicators of finished products.

Object of research: technology of bakery products from yeast wheat dough with the addition of ground fenugreek seeds.

The subject of research is the chemical composition of flour and dough, physicochemical properties of products, sensory characteristics, microbiological indicators of finished products, economic efficiency, elements of the HACCP plan.

Based on the conducted theoretical and experimental research, the recipe composition and technology for the production of bakery products using ground fenugreek seeds were improved. The results obtained can be used in organizing the production of bakery products in restaurant establishments. In the course of the work, a draft technological documentation for a new type of bakery product was developed, including a recipe and a technological scheme, and elements of procedures based on the principles of HACCP were worked out, which ensure product safety control at the main stages of the technological process.

The practical feasibility, social and economic efficiency of implementing an improved technology for bakery products with ground fenugreek seeds was proven, in particular for expanding the product range of HoReCa establishments.

Keywords: BAKERY PRODUCTS, GROUND FENUGREEK SEEDS, NUTRITION, SENSORY EVALUATION, EXPERIMENTAL PLANNING, TECHNOLOGY OPTIMIZATION, HACCP PLAN.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
Розділ 1. Теоретичні та практичні аспекти розроблення хлібобулочних виробів з використанням нетрадиційної рослинної сировини.....	11
1.1 Аналіз ефективності застосування сучасних рецептурних інгредієнтів для отримання хлібобулочних виробів поліпшеної якості.....	11
1.2 Практичні передумови удосконалення технології булочних виробів з використанням меленого насіння пажитнику.....	19
Розділ 2. Експериментальне обґрунтування та розробка технології булочних виробів підвищеної харчової цінності	28
2.1 Вплив меленого насіння пажитника на склад та фізико-хімічні показники булочних виробів.....	28
2.2 Математичне моделювання та оптимізація дозування борошна пажитнику.....	36
Розділ 3. Впровадження технології булочних виробів у закладах ресторанного господарства.....	43
3.1 Розроблення технологічної схеми на новий виріб та її системний аналіз. Ефективність виробництва нової продукції.....	43
3.2 Розроблення елементів плану НАССР	47
Висновки	52
Список використаних джерел	54
Додатки.....	59
Додаток А Публікації магістранта з теми дослідження.....	60
Додаток Б Проєкт техніко-технологічної карти.....	64
Додаток В Таблиці та рисунки до розділу 3.....	66

ВСТУП

Актуальність теми. У сегменті HoReCa хлібобулочні та булочні вироби залишаються важливою складовою меню, оскільки використовуються як самостійні продукти, елементи сніданків, фуршетів, сендвічів та фірмових страв. Водночас традиційні вироби з пшеничного борошна вищого ґатунку характеризуються низьким вмістом харчових волокон, обмеженим амінокислотним складом і недостатньою кількістю мікронутрієнтів [1].

Сучасні наукові дослідження у сфері харчових технологій спрямовані на створення продуктів, які поєднують високу харчову цінність із стабільними технологічними та сенсорними показниками. Особлива увага приділяється використанню рослинної сировини природного походження, зокрема бобових культур, як джерела білка, харчових волокон та біологічно активних речовин [2]. Такий підхід є особливо актуальним для закладів ресторанного господарства, де важливими є не лише поживні характеристики продукції, а й відтворюваність технології, стабільна якість та привабливі органолептичні властивості виробів.

Одним із перспективних інгредієнтів для збагачення булочних виробів є насіння пажитнику (*Trigonella foenum-graecum* L.), яке містить значну кількість повноцінного білка, розчинних і нерозчинних харчових волокон, мінеральних речовин та поліфенольних сполук. За даними сучасних публікацій, введення порошку або борошна насіння пажитнику до складу пшеничного тіста сприяє підвищенню харчової та біологічної цінності виробів, зменшенню вмісту вуглеводів і потенційному зниженню глікемічного навантаження готової продукції [3].

Разом із тим науковці відзначають, що додавання пажитнику істотно впливає на водопоглинальну здатність борошняних сумішей, реологічні властивості тіста та формування структури м'якушки, що може призводити до зменшення питомого об'єму та зміни текстури виробів [4]. У зв'язку з цим виникає необхідність оптимізації рецептурного складу та технологічних параметрів процесу виробництва, особливо для безопарного способу

приготування тіста, який широко застосовується у закладах ресторанного господарства.

Таким чином, актуальним є наукове обґрунтування доцільності використання меленого насіння пажитнику у технології булочних виробів, визначення оптимальних рівнів його внесення та оцінювання впливу на якість і харчову цінність готової продукції з урахуванням вимог закладів ресторанного господарства.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є оцінювання доцільності та ефективності використання меленого насіння пажитнику як функціонального інгредієнта у технології булочних виробів. Для досягнення поставленої мети слід вирішити наступні завдання:

- проаналізувати ефективність застосування сучасних рецептурних інгредієнтів для отримання хлібобулочних виробів поліпшеної якості;
- розглянути практичні передумови удосконалення технології булочних виробів з використанням меленого насіння пажитнику;
- дослідити вплив меленого насіння пажитника на склад та фізико-хімічні показники булочних виробів;
- провести математичне моделювання та оптимізацію дозування борошна пажитнику;
- розробити технологічну схему на новий виріб та здійснити її системний аналіз; визначити ефективність виробництва нової продукції;
- розробити елементи плану НАССР.

Об'єкт дослідження: технологія булочних виробів з дріжджового пшеничного тіста з додаванням меленого насіння пажитнику.

Предмет дослідження – хімічний склад борошна та тіста, фізико-хімічні властивості виробів, сенсорні характеристики, мікробіологічні показники готових виробів, економічна ефективність, елементи плану НАССР.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Випускна кваліфікаційна робота виконана згідно з тематичним планом наукових досліджень та реалізована в межах науково-дослідної роботи № ФН 21-01

«Інноваційні підходи до сталого розвитку сфери гостинності», схваленої рішенням Науково-технічної ради УПА (протокол № 4 від 23 січня 2024 року).

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

- теоретично та експериментально обґрунтовано обґрунтовано використання меленого насіння пажитнику як функціонального інгредієнта та встановлено його вплив на хімічний склад і фізико-хімічні показники продукції;
- набуло подальшого розвитку наукове уявлення щодо підвищення харчової та біологічної цінності булочних виробів шляхом збагачення їх бобовою рослинною сировиною за умови збереження прийнятних сенсорних характеристик, важливих для HoReCa-сегмента;
- удосконалено рецептурно-технологічні параметри виробництва булочних виробів із додаванням меленого насіння пажитнику на основі результатів планованого експерименту, що забезпечує оптимальне поєднання харчової цінності та показників якості готової продукції.

Практичне значення одержаних результатів. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень удосконалено рецептурний склад і технологію виробництва булочних виробів з використанням меленого насіння пажитнику. Отримані результати можуть бути використані при організації виробництва булочних виробів у закладах ресторанного господарства. У ході роботи розроблено проєкт технологічної документації на новий вид булочного виробу, включаючи рецептуру та технологічну схему, а також опрацьовано елементи процедур, заснованих на принципах НАССР, що забезпечують контроль безпечності продукції на основних етапах технологічного процесу.

Доведено практичну доцільність, соціальну та економічну ефективність впровадження удосконаленої технології булочних виробів із меленим насінням пажитнику, зокрема для розширення асортименту продукції закладів HoReCa та формування пропозиції харчових продуктів підвищеної харчової цінності для споживачів, які дотримуються принципів здорового харчування.

Особистий внесок здобувача полягає у самостійному плануванні та виконанні експериментальних досліджень, проведенні їх математичної обробки й наукового аналізу отриманих результатів, формулюванні обґрунтованих висновків і практичних рекомендацій. Здобувачем також здійснено підготовку матеріалів до публікації, апробацію результатів досліджень та впровадження удосконаленої технології булочних виробів у виробничу практику.

Методи дослідження. У роботі використано стандартні та спеціальні органолептичні й фізико-хімічні методи оцінювання якості вихідної сировини, напівфабрикатів і готових булочних виробів. Для оптимізації рецептурного складу застосовано математичні методи планування експерименту, а також статистичні методи обробки та аналізу експериментальних даних.

Аналіз та узагальнення наукових результатів проведено разом із науковим керівником старшим викладачем ННІ УПА ХНУ ім. В. Н. Каразіна, канд. техн. наук І. В. Галясним.

Апробація результатів випускної кваліфікаційної роботи. Результати досліджень, отримані під час виконання випускної кваліфікаційної роботи, були апробовані та представлені на LX Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти «Освіта та технології для розвитку суспільства» (м. Харків, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія», 17–21 листопада 2025 року).

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 50 найменувань, у тому числі 29 зарубіжних, а також 3 додатки. Робота викладена на 53 сторінках основного тексту, містить 16 таблиць та 5 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБЛЕННЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕТРАДИЦІЙНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

1.1 Аналіз ефективності застосування сучасних рецептурних інгредієнтів для отримання хлібобулочних виробів поліпшеної якості

Хліб та хлібобулочні вироби залишаються базовою складовою харчового раціону населення більшості країн світу. За даними сучасних оглядів, хліб забезпечує відчутну частку добової енергетичної цінності (до 30-40 % у ряді країн) і є основним джерелом вуглеводів, частково білка, деяких мінералів і вітамінів групи В. Водночас, з технологічних причин (використання переважно борошна вищих сортів, інтенсивні режими оброблення тіста, рафінування сировини) традиційний пшеничний хліб характеризується недостатньою харчовою збалансованістю - високим вмістом швидкозасвоюваних вуглеводів при відносно низькому вмісті повноцінного білка, харчових волокон, мікронутрієнтів та біологічно активних речовин [5, 9].

Актуальні міжнародні огляди відзначають, що звичайний пшеничний хліб має високий прогнозований глікемічний індекс (близько 90-95 од.), невеликий вміст харчових волокон (2-3 г/100 г), лімітований вміст окремих незамінних амінокислот та недостатню кількість кальцію, заліза, цинку й антиоксидантів [5, 6, 9]. Це суперечить сучасній концепції здорового харчування та стимулює пошук шляхів удосконалення технології хлібобулочних виробів шляхом введення інноваційних рецептурних інгредієнтів.

У світовій та вітчизняній науковій літературі виділяють кілька ключових напрямів підвищення харчової цінності хліба:

- збагачення пребіотичними волокнами (інулін, β -глюкани, концентрати харчових волокон);

- – використання нетрадиційних видів рослинної сировини (овочеві та фруктові порошки, висівки, шроту й макухи, насіння олійних культур);
- – внесення рослинних білкових інгредієнтів (борошно бобових культур, білкові концентрати);
- – використання натуральних заквасок, ферментних препаратів та біологічно активних компонентів [10, 11, 19].

Окремий вагомий внесок у розроблення таких технологій роблять українські наукові школи НУХТ, ОНТУ, ДБТУ та пов'язаних ЗВО, які активно досліджують напрями збагачення хліба клітковиною, білком, мінералами та антиоксидантами [10-12; 18; 20-22].

Нижче подано узагальнений аналіз сучасних досліджень (з 2019 р.) щодо використання різних груп інгредієнтів у технології пшеничного та змішаного хліба.

Збагачення хліба пребіотичними харчовими волокнами (інулін, β -глюкани, концентрати волокон)

Сучасний огляд F. Mohammadi та співавторів показав, що інулін у хлібопеченні відіграє подвійну роль: як пребіотична речовина (зниження ризику метаболічного синдрому, серцево-судинних захворювань, діабету 2 типу) та як технологічний інгредієнт, здатний впливати на водопоглинання, структуру тіста, об'єм та черствіння хліба [5].

У дослідженні M. Canale та ін. інулін вносили у кількостях 5, 10 і 20 % до маси пшеничного борошна. Було встановлено, що:

- вміст інуліну в готовому хлібі зростав від ~0,8 г/100 г у контролі до 14,4 г/100 г при 20 % заміні борошна;
- прогнозований глікемічний індекс знижувався з 94,5 до 89,4 одиниць;
- при додаванні 5-10 % інуліну підвищувався коефіцієнт розпушення тіста (об'єм збільшувався до 2,4-кратного від початкового проти 1,9-кратного у контролі), а черствіння сповільнювалося (втрата маси за 4 доби була майже втричі меншою, ніж у контролі) [6].

Таким чином, доза 5-10 % інуліну розглядається як оптимальна для поєднання функціонального ефекту (зниження глікемічного індексу, підвищення вмісту харчових волокон) із прийнятними реологічними та органолептичними показниками [5, 6].

Паралельно активно вивчається збагачення хліба β -глюканами та іншими волокнами. У роботі М. Ortiz de Eribe та співавторів при використанні мікрофлюїдизованих висівок кукурудзи, що містять близько 90 % нерозчинної клітковини, було отримано пшеничний хліб із підвищеним вмістом харчових волокон без критичного погіршення структури м'якушки при заміні частини борошна на 10-15 % [7].

Українські дослідники НУХТ системно вивчають використання тонкодиспергованих концентратів харчових волокон (вівсяних, яблучних, бурякових). За даними міні-огляду Стабнікової та ін. (2023), заміна 10 % пшеничного борошна такими концентратами призводила до:

- зниження швидкості ферментативного гідролізу вуглеводів хліба в 1,6-2,4 рази (що вказує на зменшення глікемічного індексу);
- підвищення загального вмісту харчових волокон у 1,4-2,2 рази (у випадку використання волокон гарбуза) [10].

Ці результати свідчать, що структуровані волокна (картопляна, яблучна, вівсяна, гарбузова клітковина) на рівні 5-10 % до маси борошна здатні суттєво покращувати харчовий профіль хліба, одночасно забезпечуючи прийнятну пористість та об'єм виробів.

*Використання нетрадиційних видів борошна та рослинних порошків
(овочевих, фруктових, гарбузових)*

Одним із найбільш досліджених напрямів є додавання гарбузового борошна та клітковини, яке забезпечує надходження β -каротину, харчових волокон, мінералів (К, Mg, Fe) та антиоксидантів [11; 15-17].

Міжнародне дослідження Alija D. та ін. показало, що введення 5...20 % гарбузового борошна до м'якої пшеничної муки підвищує частку загальних харчових волокон завдяки високому їх вмісту в гарбузовому борошні (близько

39 % проти 2,9 % у базовому пшеничному борошні). Це приводило до зростання водоутримувальної здатності, зміцнення гелевої структури тіста (підвищення модулів G^1 та G^2) і підвищення вмісту біоактивних сполук [15].

Українські науковці НУХТ (Дробот та ін.) досліджували вплив гарбузового борошна та волокон на структурно-механічні властивості тіста і якість пшеничного хліба. Показано, що внесення 5...10 % гарбузового борошна / клітковини:

- підвищує вологозв'язувальну здатність тіста,
- збільшує вміст харчових волокон та каротиноїдів у готовому хлібі,
- забезпечує кращу свіжість виробів у процесі зберігання,
- при цьому об'єм хліба знижується незначно та залишається в межах, прийнятних для споживача [11].

Схожі результати отримали й інші українські автори. Любич В. В. встановила, що збагачення пшеничного хліба гарбузовим борошном різних сортів змінює колір скоринки зі світло-коричневого на насичений коричневий, підвищує інтенсивність забарвлення м'якушки та позитивно впливає на сенсорну оцінку протягом зберігання [16]. Юдічева О. П. також відзначила, що використання різних сортів гарбуза як сировини для борошна дозволяє цілеспрямовано формувати колір та аромат виробів без істотного погіршення структури хліба при дозах до 10 % [17].

У роботі Іваніва С. О. оптимізовано технологію пшеничного хліба з композитним борошном (пшениця + батат + гарбуз); додавання овочевих компонентів дозволило підвищити харчову цінність (вміст β -каротину, харчових волокон) без критичного зниження питомого об'єму та пористості за рахунок підбору раціонального співвідношення борошняної суміші [20].

Продукти переробки олійних культур (шроту, макухи, насіння) як джерело білка, клітковини та мікронутрієнтів

Важливим трендом останніх років є використання побічних продуктів переробки насіння олійних культур – макухи, шротів, частково знежиреного борошна, які містять концентрований білок, клітковину та мінерали [10; 18; 19].

У роботі Стабнікової О. та ін. проаналізовано потенціал макухи та шротів гарбуза, амаранту, коноплі, кунжуту, зародків пшениці тощо для збагачення хліба [10]:

- клітковина насіння гарбуза при заміні 5-15 % пшеничного борошна забезпечувала найбільш раціональний ефект при 10 % заміни: вміст харчових волокон у хлібі зростає більш ніж удвічі, а швидкість ферментативного гідролізу вуглеводів зменшувалась у 1,6-2,4 рази;

- застосування макухи конопляної в кількості до 10 % від маси борошна істотно не погіршувало реологічні властивості тіста, тоді як при 20 % різко знижувалися питомий об'єм і пористість;

- частково знежирене борошно з макухи кунжуту доцільно вносити в кількості до 4 %, оскільки більші дозування призводять до ущільнення м'якушки та зниження органолептичної оцінки.

Блаженко М. та ін. експериментально підтвердили перспективність використання побічних продуктів з насіння конопель: за внесення до 10 % шроту від маси пшеничного борошна збільшується вміст білка та харчових волокон, збагачується продукт залізом, однак при цьому необхідно враховувати можливе зниження питомого об'єму та темніший колір м'якушки [18].

Крім того, у ряді робіт НУХТ досліджено використання шроту амаранту. Додавання 2 % амарантового шроту сприяло укріпленню клейковинного каркасу тіста та прискоренню дозрівання, тоді як збільшення дозування до 5-10 % збагачувало хліб незамінними амінокислотами без суттєвого погіршення фізико-хімічних показників якості виробів [10, 22].

Рослинні білкові інгредієнти (борошно бобових, білкові концентрати)

Підвищення білкової цінності хліба здебільшого реалізується через використання борошна бобових культур та білкових концентратів.

У сучасному огляді Momodu A. M. та ін. відзначено, що додавання до хліба білкових інгредієнтів (соєвих, нуттових, насіння льону, кіноа) у діапазоні 5...15 % може підвищувати вміст білка до 20...30 % порівняно з контролем, водночас певною мірою знижуючи специфічний об'єм виробів [9].

В українському матеріалі детально це продемонстровано в магістерській роботі Веретельник А. С., де вивчали вплив люпинового борошна на якість пшеничного хліба. Авторка досліджувала заміну пшеничного борошна на 5, 10, 15 та 20 % люпиновим борошном. Встановлено, що:

- при 10 % заміни відбувається помітне зростання вмісту білка та покращення амінокислотного складу хліба;
- збільшення рівня до 15-20 % супроводжується ущільненням м'якушки та зниженням питомого об'єму, що обмежує доцільну дозу;
- сенсорна оцінка показала прийнятне сприйняття споживачами хліба з 10% люпинового борошна [21].

*Суміщення кількох інгредієнтів: приклади збагачення вітамінами,
мінералами та комбінованими волокнами*

Новий напрям – комбіноване збагачення хліба, коли одночасно вводять пребіотичні волокна і мікронутрієнти. S. Boudrag та ін. вивчали пшеничний хліб, збагачений вітаміном D₃ і сумішшю волокон (пектин, β-глюкан, целюлоза, вівсяне волокно). Було показано, що при оптимальній рецептурі можна досягти рекомендованого рівня вітаміну D₃ без істотного погіршення об'єму та текстури м'якушки; крім того, суміш волокон дозволяла підвищити вміст харчових волокон на кілька грамів на 100 г продукту [8].

В українських дослідженнях також є приклади комплексного збагачення. Задворний О. І. довів доцільність одночасного використання амарантового борошна та насіння гарбуза для збагачення житньо-пшеничного хліба – з метою покращення амінокислотного складу, підвищення вмісту білка та мікроелементів (особливо заліза), з мінімальними змінами структури виробу при раціонально підібраних дозах [22].

Аналіз робіт вітчизняних робіт показує, що науковці активно працюють у тих самих трендах, що й світова спільнота, але з орієнтацією на використання доступної рослинної сировини українського виробництва (гарбуз, амарант, конопля, бобові, зернові відходи, клітковина картоплі тощо).

Для наочності узагальнимо деякі результати у таблиці.

Таблиця 1.1 – Приклади інноваційних інгредієнтів для збагачення хліба, досліджених українськими науковцями

Інгредієнт / джерело	Доза, % до маси борошна	Основна мета внесення	Отриманий ефект
Концентрати харчових волокон (вівсяні, яблучні, бурякові) [10]	10 %	Збільшити вміст харчових волокон, знизити глікемічний відгук	Швидкість ферментативного гідролізу вуглеводів хліба зменшена у 1,6-2,4 раза; вміст харчових волокон зріс у 1,4-2,2 раза; структура м'якушки - задовільна
Клітковина насіння гарбуза [10; 11]	5-15 %, оптимально 10 %	Збільшити клітковину, знизити глікемічність, додати β-каротин	Подвоєння вмісту харчових волокон у хлібі, зниження прогнозованого глікемічного індексу; незначне зменшення питомого об'єму при 10 %, суттєве при 15 %
Макуха конопляна [10; 18]	5-10 %	Підвищити вміст білка та заліза	Підвищення вмісту білка та харчових волокон; при 10 % структура хліба прийнятна, при 20 % - різке зниження питомого об'єму та пористості
Композитне борошно (пшениця + батат + гарбуз) [20]	Підбір оптимального співвідношення; частка овочового борошна 10-20 %	Збільшити вміст β-каротину, харчових волокон, покращити органолептику	Підвищення вмісту каротиноїдів та волокон, формування привабливого кольору, збереження прийнятного питомого об'єму за оптимальної рецептури
Люпинове борошно [21]	5-20 %, оптимально 10 %	Підвищити білкову та амінокислотну цінність хліба	Значне підвищення вмісту білка та покращення амінокислотного складу при 10 %; при 15-20 % - ущільнення м'якушки, зниження питомого об'єму

Джерело: узагальнено за [10, 11; 18; 20; 21].

Проведений аналіз літератури показує, що традиційний пшеничний хліб характеризується високим вмістом вуглеводів та недостатнім вмістом харчових волокон, повноцінного білка, вітамінів, мінералів та біоактивних речовин, що обумовлює необхідність його цілеспрямованого збагачення.

У світовій практиці для підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів активно застосовують пребіотичні волокна (інулін, β-глюкани), овочеві

та фруктові порошки, білок бобових культур, продукти переробки олійних культур, комбіновані композиції волокон і мікронутрієнтів. Дози внесення, як правило, становлять 5-15 % до маси борошна, що дозволяє істотно підвищити харчову цінність без критичного погіршення технологічних показників.

Українські науковці роблять суттєвий внесок у розвиток технологій хліба підвищеної харчової цінності, акцентуючи увагу на використанні доступної вітчизняної сировини: гарбузового борошна і клітковини, картопляної та яблучної клітковини, макухи й шротів (конопля, амарант, кунжут, зернові зародки), борошна бобових культур (люпин, горох тощо). Отримані ними результати демонструють, що за рахунок заміни 5-10 % пшеничного борошна такими компонентами можливо:

- збільшити вміст харчових волокон у хлібі в 1,5-2 рази;
- знизити швидкість гідролізу вуглеводів у 1,6-2,4 раза (що корелює зі зменшенням глікемічного індексу);
- підвищити вміст білка та мікронутрієнтів без істотного погіршення структури м'якушки.

Оптимальними виявляються невисокі рівні дозування (5-10 %, іноді до 15 %), тоді як більша заміна пшеничного борошна зазвичай призводить до зменшення питомого об'єму та погіршення пористості й органолептичних показників, що підтверджують як міжнародні, так і українські дослідження.

Особливий інтерес для подальших розробок становлять інгредієнти, які поєднують харчову та функціонально-технологічну дію (впливають одночасно на харчову цінність і реологічні властивості тіста). До таких належать, зокрема, мелене насіння пажитнику та порошки на його основі, що характеризуються високим вмістом білка, розчинних та нерозчинних харчових волокон, сапонінів, поліфенолів та інших біоактивних компонентів. На цьому фоні використання порошку пажитнику як інгредієнта для булочних виробів підвищеної харчової цінності видається перспективним напрямом, який логічно продовжує загальносвітові та вітчизняні тенденції у збагаченні хлібобулочних виробів.

Саме тому в подальших дослідженнях доцільно зосередитися на аналізі та випробуванні меленого насіння пажитнику як інноваційного інгредієнта для удосконалення технології булочних виробів на основі українського пшеничного борошна.

1.2 Практичні передумови удосконалення технології булочних виробів з використанням меленого насіння пажитнику

Пажитник (*Trigonella foenum-graecum* L.) належить до родини бобових і традиційно використовується як харчова й лікарська сировина. Насіння та зелень пажитнику містять 20-30 % білка, значну кількість харчових волокон (зокрема галактоманан), мінеральні речовини, вітаміни, поліфенольні сполуки, стероїдні сапоніни (дисогенін та ін.), ефірні олії. Саме завдяки поєднанню розчинної та нерозчинної клітковини, біоактивних компонентів та помірної енергетичної цінності пажитник розглядають як перспективний інгредієнт для створення хлібобулочних виробів оздоровчого та функціонального призначення. У сучасних дослідженнях пажитник вивчають у різних формах – мелене насіння, борошно, цілі замочені насінини, листя та їх порошки – з метою збагачення хліба білком, харчовими волокнами, антиоксидантами та зниження глікемічного індексу виробів [23-28, 31-35].

Використання меленого насіння/борошна пажитнику у технології пшеничного хліба

Одним із базових сучасних досліджень є робота Man S. M. та ін., в якій вивчали вплив додавання борошна пажитнику до темного пшеничного борошна (тип 1250) у кількості 2, 5 і 8 % до маси борошна [23]. Показано, що із зростанням частки борошна пажитнику збільшується вміст білка, золи, харчових волокон та антиоксидантних сполук у хлібі, покращуються мікробіологічні показники зберігання. Водночас відзначено певне «ущільнення» м'якушки та зростання твердості крихти, особливо при 8 % заміни. Найвищі сенсорні оцінки отримали зразки з 2 та 5 % борошна пажитнику; автори зробили висновок, що

оптимальною з точки зору якості та споживчого сприйняття є заміна пшеничного борошна борошном пажитнику на рівні до 5 % [23].

Abdalla E. досліджував вплив часткової заміни пшеничного борошна порошком насіння пажитнику у технології подового хліба [24]. У роботі розглядали декілька рівнів заміни; встановлено, що:

- при помірній заміні (порядку 10 % від маси борошна) хліб характеризується прийнятними органолептичними показниками;

- за результатами текстурного аналізу черствіння уповільнюється: твердість та жувальність м'якушки після 48 год зберігання зростають меншими темпами, ніж у контролі без пажитнику;

- надмірне дозування призводить до потемніння м'якушки та появи вираженого гіркуватого присмаку, що знижує сенсорну оцінку.

Таким чином, автор рекомендує використовувати порошок пажитнику на рівні близько 10 % як компроміс між функціональними та сенсорними властивостями хліба.

Kaur H. (Індія) у статті оцінила збагачення пшеничного хліба цілими та пророщеними насінинами пажитнику у діапазоні дозувань 2-10 % [25]. Показано, що збільшення частки насіння (особливо пророщеного) супроводжується зростанням вмісту білка, харчових волокон, мінералів і загальної антиоксидантної активності хліба. Водопоглинальна здатність тіста підвищується, а структура м'якушки стає більш щільною при високих дозах добавки. Оптимальними з точки зору збалансованості харчових і сенсорних показників є рівні близько 8 % для «звичайних» насінин та 6 % для пророщених. Такі зразки демонстрували поліпшену харчову цінність і водночас прийнятний об'єм та структуру хліба.

Окремий напрям – використання суміші пажитнику з іншими пряно-ароматичними інгредієнтами. У роботі Zerlasht M. та співавт. вивчали вплив порошків пажитнику, чорного кмину та часнику на реологічні властивості тіста, якість хліба, антимікробну активність і мікроструктуру м'якушки [26].

Застосовували різні комбінації трав у кількостях, близьких до кількох відсотків від маси борошна. Встановлено, що:

- у присутності пажитнику та супутніх спецій підвищується стабільність тіста й покращуються показники газотримувальної здатності;
- у хлібі з травами знижується загальна мікробна обсемененість, виявлено антимікробну дію екстрагованих компонентів проти *Salmonella typhimurium* та інших патогенів;
- скануюча електронна мікроскопія показала більш розвинену та однорідну пористу структуру м'якушки в оптимальних зразках.

Узагальнюючи ці результати, можна стверджувати, що при використанні меленого насіння чи борошна пажитнику у межах 2-8 % до маси борошна вдається істотно підвищити вміст білка, харчових волокон та антиоксидантів у пшеничному хлібі, водночас зберігаючи прийнятні фізико-хімічні та органолептичні показники.

Використання листя та зелені пажитнику в технології хліба

Окремий блок робіт присвячено використанню листя пажитнику (свіжого й сушеного) як джерела поліфенолів, каротиноїдів та сапонінів.

Каур G. та ін. розробили технологію хліба, збагаченого обробленим листям пажитнику – висušеним порошком (2-4 %) у поєднанні зі свіжим пюре (8-12 %) [27]. Дослідники показали, що:

- загальний вміст фенольних сполук у хлібі зростав майже вдвічі (з ~184 до понад 390 мг галової кислоти/100 г);
- вміст β -каротину підвищувався з незначних величин до $\approx 2,4$ мг/100 г;
- оптимальна рецептура (2 % порошку + 12 % пюре листя) забезпечувала найкращі сенсорні показники та подовжену тривалість зберігання (до 7 діб у холодильних умовах без істотної втрати якості).

Paramesha M. та ін. оцінили вміст діосгеніну в 11 сортах індійського пажитнику та ефект додавання листя у вигляді порошку до пшеничного хліба. Автори встановили, що оптимальним з точки зору поєднання функціональних та органолептичних властивостей є рівень 1,5 % порошку листя сорту KS до маси

борошна. Локалізація діосгеніну у продукті дозволяє отримати хліб із вмістом стероїдних сапонінів понад 260 мг/100 г сухої речовини при мінімальному впливі на структуру м'якушки та специфічний запах [28].

В іншому дослідженні розроблено хліб із суміші листя моринги та пажитнику, де загальна частка листових порошків становила 5-7 %. Показано, що така комбінація істотно підвищує вміст білка, харчових волокон і заліза в готовому хлібі та покращує мікробіологічну стабільність у порівнянні з контролем. Водночас надлишковий вміст порошку пажитнику (вище рекомендованих значень) спричиняє надмірне потемніння м'якушки та занадто різкий пряний аромат, що обмежує допустимий рівень його внесення [29].

*Вплив пажитнику на глікемічний відгук та функціональність
хлібобулочних виробів*

З огляду на високий вміст розчинної клітковини (галактоманану) й біоактивних речовин, увагу привертають роботи, присвячені зниженню глікемічного індексу хліба та булочних виробів з додаванням пажитнику.

У низці досліджень, виконаних на моделях булочок та плоского хліба (flatbread), часткова заміна рафінованого пшеничного борошна дефектованою фракцією насіння пажитнику або порошком насіння на рівні близько 10 % дозволила достовірно знизити глікемічний індекс продукції та пікові значення постпрандіальної глікемії у добровольців [30]. Автори пов'язують цей ефект із підвищенням вмісту розчинних харчових волокон, які утворюють в'язкий гель у шлунково-кишковому тракті й уповільнюють гідроліз крохмалю та всмоктування глюкози [23, 24].

Таким чином, сучасні закордонні дані підтверджують, що включення пажитнику (насіння, борошна або листя) у рецептуру хлібобулочних виробів на рівні 2-10 % від маси борошна сприяє не лише збагаченню продуктів білком, харчовими волокнами та антиоксидантами, а й потенційному зниженню глікемічного індексу, що є актуальним для профілактики метаболічних порушень.

Дослідження українських науковців щодо використання пажитнику у технології хліба та булочних виробів

В Україні проблематика використання пажитнику у технології хлібобулочних виробів лише починає формувати окремий науковий напрям, однак уже існують поодинокі роботи, виконані на основі борошна вітчизняного виробництва.

Стеценко Н. О., Галушко М. В. (НУХТ, 2020) досліджували вплив шпинату та насіння пажитнику на харчову та біологічну цінність пшеничного хліба [31]. У роботі показано, що введення насіння пажитнику в поєднанні зі шпинатом (у межах декількох відсотків до маси борошна) дозволяє суттєво підвищити біологічну цінність хліба (насиченість незамінними факторами харчування) відносно традиційного пшеничного хліба; зберегти енергетичну цінність продукту практично на рівні контролю; сформувати виразний зелений відтінок м'якушки та пряний присмак, прийнятний для споживача при помірних рівнях внесення пажитнику.

У роботі, виконаній на базі ДБТУ, обґрунтовано удосконалення технології житньо-пшеничного хліба із застосуванням суміші прянощів кропу та пажитнику у кількостях 3, 5, 7 та 10 % до маси борошна (співвідношення кріп:пажитник = 1:1) [32]. Встановлено, що оптимальною дозою спеціальної суміші є 5 %, за якої спостерігається найбільш сприятливе поєднання органолептичних характеристик (виразний, але не надмірний аромат, приємний смак) і фізико-хімічних показників (питомий об'єм, пористість, кислотність); подальше підвищення частки спецій (7-10 %) призводить до надмірного затемнення м'якушки та зниження питомого об'єму, що обмежує доцільний рівень внесення пажитнику.

Герасимчук О. П. дослідила композитні борошняні суміші (90 % пшеничного борошна вищого ґатунку + 10 % вівсяного борошна) з додаванням подрібненого насіння пажитнику [33]. Автором встановлено, що заміна частини пшеничного борошна 2 % подрібненого пажитнику:

- покращує фізико-хімічні показники якості хліба (форму, розпливання, структуру м'якушки);
- збагачує продукт пряним ароматом, властивим пажитнику;
- при перевищенні 2 % спостерігається тенденція до погіршення структури та зниження об'єму хліба, що дозволило визначити 2 % як гранично доцільний рівень внесення.

Сороцька А. В. розглянула доцільність використання подрібненого насіння пажитнику у технології здобної булочки подовженого терміну зберігання зі зниженим глікемічним індексом [34]. Авторка обґрунтовує вибір пажитнику як функціональної добавки завдяки вмісту розчинних волокон, які знижують швидкість перетравлення та засвоєння вуглеводів, та пропонує поєднати його з глюкозо-фруктозним сиропом як заміником сахарози. Попередні результати свідчать про перспективність створення булочок із пажитником для харчування осіб, які контролюють рівень глюкози в крові, однак детальні фізико-хімічні та органолептичні характеристики таких виробів поки що потребують поглибленого дослідження.

Для наочності частину даних щодо використання пажитнику в технології хліба узагальнено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Приклади застосування пажитнику в технології хліба та булочних виробів

Продукт	Форма пажитнику	Доза, % до маси борошна	Основна мета внесення	Отриманий ефект
Темний пшеничний хліб	Борошно насіння	2; 5; 8	Збагачення білком, клітковиною, антиоксидантами	Підвищення вмісту білка, золи, волокон та антиоксидантів; оптимальна сенсорна оцінка при 2-5 %, помірне ущільнення м'якушки при 8 %
Білий формовий хліб	Цілі насінини	2; 2,5 (у суміші з чорним кмином)	Створення функціонального хліба з пряним смаком, покращення реології тіста	Зростання підйомної сили дріжджів на 17-28 %; задовільна пористість, еластичний м'якуш; виразний, але прийнятний аромат при 2 %

Продукт	Форма пажитнику	Доза, % до маси борошна	Основна мета внесення	Отриманий ефект
Подовий хліб	Порошок насіння	Кілька рівнів заміни (найкращий - близько 10 %)	Підвищення харчової цінності та уповільнення черствіння	Хліб із ~10 % пажитнику мав кращу стійкість до черствіння та прийнятну сенсорну оцінку; вищі дози - надмірна гіркота й потемніння м'якушки
Пшеничний хліб	Цілі та пророщені насінини	2-10; оптимум: 8 % (звичайні), 6 % (пророщені)	Збагачення білком, волокнами, антиоксидантами, подовження свіжості	Підвищення харчової та антиоксидантної цінності; прийнятний об'єм і структура при 6-8 %, погіршення текстури при вищих дозах
Пшеничний хліб	Порошок та пюре листя	2-4 % порошку + 8-12 % пюре	Збагачення фенолами, β -каротином, подовження терміну зберігання	Зростання вмісту фенолів майже вдвічі, β -каротину - до $\approx 2,4$ мг/100 г; найкраща якість при 2 % порошку + 12 % пюре, зберігання до 7 діб
Пшеничний хліб	Насінини	Помірні рівні (кілька % у поєднанні зі шпинатом)	Підвищення харчової та біологічної цінності	Значно вища біологічна цінність порівняно з традиційним хлібом; енергетична цінність практично не змінюється
Житньо-пшеничний хліб	Суміш кропу та пажитнику (1:1)	3; 5; 7; 10; оптимум 5 %	Надання хлібу функціональних та прямих властивостей	Оптимальна органолептика й структура при 5 %; при 7-10 % - зниження об'єму та надмірно темний м'якуш
Пшенично-вівсяний хліб	Подрібнене насіння	2	Поліпшення якості композитних сумішей	2 % пажитнику покращують фізико-хімічні показники якості хліба, більші дози погіршують структуру
Здобна булочка	Подрібнене насіння	Проектні рівні (у межах кількох %)	Зниження глікемічного індексу, подовження терміну зберігання	Обґрунтовано доцільність застосування пажитнику як джерела розчинних волокон

Джерело: узагальнено за [23–34].

Аналіз сучасних вітчизняних і закордонних праць свідчить, що пажитник у різних формах (мелене насіння, борошно, цілі насінини, листя та їх порошки) активно досліджується як інгредієнт для хлібобулочних виробів функціонального спрямування.

Водночас за надмірних рівнів внесення (понад 8-10 %) характерними є негативні ефекти - зменшення питомого об'єму, ущільнення м'якушки, потемніння забарвлення та поява вираженої гіркоти, що обмежує рекомендовані дози пажитнику.

Переважна частина наведених досліджень виконана за кордоном (Румунія, Індія, Єгипет тощо) на основі місцевих сортів пшениці та борошна. В Україні наукові роботи щодо застосування пажитнику в хлібопеченні поки що поодинокі й зосереджені переважно на пшеничному та житньо-пшеничному хлібі, а також на окремих концепціях здобних виробів. Систематичні дослідження впливу меленого насіння пажитнику саме на якість булочних виробів підвищеної харчової цінності, виготовлених на основі пшеничного борошна українського виробництва, практично відсутні.

У зв'язку з цим актуальним є завдання науково обґрунтувати доцільні рівні внесення порошку пажитнику в рецептури булочних виробів, дослідити його вплив на харчову цінність і фізико-хімічні показники продукту на основі українського борошна, що і визначає спрямованість подальших експериментальних досліджень.

Висновки до розділу 1

1. У результаті аналізу наукових джерел, присвячених сучасним інгредієнтам для підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів, встановлено, що збагачення пшеничного борошна пребіотичними волокнами, рослинними білками, овочевими порошками, макухами та шротами олійних культур дозволяє суттєво покращувати поживний профіль готових виробів, знижувати швидкість гідролізу вуглеводів і підвищувати вміст біоактивних

речовин. У дослідженнях, зокрема українських наукових шкіл НУХТ, ОНТУ та ДБТУ, доведено, що оптимальні рівні заміни пшеничного борошна становлять 5-10 %, при цьому підвищення харчової цінності відбувається без критичного погіршення фізико-хімічних та органолептичних властивостей виробів.

2. Аналіз зарубіжних та вітчизняних робіт щодо застосування пажитнику в технології хлібобулочних виробів показав, що мелене насіння, борошно та листя цієї рослини в дозах 2-8 (до 10) % сприяють зростанню вмісту білка, харчових волокон, поліфенолів, каротиноїдів та сапонінів, покращують біологічну цінність продуктів і можуть знижувати їх глікемічний індекс. Встановлено, що більшість досліджень проведено на основі іноземного пшеничного борошна, тоді як українські наукові роботи є поодинокими, що зумовлює актуальність подальшого дослідження функціонально-технологічних властивостей порошку пажитнику саме у складі булочних виробів із вітчизняного борошна.

РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ БУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

2.1 Вплив меленого насіння пажитника на склад та фізико-хімічні показники булочних виробів

Матеріали та методи досліджень

Під час проведення досліджень була використана наступна сировина:

- борошно з насіння пажитнику (БП) ТМ «Впрок» (м. Дніпро) згідно з чинною нормативною документацією;
- комерційне пшеничне борошно вищого гатунку ТМ «Хуторок» згідно ГСТУ 46.004-99;
- сіль кухонна згідно з ДСТУ 3583:2015;
- дріжджі хлібопекарські пресовані ТМ «Харківські дріжджі» згідно з ДСТУ 4812:2007;
- вода питна згідно з ДСТУ 7525:2014;
- суміш борошна з пажитнику з пшеничним борошном у різних частках (2%, 5% і 8%).

Хімічні показники визначали відповідно до затверджених методик ААСС [35]. Вміст вологи (44-15.02), жиру (30-25.01), золи (08-01.01), сирової клітковини (32-07.01) і білка визначали методом К'ельдаля (46-11.02); коефіцієнт перерахунку азоту в білок становив 5,7. Загальний вміст вуглеводів (%) розраховували за різницею: $100 - (\text{волога} + \text{зола} + \text{білки} + \text{жири} + \text{сира клітковина})$.

Водопоглинальну здатність (ВПЗ) визначали за методом Sosulski та ін. [36] з модифікаціями Chandra та ін. [37]. Один грам зразка змішували з 10 мл дистильованої води, витримували при кімнатній температурі (30 ± 2 °C) протягом 30 хв, після чого центрифугували 30 хв при 3000 об/хв. Об'єм води над осадом вимірювали. Водопоглинальну здатність розраховували як мл води, поглинутої 1 г борошна, та виражали у відсотках.

Через дві години після випікання хлібні вироби зважували, а об'єм хліба визначали методом витіснення насінням; об'єм насіння, витісненого буханцем, приймали за об'єм хліба. Питомий об'єм хліба виражали як відношення об'єму до маси ($\text{см}^3/\text{г}$), помножене на 100 для готового виробу.

Дослідні зразки хлібобулочних виробів виготовляли з пшеничного борошна вищого гатунку із вмістом 0 % (100 % пшеничного борошна), 2 %, 5 % і 8 % БП (як заміна частини пшеничного борошна). Хлібобулочний виріб, виготовлений без додавання БП, використовували як контроль. Тісто готували шляхом замішування 1000 г борошна, 18 г солі харчової та 25 г пресованих дріжджів (Харківські дріжджі, Україна) з водою: 650 мл – для контрольного хліба (Б) і 670 мл, 685 мл та 700 мл – відповідно для хліба з додаванням борошна пажитнику (БП 2 %, БП 5 % і БП 8 %) з метою досягнення необхідної консистенції. Кількість води коригували з урахуванням ВПЗ сумішей.

Замішування тіста тривало приблизно 8...10 хв, після чого тісто піддавали бродінню протягом 180...200 хв при температурі 28...32 °С. Далі тісто ділили на дві рівні за масою частини, формували овальної форми, розміщували на листах і направляли на вистоювання протягом 30...40 хв при температурі 35...40 °С та відносній вологості 75...85 %. Після вистоювання вироби випікали при температурі 220 °С протягом 30...40 хв.

Сенсорні характеристики хліба оцінювали 10 дегустаційних експертів. Оцінювали колір, аромат, смак, текстуру та загальну прийнятність зразків за 9-бальною гедонічною шкалою, де 9 – «надзвичайно подобається», а 1 – «надзвичайно не подобається».

Загальну кількість мезофільних аеробних мікроорганізмів, дріжджів і пліснявих грибів, коліформ та *E. coli* у зразках хліба з додаванням борошна пажитнику визначали відповідно до Регламенту (ЄС) № 1441/2007 [38].

Дослідження функціонально-технологічних властивостей сумішей борошна пшеничного з борошном пажитнику.

Хімічні показники сумішей борошна пажитнику та пшеничного борошна наведено в таблиці 2.1, фізико-хімічні на рисунку 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад (%) пшеничного та пшенично-пажитникових борошняних сумішей

Показник	Б (100% пшеничне)	БП 2% (98% Б + 2% БП)	БП 5% (95% Б + 5% БП)	БП 8% (92% Б + 8% БП)
Білок, %	10,90 ± 0,07	11,79 ± 0,03	13,02 ± 0,03	14,07 ± 0,07
Жир, %	1,09 ± 0,02	1,31 ± 0,02	1,47 ± 0,02	1,69 ± 0,02
Вуглеводи, %	72,22 ± 0,1	70,16 ± 0,1	69,99 ± 0,1	67,58 ± 0,1
Зола, %	1,24 ± 0,01	1,29 ± 0,04	1,38 ± 0,03	1,44 ± 0,04
Нерозчинні харчові волокна, %	0,75 ± 0,21	1,75 ± 0,04	2,07 ± 0,03	2,43 ± 0,06

Високий поживний потенціал борошна пажитнику значною мірою зумовлений підвищеним вмістом білка та харчових волокон. Як зазначається в низці джерел, загальний вміст білка становить 20-30,1 % [39], тоді як загальний вміст клітковини в борошні пажитнику коливається в межах 40-45 %, причому основну частку становлять нерозчинні харчові волокна – 20,1-25,3 % [40]. У даному дослідженні встановлено, що зі зростанням рівня додавання борошна пажитнику у суміші підвищувався вміст білка, золи, жиру та клітковини, причому найвищі значення були зафіксовані при 8 % внесенні БП.

Зростання вмісту нерозчинних харчових волокон, зольних речовин і жирів є сприятливим з точки зору харчової цінності, оскільки борошно пажитнику є джерелом значних кількостей калію, магнію, кальцію, заліза та цинку [41], а також ненасичених жирних кислот.

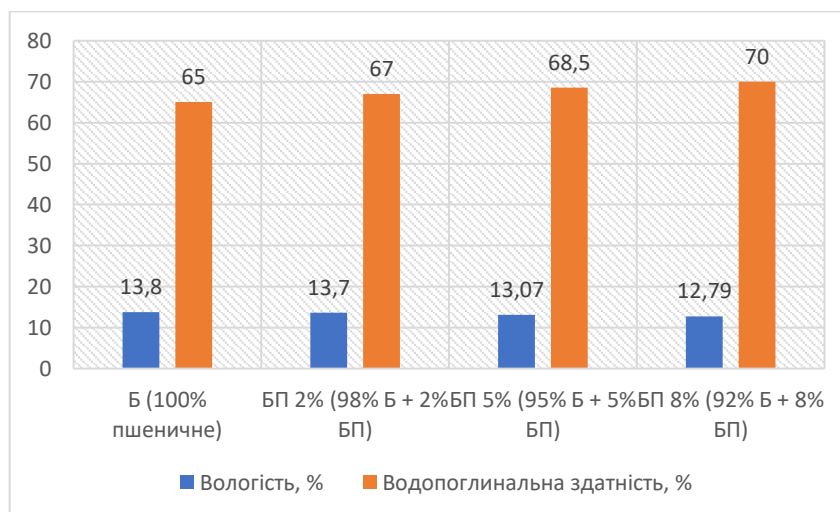


Рисунок 2.1 – Фізико-хімічні показники сумішей борошна пажитнику та пшеничного борошна

Зменшення вологості борошняних сумішей із підвищенням частки борошна пажитнику зумовлене нижчим початковим вмістом води в БП, зростанням частки білків і харчових волокон, а також переходом води у більш міцно зв'язаний стан, що підтверджується одночасним підвищенням водопоглинальної здатності сумішей. Підвищення водопоглинальної здатності може бути пов'язане з гідрофільними властивостями білків борошна пажитнику.

У всіх досліджуваних зразках лімітуючою незамінною амінокислотою є лізин (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Амінокислотний скор незамінних амінокислот білка зразків, %

Незамінна амінокислота	Б (100% пшеничне)	БП 2% (98% Б + 2% БП)	БП 5% (95% Б + 5% БП)	БП 8% (92% Б + 8% БП)
Лізин	41,7	46,6	53,2	59,2
Треонін	64,4	67,6	72,1	76,1
Валін	65,8	66,9	68,5	69,8
Ізолейцин	112,3	114,5	117,5	120,2
Лейцин	92,1	93,3	94,8	96,2
Метіонін + цистин	142,4	140,4	137,8	135,3
Фенілаланін + тирозин	112,1	114,6	117,9	120,9
Триптофан	87,1	96,2	108,6	119,7

Додавання борошна пажитнику у кількості 2–8 % сприяє істотному підвищенню амінокислотного скору лізину – з 41,7 % у контрольному зразку до 59,2 % у зразку з 8 % борошна пажитнику, що свідчить про покращення біологічної цінності білка. Для інших незамінних амінокислот амінокислотний скор перевищує 60 %, а для метіоніну з цистином і ароматичних амінокислот – 100 %, що характерно для зернобобових композитних сумішей.

Дослідження функціонально-технологічних показників хлібобулочного виробу, збагаченого борошном пажитнику.

Фізико-хімічні характеристики хліба, збагаченого борошном пажитнику наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Фізико-хімічні показники хліба, збагаченого борошном пажитнику

Показник	Б (100% пшеничне)	БП 2% (98% Б + 2% БП)	БП 5% (95% Б + 5% БП)	БП 8% (92% Б + 8% БП)
Питомий об'єм, см ³ /100 г	263,2 ± 0,62	251,8 ± 0,55	242,08 ± 0,28	231,55 ± 0,40
Вологість, %	43,27 ± 0,30	43,57 ± 0,48	43,92 ± 0,47	44,17 ± 0,37
Білок, %	9,88 ± 0,08	10,66 ± 0,32	11,96 ± 0,50	13,18 ± 0,08
Зола, %	1,36 ± 0,03	1,41 ± 0,06	1,49 ± 0,03	1,52 ± 0,04
Жир, %	1,52 ± 0,03	1,75 ± 0,08	1,91 ± 0,05	2,12 ± 0,06
Нерозчинні харчові волокна, %	1,72 ± 0,04	2,08 ± 0,07	2,78 ± 0,12	3,47 ± 0,14
Вуглеводи, %	41,95 ± 1,06	40,23 ± 0,19	37,64 ± 0,55	35,14 ± 0,27

Вищий вміст харчових волокон і білка у борошні пажитнику порівняно з пшеничним борошном сприяв підвищенню водопоглинальної здатності готового виробу та, відповідно, збільшенню його маси. Згідно з результатами, наведеними в таблиці 2.3, за всіх рівнів додавання борошна пажитнику спостерігалось достовірне зменшення питомого об'єму хліба. Максимальне зниження питомого об'єму було зафіксовано при 8 % рівні внесення БП. Це може бути зумовлено ефектом розбавлення клейковини внаслідок додавання безглютенового борошна до пшеничного, що, як відомо, пов'язано зі зменшенням питомого об'єму виробів із сумішей борошна. Крім того, додавання харчових волокон до хлібобулочних виробів призводить до зменшення їх об'єму.

Вміст вологи зростає при збагаченні борошном пажитнику, що можна пояснити високою водозв'язувальною здатністю борошна насіння. Вміст білка у хлібобулочному виробі зростає зі збільшенням частки заміщення борошном пажитнику. Хліб із додаванням 8 % БП характеризувався істотно вищим вмістом білка; при цьому виявлено від'ємний лінійний зв'язок між вмістом білка та питомим об'ємом хліба.

Щодо зольності хліба та вмісту нерозчинних харчових волокон, зі збільшенням кількості доданого борошна пажитнику спостерігалось їх пропорційне зростання. Вміст жиру в пшеничному хлібі також достовірно зростає при заміщенні частини борошна борошном пажитнику. Загальний вміст вуглеводів зменшувався зі збільшенням частки БП, що пов'язано з високим

вмістом білка, жиру, нерозчинних харчових волокон, ліпідів і вологи у борошні пажитнику, внаслідок чого кінцевий продукт збагачувався цими біоактивними компонентами.

Позитивні результати щодо збагачення продуктів на основі пшениці борошном пажитнику наведені у роботі [42], які дійшли висновку, що таке збагачення можливе до рівня 20 % у продуктах на кшталт хліба, печива, локшини та макаронних виробів без погіршення їх якості. Ті самі автори [39] зазначили, що борошно пажитнику може використовуватися у хлібопеченні до рівня 15 %, причому найкращі результати отримують при застосуванні пророщеного борошна пажитнику, оскільки такий хліб характеризується задовільними органолептичними та хлібопекарськими властивостями й містить значні кількості загального білка, лізину, харчових волокон і мінеральних речовин.

Дослідження показників якості хлібобулочного виробу, збагаченого борошном пажитнику.

Додавання борошна пажитнику до пшеничного борошна модифікувало сенсорні характеристики продукту, зокрема смак і відчуття в ротовій порожнині (табл. 2.4-2.5). Спостерігалася тенденція до зниження показників аромату та смаку, ймовірно, внаслідок характерного присмаку пажитнику [42].

Таблиця 2.4 – Органолептичні показники

Показник	Б (100% пшеничне)	БП 2% (98% Б + 2% БП)	БП 5% (95% Б + 5% БП)	БП 8% (92% Б + 8% БП)
Зовнішній вигляд	Правильна форма, рівна поверхня, без тріщин	Правильна форма, поверхня рівна	Правильна форма, незначне потемніння поверхні	Правильна форма, темніша поверхня
Колір кірки	Рівномірний, золотисто-коричневий	Трохи темніший, рівномірний	Помітно темніший	Виражено темний відтінок кірки
Стан м'якушки	Пропечений, еластичний, добре розвинена рівномірна тонкостінна пористість	Еластичний, рівномірний, трохи щільніший	Щільніший, середня пористість	Найбільш щільний м'якуш, пористість дрібніша
Аромат	Чистий, хлібний, без сторонніх запахів	Легкий пряний тон пажитнику, присмний	Відчутні пряні нотки пажитнику	Виражений запах пажитнику, менш типовий
Смак	Чистий, властивий пшеничному хлібу	М'який смак, з легким горіховим тоном	Відчутний присмак пажитнику, гармонійний	Виражений специфічний смак пажитнику

Таблиця 2.5 – Сенсорна бальна оцінка зразків

Показник	Б (100% пшеничне)	БП 2% (98% Б + 2% БП)	БП 5% (95% Б + 5% БП)	БП 8% (92% Б + 8% БП)
Колір	8,4 ± 0,50	8,3 ± 0,49	8,2 ± 0,56	8,1 ± 0,61
Аромат	7,7 ± 1,14	7,7 ± 1,10	7,8 ± 1,00	7,3 ± 0,98
Смак	7,7 ± 1,14	7,6 ± 1,15	7,5 ± 1,11	7,0 ± 1,16
Стан м'якушу	8,6 ± 0,65	8,5 ± 0,65	8,4 ± 0,71	8,3 ± 0,69
Загальна прийнятність	8,1 ± 0,55	8,0 ± 0,71	7,9 ± 0,73	7,4 ± 0,87

**Усі аналізи проводили у трикратній повторюваності, результати наведено у вигляді середніх значень (± стандартне відхилення)*

Середні бальні оцінки сенсорних показників для досліджуваних зразків коливалися в межах 7,40...8,1. Хліб, виготовлений із 100 % пшеничного борошна, отримав найвищу сумарну оцінку порівняно з іншими зразками. Найвищу оцінку аромату отримав зразок із додаванням 5 % БП (7,8), тоді як найнижчу – хліб із додаванням 8 % БП – 7,3 бали. Контрольний зразок характеризувався оцінкою аромату у 7,7 бали, що відповідає рівню «подобається». Виявлено тенденцію до зниження оцінок смаку (з 7,7 до 7,00) зі збільшенням частки борошна пажитнику; однак статистичний аналіз не виявив достовірних відмінностей між цими значеннями, що підтверджується даними таблиці 2.4.

Специфічний аромат насіння пажитнику зумовлений наявністю полісахаридів (галактоманану), летких олій та алкалоїдів, зокрема холіну й тригонеліну [43]. Із підвищенням частки борошна пажитнику в сумішах середні сенсорні оцінки знижувалися. Найвищу оцінку загальної прийнятності було зафіксовано для хліба з додаванням 2 % БП, тоді як найнижчу – для зразка з 8 % БП, який характеризувався достовірно нижчим показником загальної прийнятності.

Між контрольним зразком і хлібом із додаванням 2 % та 5 % БП не було встановлено достовірних відмінностей за сенсорними характеристиками. Загалом подібне групування зразків спостерігалось і при проведенні аналізу головних компонент із включенням усіх фізико-хімічних і сенсорних параметрів, наведених у таблицях 2.3-2.5. Отримані результати підтверджують гіпотезу, що

збагачення хлібобулочного виробу борошном пажитнику до рівня 5 % є оптимальним з точки зору сенсорних і текстурних показників, одночасно забезпечуючи підвищення харчової цінності зразків.

Дослідження мікробіологічних показників.

Антимікробну активність пажитнику було відзначено за результатами мікробіологічного аналізу (табл. 2.6), оскільки хлібні вироби з додаванням пажитнику характеризувалися нижчими показниками мікробного забруднення порівняно з контрольними зразками. Отримані результати відповідають вимогам Регламенту ЄС № 1441/2007 [38].

Таблиця 2.6 – Мікробіологічний аналіз зразків

Показник	Б (100% пшеничне)	БП 2% (98% Б + 2% БП)	БП 5% (95% Б + 5% БП)	БП 8% (92% Б + 8% БП)
Загальна кількість мікроорганізмів, КУО/г	$1,2 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$	$1,3 \times 10^2$	$0,9 \times 10^2$
Дріжджі та плісняви, КУО/г	10	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Коліформи, КУО/г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
E. coli, КУО/г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено

Дослідження харчової та енергетичної цінності.

Порівняльний аналіз харчової та енергетичної цінності показав, що додавання 5% меленого борошна пажитнику позитивно впливає на поживний склад готових виробів (таблиця 2.7).

Таблиця 2.7 – Харчова та енергетична цінність (на 100 г)

Показник	Б (100% пшеничне)	БП 5% (95% Б + 5% БП)
Білки, г	9,88	11,96
Жири, г	1,52	1,91
Вуглеводи всього, г	41,95	37,64
у т.ч. клітковина, г	1,72	2,78
доступні вуглеводи, г	40,23	34,86
Енергетична цінність, ккал	218 ккал	210 ккал

Зразок характеризується вищим вмістом білків (11,96 г проти 9,88 г у контролі), що можна пояснити природно високим рівнем протеїну в насінні

пажитнику. Зростання частки рослинної сировини також сприяло підвищенню вмісту харчових волокон — з 1,72 г до 2,78 г, що є важливим показником для формування функціональних властивостей виробу, нормалізації травлення та зниження глікемічного навантаження продукту.

Водночас у зразку з 5% пажитнику спостерігалось зменшення загальної кількості вуглеводів, зокрема доступних, що призводить до незначного зниження енергетичної цінності (≈ 210 ккал проти ≈ 218 ккал у контролі). Це може бути використано як додаткова перевага при розробленні продуктів для раціонального харчування.

Отже, додавання 5% борошна пажитнику дає змогу отримати виріб із підвищеним вмістом білків та клітковини, з одночасним зниженням доступних вуглеводів та енергетичної цінності. Такі зміни свідчать про формування більш збалансованого та корисного для споживача харчового продукту з елементами функціональності.

2.2 Математичне моделювання та оптимізація дозування борошна пажитнику

З метою науково обґрунтованого вибору оптимального дозування борошна пажитнику в рецептурі булочок, виготовленого безопарним способом, було застосовано метод повного факторного експерименту типу ПФЕ 3², що дозволяє оцінити як індивідуальний вплив факторів, так і їх взаємодію.

Вибір факторів та інтервалів варіювання

На підставі результатів пробного випікання, наведених у підрозділі 2.1, для математичного моделювання було обрано два найбільш впливові технологічні фактори:

X_1 – дозування борошна пажитнику, % до маси борошняної суміші;

X_2 – кількість води, мл на 1000 г борошняної суміші.

Межі варіювання факторів визначали з урахуванням технологічної доцільності та попередніх експериментальних даних. Діапазон дозування

борошна пажитнику обмежили 4...6 %, оскільки саме в цих межах очікується досягнення компромісу між покращенням харчової цінності та збереженням високих органолептичних показників. Кількість води змінювали в межах 670...700 мл на 1000 г борошна, що відповідає реальним умовам тістоприготування з урахуванням підвищеної водопоглинальної здатності пажитнику.

Рівні факторів та їх кодування

Для проведення експерименту кожен фактор задавали на трьох рівнях: нижньому (−1), центральному (0) та верхньому (+1). Кодування факторів здійснювали за стандартними рівняннями:

$$x_1 = \frac{X_1 - 5}{1}, \quad x_2 = \frac{X_2 - 685}{15}$$

де X_1 та X_2 – натуральні значення факторів.

Рівні факторів наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Рівні факторів двофакторного експерименту

Фактор	Найменування	−1	0	+1
X_1	Борошно пажитнику, %	4	5	6
X_2	Кількість води, мл/1000 г	670	685	700

Матриця плану ПФЕ 3²

Відповідно до обраних факторів та рівнів було складено матрицю повного факторного експерименту ПФЕ 3², яка включає 9 дослідів з усіма можливими комбінаціями рівнів факторів (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Матриця плану повного факторного експерименту ПФЕ 3²

№ досліду	X_1 , %	X_2 , мл	x_1	x_2
1	4	670	−1	−1
2	4	685	−1	0
3	4	700	−1	+1
4	5	670	0	−1
5	5	685	0	0
6	5	700	0	+1
7	6	670	+1	−1
8	6	685	+1	0
9	6	700	+1	+1

У кожному досліді маса борошняної суміші становила 1000 г, при цьому частку пшеничного борошна зменшували відповідно до кількості введеного борошна пажитнику. Дозування солі (18 г) та пресованих дріжджів (25 г) залишали сталими для усунення впливу сторонніх факторів.

Критерій оптимізації та вид математичної моделі

Як основний показник оптимізації обрано питомий об'єм хліба, $\text{см}^3/100 \text{ г}$ (Y), який є інтегральною характеристикою якості булочних виробів та чутливо реагує на зміну рецептурного складу і вологості тіста.

Для опису залежності питомого об'єму від досліджуваних факторів використано квадратичну регресійну модель другого порядку:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2$$

де b_0, b_i, b_{ij} — коефіцієнти регресії.

Оптимальне поєднання факторів визначали за максимумом функції відгуку з урахуванням обмежень щодо органолептичних показників та структурно-механічних властивостей м'якушки.

Очікуване положення оптимуму

З урахуванням експериментальних даних підрозділу 2.1 та обраних меж варіювання факторів очікується, що оптимум питомого об'єму хліба буде знаходитись у центральній області експериментального простору, тобто при дозуванні борошна пажитнику близько 5 % та кількості води 680–690 мл на 1000 г борошняної суміші, що повністю відповідає технологічним і сенсорним вимогам до булочних виробів функціонального призначення.

Таблиця 2.9 – Результати ПФЕ 3^2

№	X ₁ , %	X ₂ , мл/1000 г	x ₁	x ₂	Y, $\text{см}^3/100 \text{ г}$
1	4	670	–1	–1	238,5
2	4	685	–1	0	241,0
3	4	700	–1	+1	239,5
4	5	670	0	–1	242,0
5	5	685	0	0	244,0
6	5	700	0	+1	242,0
7	6	670	+1	–1	239,5
8	6	685	+1	0	241,0
9	6	700	+1	+1	238,5

Рівняння регресії (квадратична модель 2-го порядку)

Приймаємо модель:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2$$

За даними табл. 2.8 отримано коефіцієнти:

- $b_0 = 244,0$
- $b_1 \approx 0$
- $b_2 \approx 0$
- $b_{12} = -0,5$
- $b_{11} = -3,0$
- $b_{22} = -2,0$

Отже, рівняння в кодованих змінних:

$$Y = 244 - 0,5x_1x_2 - 3x_1^2 - 2x_2^2$$

де кодування факторів:

$$x_1 = \frac{X_1 - 5}{1}, \quad x_2 = \frac{X_2 - 685}{15}$$

Знаходження оптимуму

Знайдемо стаціонарну точку:

$$\frac{\partial Y}{\partial x_1} = -0,5x_2 - 6x_1 = 0$$

$$\frac{\partial Y}{\partial x_2} = -0,5x_1 - 4x_2 = 0$$

Розв'язок системи:

$$x_1=0, x_2=0$$

Повертаємось до натуральних значень:

- $x_1 = 0 \Rightarrow X_1 = 5\%$
- $x_2 = 0 \Rightarrow X_2 = 685 \text{ мл/1000 г}$

Значення відгуку в точці оптимуму:

$$Y_{\max}=244 \text{ см}^3/100 \text{ г}$$

Оптимальне дозування борошна пажитнику за критерієм максимізації питомого об'єму в межах дослідження становить 5 %, а оптимальна кількість води – 685 мл на 1000 г борошняної суміші. Отриманий оптимум повністю лежить у заданому інтервалі 4...6 %.

Встановлено, що при дозуванні борошна пажитнику понад 5...6 % супроводжується ослабленням клейковинної сітки пшеничного борошна через розбавлення білкового комплексу, а також надмірним зв'язуванням вологи некрохмальними полісахаридами та білками пажитнику. Це призводить до ущільнення м'якушки та зменшення питомого об'єму хліба.

Кількість води істотно впливає на формування реологічних властивостей тіста та інтенсивність газоутворення в процесі бродіння. При зменшенні гідратації до 670 мл на 1000 г борошняної суміші тісто характеризується підвищеною жорсткістю, що обмежує розтягуваність клейковинного каркасу та знижує здатність утримувати вуглекислий газ. Збільшення кількості води до 700 мл, навпаки, призводить до надмірного розрідження тіста, погіршення його формостійкості та часткового руйнування пористої структури в процесі випікання.

Таким чином, оптимальне поєднання факторів, яке відповідає дозуванню борошна пажитнику близько 5 % та кількості води близько 685 мл на 1000 г борошняної суміші, забезпечує формування найбільш сприятливої структури тіста, стабільність газоутримання та максимальний питомий об'єм хліба. Отримані результати підтверджують доцільність використання борошна пажитнику в межах 4–6 % у технології булочних виробів функціонального призначення.

Для наочного відображення впливу дозування борошна пажитнику та кількості води на питомий об'єм хліба побудовано поверхню відгуку (рисунк 2.2).

Поверхня відгуку має чітко виражений куполоподібний (параболоїдний) характер з одним глобальним максимумом, що підтверджує адекватність квадратичної математичної моделі та доцільність використання методу

оптимізації. Максимальне значення питомого об'єму спостерігається в центральній області факторного простору, що відповідає дозуванню борошна пажитнику близько 5 % та кількості води близько 685 мл на 1000 г борошняної суміші.

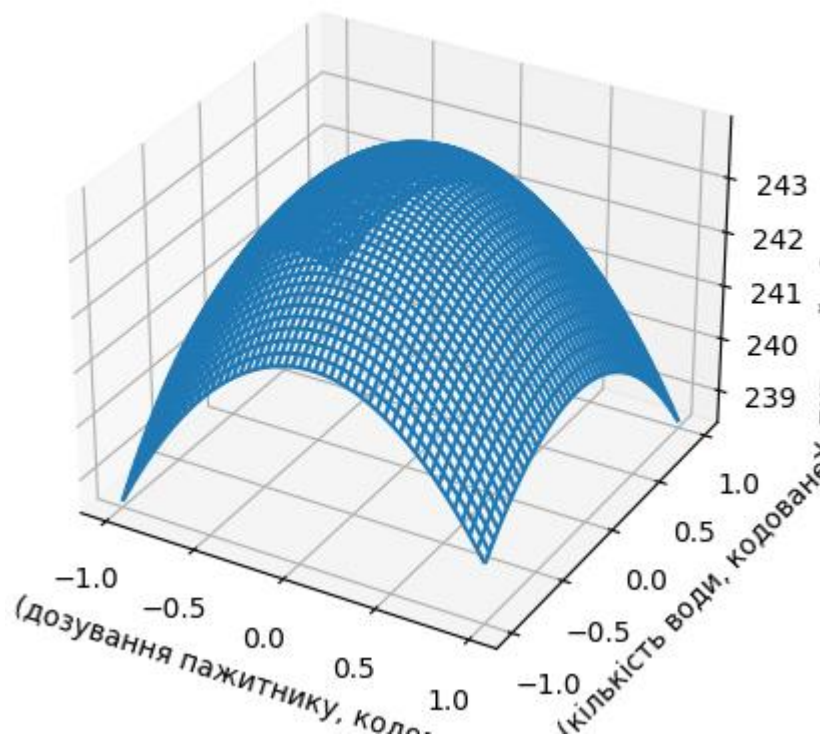


Рисунок 2.2 – Поверхня відгуку залежності питомого об'єму хліба від дозування борошна пажитнику та кількості води: X_1 – дозування борошна пажитнику, %; X_2 – кількість води, мл на 1000 г борошняної суміші; Y – питомий об'єм хліба, $\text{см}^3/100 \text{ г}$.

У напрямку зменшення або збільшення дозування борошна пажитнику відносно оптимального значення поверхня відгуку поступово знижується, що свідчить про негативний вплив як недостатньої, так і надмірної кількості фітодобавки на формування пористої структури м'якушки та газоутримуючу здатність тіста. Аналогічна тенденція спостерігається і щодо фактора кількості води: відхилення гідратації в бік 670 або 700 мл призводить до зменшення питомого об'єму виробів.

Проекція поверхні відгуку на площину факторів (ізолінії рівного питомого об'єму) має форму концентричних еліпсів, центр яких відповідає точці оптимуму. Такий характер ізоліній підтверджує наявність стаціонарної точки типу максимум та узгоджується з результатами аналітичного знаходження оптимальних значень факторів.

Отримана поверхня відгуку демонструє, що область раціональних значень дозування борошна пажитнику знаходиться в інтервалі 4...6 %, а оптимальні технологічні параметри забезпечують стабільну якість булочних виробів без погіршення їх структурно-механічних та органолептичних характеристик.

Висновки до розділу 2

1. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що введення борошна пажитнику в рецептуру пшеничного хліба в кількості 2–8 % суттєво впливає на реологічні властивості тіста, фізико-хімічні та органолептичні показники готових виробів. Показано, що підвищення дозування БП зумовлює зростання водопоглинальної здатності тіста, а оптимальне поєднання структурних і сенсорних характеристик досягається при вмісті борошна пажитнику до 5 %, тоді як подальше збільшення його кількості призводить до зниження питомого об'єму та ущільнення м'якушки. Отримані результати обґрунтовують доцільність подальшої оптимізації рецептури в інтервалі 4–6 %.

2. З використанням методу повного факторного експерименту ПФЕ 3² проведено математичну оптимізацію рецептурного складу пшеничного хліба з борошном пажитнику за факторами дозування БП (4–6 %) та кількості води (670–700 мл на 1000 г борошняної суміші). На основі квадратичної регресійної моделі та аналізу поверхні відгуку підтверджено, що оптимальне значення питомого об'єму хліба досягається при дозуванні борошна пажитнику близько 5 % і кількості води близько 685 мл, що забезпечує формування стабільної структури тіста та високі якісні показники готових виробів у межах заданого факторного простору.

РОЗДІЛ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУЛОЧНИХ ВИРОБІВ У ЗАКЛАДАХ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

3.1 Розроблення технологічної схеми на новий виріб та її системний аналіз. Ефективність виробництва нової продукції

Удосконалення рецептури булочного виробу з дріжджового пшеничного тіста

Результати експериментальних досліджень, викладені в розділі 2, покладено в основу розроблення технології булочних виробів з використанням борошна пажитнику. В якості контролю обрана рецептура булочок для гамбургерів, що виготовляються за [44]. Дослідження довели, що у рецептуру доцільно додати борошно пажитнику для підвищення харчової цінності. Нова рецептура на булочний виріб «Булочка для бургера» наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Рецептура на булочний виріб «Булочка для бургера»

Найменування інгредієнту	Витрати сировини, г	
	Традиційна рецептура [44]	Удосконалена рецептура
Борошно пшеничне вищого гатунку	1000	950
Борошно пажитнику	-	50
Дріжджі хлібопекарські пресовані	25	25
Сіль кухонна	18	18
Цукор пісок	30	30
Маргарин вершковий	50	50
Вихід готового продукту	1000	1000

На основі запропонованої рецептури представлена модель технологічної системи виробництва (рис. 3.1), яка демонструє логічну послідовність підсистем, а саме: приготування тіста; ферментацію тіста; формування виробів та розстоювання; випікання; охолодження, пакування та зберігання.

Структура технологічної системи виробництва та мета її функціонування представлена в таблиці 3.2.

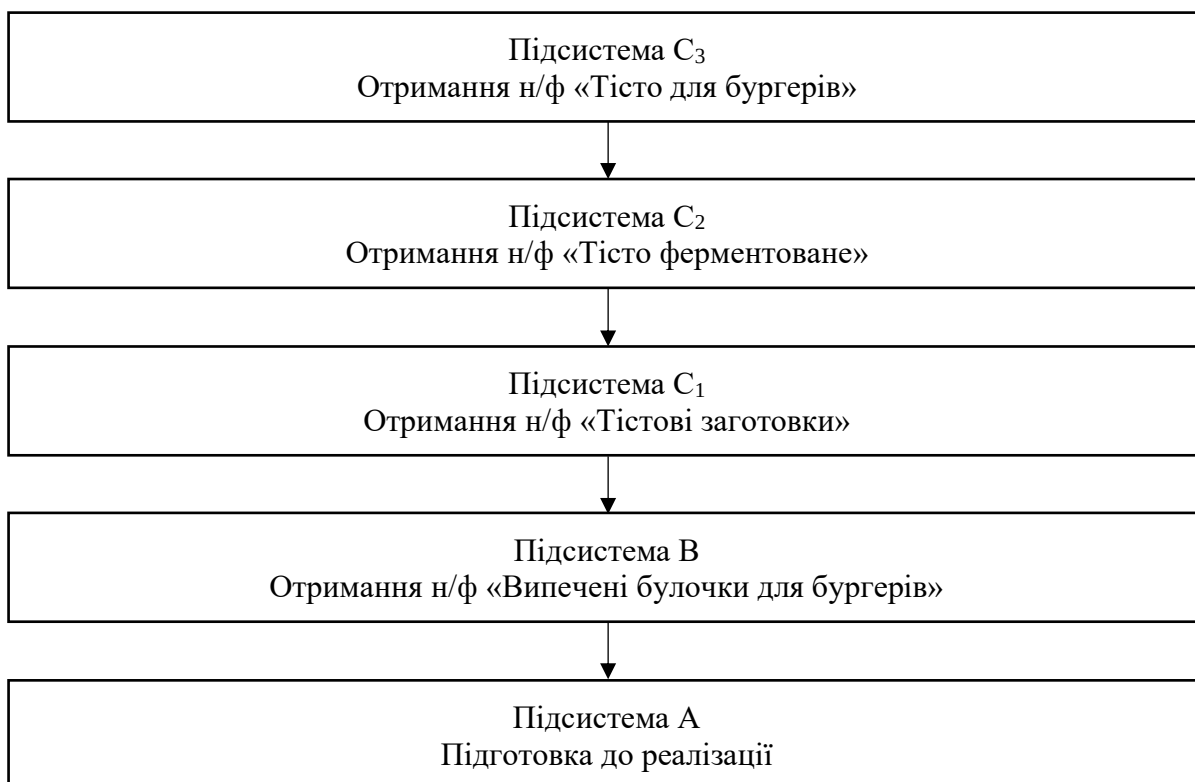


Рисунок 3.1 – Модель технологічної системи виробництва удосконалених булочок для бургерів

Таблиця 3.2 – Структура технологічної системи та мета її функціонування

Підсистема	Назва підсистеми	Цілі функціонування підсистем
С ₃	Отримання н/ф «Тісто для бургерів»	Сформувати рівномірну за складом тістову масу з необхідними структурно-механічними характеристиками, у процесі замішування якої одночасно відбуваються фізико-механічні та колоїдні процеси, що взаємно впливають між собою.
С ₂	Отримання н/ф «Тісто ферментоване»	Розпушення тіста, формування необхідних структурно-механічних властивостей для подальших технологічних операцій та накопичення речовин, що визначають смак, аромат і забарвлення хліба.
С ₁	Отримання н/ф «Тістові заготовки»	Забезпеченні формування виробів заданої маси й форми шляхом рівномірного розподілу газоутворювальних продуктів, зниження внутрішніх напружень тіста, відновлення та стабілізації клейковинного каркасу, створення оптимальної пористої структури та накопичення речовин, що визначають об'єм, текстуру, зовнішній вигляд, смак і аромат готових хлібобулочних виробів.
В	Отримання н/ф «Випечені булочки для бургерів»	Перехід тістової заготовки в процесі випікання у хліб
А	Підготовка до реалізації	Стабілізація структури виробів, захист від псування і втрат вологи, збереження якості під час зберігання та реалізації.

Після детальної характеристики кожної з підсистем, складається принципова технологічна схема, яка представлена на рисунку 3.2.

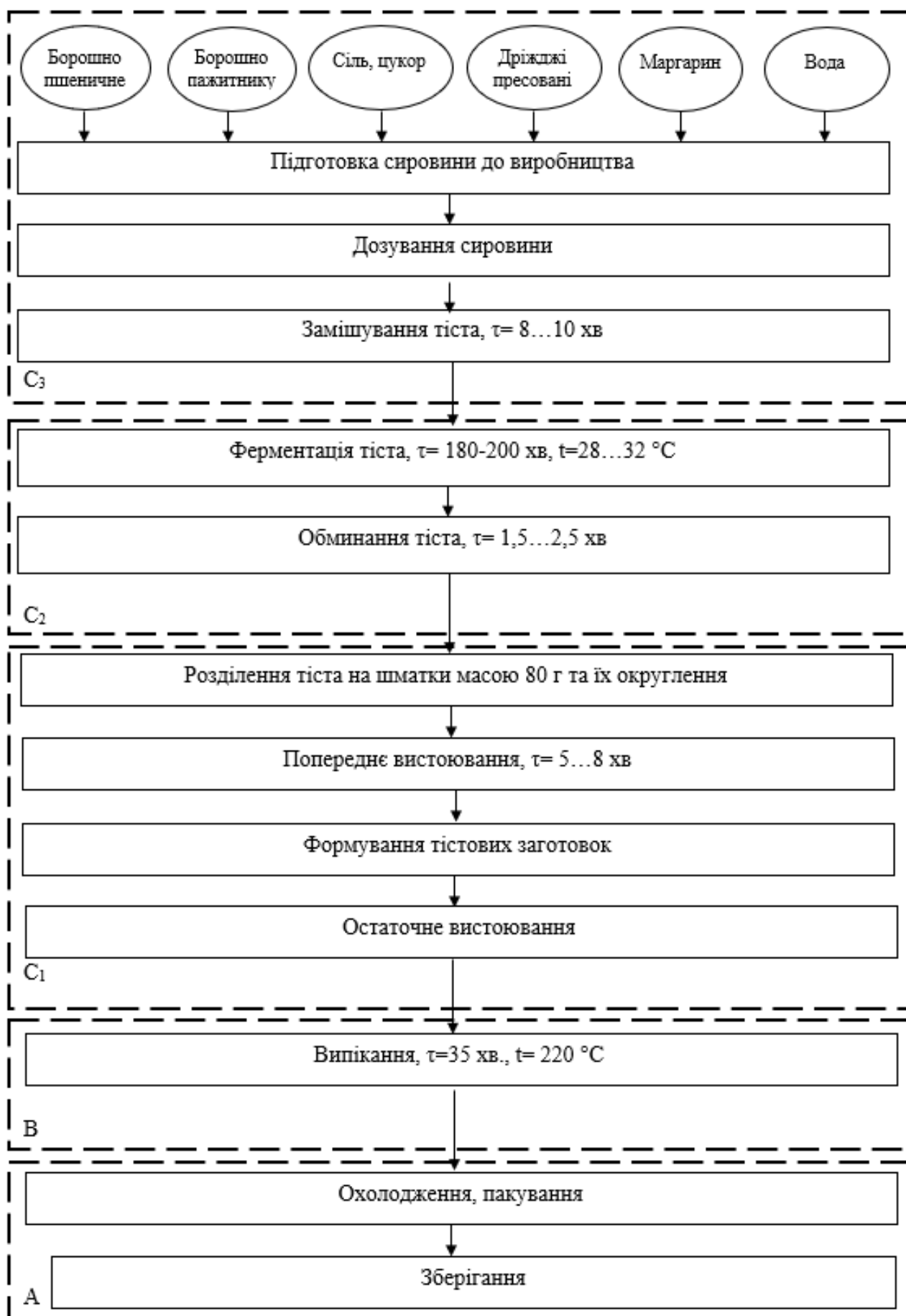


Рисунок 3.2 – Функціональна схема виготовлення удосконаленого виробу

Ефективність виробництва нової продукції

Оцінювання ефективності розробки здійснюється за двома напрямками: аналізом соціальної та економічної ефективності.

Соціальна ефективність розробки полягає у підвищенні харчової цінності, розширенні асортименту продукції оздоровчого призначення, задоволенні потреб споживачів у більш збалансованому харчуванні та поліпшенні рівня продовольчої безпеки населення.

Економічна ефективність визначається за показниками «Вартість сировини і матеріалів», «Собівартість» та «Відпускна ціна» нового продукту [45-47], розрахунок яких наведено в додатку В (табл. В.1-В.2).

На основі даних таблиці В.2 проведено порівняльний аналіз собівартості та відпускної ціни традиційних і удосконалених булочок для бургерів (партія 16 шт. масою по 60 г, 4 уп.*4 шт). Результати розрахунків свідчать про економічну доцільність упровадження удосконаленої рецептури у виробництво.

Встановлено, що виробнича собівартість удосконалених булочок становить 67,93 грн, що на 6,22 грн (10,1 %) більше порівняно з класичним варіантом (61,71 грн). Зростання собівартості зумовлене, передусім, підвищенням витрат на сировину та матеріали, що пов'язано з використанням додаткових функціональних інгредієнтів.

Повна собівартість готової продукції для удосконаленого зразка складає 88,88 грн, що на 6,69 грн перевищує аналогічний показник для традиційних булочок (82,19 грн). При цьому структура витрат залишається збалансованою, а частка адміністративних та загальновиробничих витрат не зазнає істотних змін.

За умови встановлення прибутку на рівні 50 %, вільна відпускна ціна без ПДВ для удосконалених булочок становить 133,32 грн, що на 10,04 грн більше, ніж у класичного аналога. Водночас ціна партії з ПДВ зростає з 147,94 грн до 159,98 грн, тобто на 12,04 грн, що є економічно обґрунтованим з огляду на покращені споживчі та харчові властивості продукції.

Отримані результати свідчать, що збільшення відпускної ціни є помірним і не критичним для споживача, тоді як виробник отримує зростання абсолютного

прибутку з 41,09 грн до 44,44 грн на партію продукції. Це забезпечує підвищення рентабельності виробництва та конкурентоспроможності виробу в сегменті функціональних і вдосконалених хлібобулочних виробів.

Таким чином, упровадження удосконаленої рецептури булочок для бургерів є економічно доцільним, оскільки забезпечує оптимальне співвідношення між зростанням собівартості, рівнем прибутковості та споживчою цінністю продукції, що відповідає сучасним вимогам ринку та концепції виробництва продуктів підвищеної харчової цінності.

3.2 Розроблення елементів плану HACCP

Сучасна міжнародна політика у сфері гарантування безпечності харчових продуктів ґрунтується на впровадженні системи аналізу небезпечних факторів і контролю у критичних точках (НАССР) [48, 49]. Розроблення плану НАССР здійснювали із застосуванням «горизонтального підходу» [50]. Алгоритм формування плану НАССР представлено на рис. 3.3.

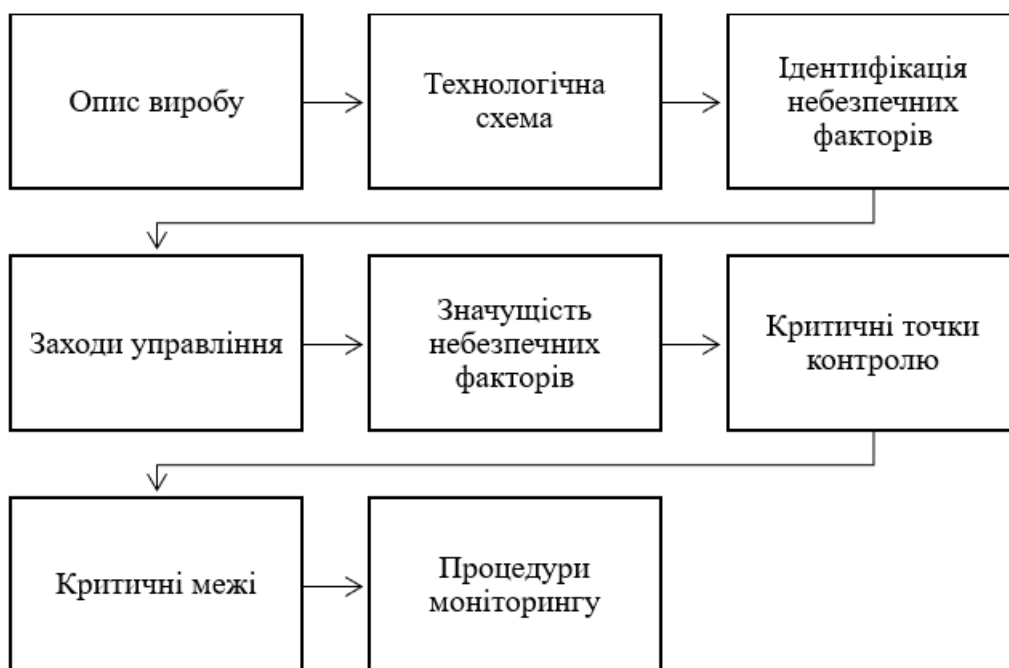


Рисунок 3.3 Алгоритм формування плану НАССР

Джерело: розроблено автором на основі узагальнення даних [50].

Опис удосконаленого виробу.

Опис удосконалених булочок для бургерів із додаванням борошна пажитнику наведена у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Опис булочок для бургерів із додаванням борошна пажитнику

Найменування показника	Значення показника
Назва	Булочки для бургерів із додаванням борошна пажитнику
Позначення нормативного документу	ТТК № 1 (проект)
Склад	Борошно пшеничне вищого гатунку Борошно пажитнику Дріжджі хлібопекарські пресовані Сіль кухонна Цукор пісок Маргарин вершковий
Опис продукту або важливі характеристики продукту	Булочки для бургерів мають округлу форму, рівну поверхню без тріщин і підривів, м'якуш еластичний, дрібнопористий, добре пропечений. Колір скоринки – світло-золотистий, м'якуша – кремовий з легким жовтуватим відтінком, зумовленим наявністю борошна пажитнику. Смак і аромат виражені, властиві хлібобулочним виробам, без сторонніх присмаків і запахів, з легкою пряною ноткою, характерною для пажитнику.
Рекомендації щодо подальшої обробки, необхідної перед вживанням	Повністю готовий продукт до вживання, не потребує додаткової обробки
Тип упаковки	Поліетиленова харчова плівка або целофан
Термін зберігання	Не більше 24 год
Умови зберігання	за температури 18–25 °С та відносної вологості повітря не вище 75 %.
Яким чином продукт буде реалізовуватися?	Через торгівельну залу закладу ресторанного господарства
Обмеження в споживанні	Містить алергени: – глютен, – злакові продукти
Метод збуту	Сендвіч, що складається з розрізаної навпіл булочки, між якими поміщають котлету (найчастіше з рубленого м'яса) та різноманітні начинки, такі як сир, салат, помідори, огірки, цибулю, бекон і соуси
Спосіб споживання	Призначений для безпосереднього споживання

Визначення КТК під час виробництва представлено в таблиці 3.4. На основі даних аналізу небезпечних чинників та застосування алгоритмів

визначення КТК встановлено, що найбільш раціональними для управління та ефективного контролю є КТК – просіювання борошна та випікання. Зазначені етапи мають суттєвий вплив на показники якості та безпечності хлібобулочних виробів.

Таблиця 3.4 – Визначення КТК

Вхідний матеріал / Етап процесу	Вид та ідентифікована небезпека	Питання				Номер КТК
		1	2	3	4	
Борошно пшеничне вищого сорту (постачання)	Б: картопляна паличка	Так	Ні	Так	Так	Не КТК
	Х: токсинні елементи, мікотоксини, радіонукліди	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
	Ф: металоманітні та ін. сторонні домішки	Так	Ні	Ні	-	КТК
Борошно пажитнику (постачання)	Х: токсинні елементи, мікотоксини, радіонукліди	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
	Ф: металоманітні та ін. сторонні домішки	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
Дріжджі хлібопекарські пресовані (постачання)	Х: важкі метали, радіонукліди	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
	Ф: сторонні домішки	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
Вода питна	Х: важкі метали, радіонукліди	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
	Ф: сторонні домішки	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
Сіль кухонна (постачання)	Х: токсичні елементи, радіонукліди	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
	Ф: сторонні домішки	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
Цукор (постачання)	Х: токсичні елементи, радіонукліди	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
	Ф: сторонні домішки	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
Маргарин	Х: важкі метали, радіонукліди, мікотоксини	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
	Ф: сторонні домішки	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
Складування, зберігання сировини та відпуск	Ф: сторонні домішки, екскременти гризунів	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
Просіювання борошна	Ф: сторонні домішки	Так	Так	-	-	КТК 1
Дозування компонентів та заміс тіста	Ф: сторонні домішки	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
Бродіння тіста	Х: збільшення кислотності тіста за надмірної тривалості бродіння	Так	Ні	Ні	-	Не КТК
Формування тістових заготовок та вистоявання	Ф: сторонні домішки	Так	Ні	Ні	-	Не КТК

Критичні межі та процедури моніторингу

Критичні межі та процедури моніторингу наведені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – План НАССР.

КТК	НФ	Критичні межі	Моніторинг		Коригувальні дії	Записи
КТК-1: Просіювання борошна	Наявність сторонніх домішок (частинки металу, сторонні вclusions, грудки)	діаметр вічка сита $\leq 2,0$ мм	Що	діаметр вічка сита	У разі виявлення сторонніх домішок або порушення цілісності сито підлягає заміні або очищенню; борошно повторно просіюють або вилучають з виробництва.	Запис у журналі виробничого контролю
			Як	Візуальне спостереження		
			Коли	Кожна партія		
			Хто	Тістомісильник		
КТК-2: Випікання	Недостатній нагрів в середині виробу не знищує патогенну мікрофлору	t випікання 210...230 °C	Що	Температура	Встановлення відповідного температурного режиму	Не потрібні
			Як	Регулятор температури		
			Коли	Кожна партія		
			Хто	Пекар		

Висновки до розділу 3

Обґрунтовано впровадження технології булочок для бургерів із додаванням 5 % борошна пажитнику до рецептури пшеничного тіста. Розроблено удосконалену рецептуру, за якою 50 г борошна пажитнику замінює частину пшеничного борошна на 1000 г сировини, та технологічну схему виробництва, що не потребує суттєвих змін існуючого технологічного процесу.

Економічними розрахунками встановлено, що виробнича собівартість удосконалених булочок становить 67,93 грн, що на 6,22 грн (10,1 %) більше порівняно з традиційними виробами. Повна собівартість зросла з 82,19 грн до 88,88 грн, а відпускна ціна з ПДВ – з 147,94 грн до 159,98 грн за партію. При цьому прибуток на партію збільшився з 41,09 грн до 44,44 грн, що свідчить про підвищення рентабельності виробництва.

У межах розроблення елементів плану НАССР визначено 2 критичні контрольні точки (просіювання борошна та випікання), для яких встановлено критичні межі: діаметр вічка сита $\leq 2,0$ мм та температура випікання 210–230 °С. Запропоновані заходи контролю забезпечують стабільну якість і безпечність удосконалених булочних виробів у процесі виробництва та реалізації.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз наукових джерел показав, що збагачення пшеничного борошна рослинними інгредієнтами (волокнами, білками, порошками та шротами) у кількості 5–10 % ефективно підвищує харчову цінність хлібобулочних виробів без істотного погіршення їх фізико-хімічних та органолептичних властивостей, що підтверджено дослідженнями провідних українських наукових шкіл.

2. Узагальнення вітчизняних і зарубіжних досліджень свідчить, що застосування пажитнику у кількості 2–8 % у технології хлібобулочних виробів підвищує вміст білка, харчових волокон і біоактивних речовин та сприяє зниженню глікемічного індексу, водночас недостатня кількість робіт із використанням українського борошна обґрунтовує актуальність даного дослідження.

3. Встановлено, що введення 2–8 % борошна пажитнику істотно впливає на властивості тіста та якість хліба: зі зростанням дозування підвищується водопоглинальна здатність, а оптимальні структурні й органолептичні показники досягаються при вмісті до 5 %, тоді як подальше збільшення призводить до зниження питомого об'єму та ущільнення м'якушки; обґрунтовано доцільність оптимізації в межах 4–6 %.

4. Методом ПФЕ 3² за факторами дозування борошна пажитнику (4–6 %) і кількості води (670–700 мл/1000 г) встановлено, що максимальний питомий об'єм забезпечується при близько 5 % борошна пажитнику та 685 мл води, що гарантує стабільну структуру тіста і високі якісні показники готових виробів.

5. Обґрунтовано впровадження технології булочок для бургерів із 5 % борошна пажитнику, що передбачає заміну 50 г пшеничного борошна на 1000 г сировини та не потребує суттєвих змін існуючого технологічного процесу виробництва. Встановлено економічну доцільність виробництва: виробнича собівартість становить 67,93 грн (+10,1 %), відпускна ціна з ПДВ – 159,98 грн, а прибуток з партії зріс з 41,09 до 44,44 грн.

6. У межах НАССР визначено 2 критичні контрольні точки (просіювання борошна та випікання) з критичними межами $\leq 2,0$ мм і 210–230 °С, що забезпечує стабільну якість і безпечність продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Guiné R. P. F., Florença S. G. Development and characterisation of functional bakery products. *Physchem*. 2024. Vol. 4, no. 3. P. 234–257. URL: <https://doi.org/10.3390/physchem4030017>.
2. Zarzycki P., Wirkijowska A., Pankiewicz U. Functional bakery products: technological, chemical and nutritional modification. *Applied sciences*. 2024. Vol. 14, no. 24. P. 12023. URL: <https://doi.org/10.3390/app142412023>.
3. The multifaceted potential of fenugreek seeds: from health benefits to food and nanotechnology applications / Z. Faisal et al. *Food science & nutrition*. 2024. URL: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3959>.
4. Nutritional, sensory, texture properties and volatile compounds profile of biscuits with roasted flaxseed flour partially substituting for wheat flour / S. M. Man et al. *Applied sciences*. 2021. Vol. 11, no. 11. P. 4791. URL: <https://doi.org/10.3390/app11114791>.
5. Application of inulin in bread: a review of technological properties and factors affecting its stability / F. Mohammadi et al. *Food science & nutrition*. 2022. P. 639–650. URL: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3141>.
6. Technological properties of inulin-enriched doughs and breads, influence on short-term storage and glycemic response / M. Canale et al. *Foods*. 2024. Vol. 13, no. 17. P. 2711. URL: <https://doi.org/10.3390/foods13172711>.
7. Development of β -glucan enriched wheat bread using soluble oat fiber / M. Ortiz de Erive et al. *Journal of cereal science*. 2020. Vol. 95. P. 103051. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103051>.
8. Optimising white wheat bread fortification with vitamin D3 and dietary fibre: balancing nutritional enhancement and technological quality / S. Boudrag et al. *Foods*. 2025. Vol. 14, no. 12. P. 2055. URL: <https://doi.org/10.3390/foods14122055>.
9. Momodu A. M., Garcia A. L., Combet E. Impact of reformulated baked goods interventions on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2025. P. 1–22. URL: <https://doi.org/10.1080/10408398.2025.2508859>.
10. Utilization of plant processing wastes for enrichment of bakery and confectionery products / O. Stabnikova et al. *Ukrainian Food Journal*. 2023. Vol. 12, no. 2. P. 299–308. URL: <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2023-12-2-11>.
11. Drobot V., Shevchenko A. Influence of pumpkin processing products on structural and mechanical properties of dough and bread quality. *Scientific Works of National University of Food Technologies*. 2021. Vol. 27, no. 3. P. 172–180. URL: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-3-20>.

12. Гусонька, Т. Б. Удосконалення способу виробництва збагаченого пшеничного хліба з використанням висівок зерна пшениці та кукурудзи : кваліфікаційна робота ... магістра : 181 Харчові технології / Тетяна Борисівна Гусонька ; наук. керівник Галина Олександрівна Сімахіна. – Київ, 2021. – 100 с.
13. Effects of multicomponent mixture "Solodok super" on the quality of wheat bread enriched with a sprouted grain mixture / O. Bilyk, L. Burchenko, Yu. Bondarenko, V. Piddubnyi // Polish journal of science. – 2021. – №39. – P. 30–36.
14. Shevchenko A., Litvynchuk S., Drobot V. Changes in structural units in dough and bread from wheat flour with the addition of pumpkin cellulose in combination with phospholipids. EUREKA: life sciences. 2023. No. 3. P. 34–43. URL: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2023.002954>
15. The addition of pumpkin flour impacts the functional and bioactive properties of soft wheat composite flour blends / D. Alija et al. Foods. 2025. Vol. 14, no. 2. P. 243. URL: <https://doi.org/10.3390/foods14020243>
16. V. Liubych, V. Zheliezna, V. Novikov Culinary quality formation of pumpkin flour bread of different varieties. Scientific bulletin of PUET: technical sciences. 2023. No. 2 (2022). P. 5–10. URL: <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2022-2-1>
17. Organoleptic assessment of wheat bread enriched with pumpkin processing products / O. P. Yudicheva et al. Herald of Lviv University of Trade and Economics. Technical sciences. 2020. No. 23. P. 136–144. URL: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2020-23-18>
18. Blazhenko M., Falendysh N., Shpak V. Effect of hemp seed by-products on wheat dough fermentation. Ukrainian Food Journal. 2024. Vol. 13, no. 4. P. 737–752. URL: <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2024-13-4-8>
19. Ovsienko S. M. Enrichment of bakery products with non-traditional raw materials. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. 2024. Vol. 26, no. 101. P. 164–170. URL: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f10124>
20. Іванів С. О. Обґрунтування технології виробництва хліба пшеничного, збагаченого борошном бататно-гарбузовим : пояснювальна записка до дипломної роботи ОС «Магістр»: 181 Харчові технології / Іванів Сергій Олександрович ; наук. керівник Сова Наталія ; Дніпровський держ. аграр.-економ. ун-т , Інженерно-технологічний факультет, Кафедра харчових технологій. – Дніпро, 2024. – 62 с.
21. Веретельник А. С. Вплив борошна бобових культур на якісні показники пшеничного хліба : пояснювальна записка до дипломної роботи ОС «Магістр»: 181 Харчові технології / Веретельник Анастасія Сергіївна ; наук. керівник Холобцева Ірина ; Дніпровський держ. аграр.-економ. ун-т , Інженерно-технологічний факультет, Кафедра харчових технологій. – Дніпро, 2024. – 66 с. – Режим доступу : <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/11024>

22. Задворний, О. І. Проєкт виробництва житньо-пшеничного хліба з поліпшеним амінокислотним складом,збагаченого амарантовим борошном та насінням гарбуза : кваліфікаційна робота ... бакалавра : 181 Харчові технології / Олексій Ігорович Задворний ; наук. керівник Світлана Андріївна Бажай-Жежерун. – Київ, 2021. – 106 с.
23. Influence of Fenugreek Flour (*Trigonella foenum-graecum* L.) Addition on the Technofunctional Properties of Dark Wheat Flour / S. M. Man et al. *Journal of Food Quality*. 2019. Vol. 2019. P. 1–8. URL: <https://doi.org/10.1155/2019/8635806>.
24. Sensory evaluation and staling behavior of loaf bread with the substitution of wheat flour using fenugreek / E. Abdalla et al. *Sinai journal of applied sciences*. 2023. Vol. 12, no. 2. P. 215-226. URL: <https://doi.org/10.21608/sinjas.2023.199731.1194>
25. Enrichment of breads with fenugreek seeds for improved nutritional, functional, and storage stability / H. Kaur et al. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*. 2025. Vol. 17, no. 4. P. 198–216. URL: <https://doi.org/10.15586/qas.v17i4.1579>
26. The impact of fenugreek, black cumin, and garlic on dough rheology, bread quality, antimicrobial activity, and microstructural analysis using a scanning electron microscope / M. Zerlasht et al. *Italian journal of food science*. 2024. Vol. 36, no. 4. P. 26–37. URL: <https://doi.org/10.15586/ijfs.v36i4.2629>
27. Kaur H., Kaur K., Singh T. P. Augmenting the nutritional and technological quality of bread by incorporation of processed fenugreek leaves. *Cereal Research Communications*. 2025. URL: <https://doi.org/10.1007/s42976-025-00714-8>
28. Evaluation of diosgenin content from eleven different Indian varieties of fenugreek and fenugreek leaf powder fortified bread / M. Paramesha et al. *Journal of Food Science and Technology*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-021-04967-z>
29. Evaluation of nutritional and microbial properties of bread developed by incorporating moringa oleifera leaves and fenugreek leaves / S. Mishra et al. *Asian food science journal*. 2021. P. 93–101. URL: <https://doi.org/10.9734/afsj/2021/v20i730325>
30. Glycemic index lowering effects of defatted fenugreek seed flakes (fenuflakestm) on some indian food preparations: a randomized controlled clinical study / P. Thakurdesai et al. *Current research in nutrition and food science journal*. 2023. Vol. 12, no. 1. P. 58–69. URL: <https://doi.org/10.12944/crnfsj.12.1.05>
31. Стеценко, Н. О. Вплив шпинату та насіння пажитника на харчову і біологічну цінність пшеничного хліба / Н. О. Стеценко, М. В. Галушко // Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності : матеріали IX Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 10 грудня 2020 р., м. Київ. – Київ : НУХТ, 2020. – С. 46-47.

32. Коваль Ю. П. Виробництво житньо-пшеничного хліба збагаченого сумішшю прянощів. Міжнародний мультидисциплінарний науковий журнал «ΛΟΓΟΣ. Мистецтво наукової думки». 2018. №1. С. 154 – 155.
33. Herasymchuk O. P., Kostetska K. V. Quality assessment of composite flour mixtures based on oat flour. Bulletin of uman national university of horticulture. 2023. No. 1. P. 94–100. URL: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-1-94-100>.
34. Сороцька А. В. Дослідження доцільності використання пажитника в технології здобних виробів / А. В. Сороцька, Галина Вікторівна Карпик // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2024 року. – Т. : ФОП Паляниця В. А., 2024. – С. 322.
35. Cereals & grains association. Cereals & Grains Association. URL: <https://www.cerealsgrains.org/resources/Methods/Pages/default.aspx>.
36. Sosulski F., Garratt M. D., Slimkard A. E. Functional properties of ten legume flours. Canadian institute of food science and technology journal. 1976. Vol. 9, no. 2. P. 66–69. URL: [https://doi.org/10.1016/s0315-5463\(76\)73614-9](https://doi.org/10.1016/s0315-5463(76)73614-9).
37. Chandra S., Singh S., Kumari D. Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. Journal of food science and technology. 2014. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1427-2>.
38. Regulation - 1441/2007 - EN - eur-lex. EUR-Lex – Access to European Union law – choose your language. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2007/1441/oj/eng>
39. Hooda S., Jood S. Effect of fenugreek flour blending on physical, organoleptic and chemical characteristics of wheat bread. Nutrition & food science. 2005. Vol. 35, no. 4. P. 229–242. URL: <https://doi.org/10.1108/00346650510605621>.
40. Evaluation of debittered and germinated fenugreek (*Trigonella foenum graecum*L.) seed flour on the chemical characteristics, biological activities, and sensory profile of fortified bread / P. S. Chaubey et al. Journal of food processing and preservation. 2017. Vol. 42, no. 1. P. e13395. URL: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13395>.
41. Fenugreek a multipurpose crop: potentialities and improvements / A. Ahmad et al. Saudi journal of biological sciences. 2016. Vol. 23, no. 2. P. 300–310. URL: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.09.015>.
42. Hooda S., Jood S. Physicochemical, rheological, and organoleptic characteristics of wheat-fenugreek supplemented blends. Nahrung/Food. 2003. Vol. 47, no. 4. P. 265–268. URL: <https://doi.org/10.1002/food.200390062>.
43. Rasool A. A., Abdulkhaleq D. A., Sabir D. A. Effects of using different percentages of fenugreek flour to improve the sensory, rheological properties and keeping quality in maize dough to produce gluten-free breads // Journal of Agriculture, Science and Technology. 2013. Vol. 3. P. 380–384.
44. Інноваційна наука, освіта, виробництво і транспорт: техніка і технології, інформатика, транспорт, економіка, туризм, освіта, психологія, філософія. Книга

4. Частина 2 : серія монографій / [авт.кол. : І.С. Катеринчук, В.О. Коднянко, І. Я. Львович, Я. О. Львович, Л.В. Начева та ін.]. – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2021 – 172 с.
45. Економіка ресторанного господарства : навч. посібник : рекомендовано МОН України / Н. О. Власова [та ін.] ; ХДУХТ. – Вид. 2-ге, стер. – Х., 2019. – 389 с.
46. Власова Н. О. Зміст та особливості цінової політики підприємства роздрібної торгівлі / Н. О. Власова, Н. М. Смольнякова, А. М. Волосов // Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : зб. наук. пр. – Харків : ХДУХТ, 2010. – Вип. 2 (12). – С. 141–148.
47. Чорна М. В. Методичний підхід до оцінки структури попиту на продукцію підприємств ресторанного господарства / М. В. Чорна, О. Є. Чатченко // Бізнес Інформ. – 2013. – № 11. – С. 212–216.
48. Загальні принципи гігієни харчових продуктів: САС/RCP 1-1969, Rev. 4 (2003), 2006. – С. 7-51.
49. Про безпечність та якість харчових продуктів : Закон України від 23.12.1997 р. № 771/97-ВР. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр>.
50. Про затвердження Вимог щодо розробки, впровадження та застосування постійно діючих процедур, заснованих на принципах Системи управління безпечністю харчових продуктів (НАССР): Наказ Мінагропрому України від 01.10.2012 № 590. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1704-12>.

Додатки



Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут
«Українська інженерно-педагогічна академія»



Освіта та технології для розвитку суспільства

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

LX

Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти

(17-21 листопада 2025 р., м. Харків, Україна)

Електронний ресурс

Харків - 2025

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МЕЛЕНОГО НАСІННЯ ПАЖИТНИКУ В ТЕХНОЛОГІЇ БУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

КОРЖ Наталя

студент кафедри ресторанного, готельного та
туристичного бізнесу

Навчально-наукового інституту

«Українська інженерно-педагогічна академія»

E-mail: korzhnata@karazin.ua

Науковий керівник: к.тех.н., ст. викл. Галясний І.В.

Хлібобулочні вироби займають ключове місце в харчуванні населення, проте їхній традиційний склад, сформований переважно за рахунок пшеничного борошна вищих сортів, не завжди відповідає сучасним уявленням про здорове харчування. Білий хліб характеризується зниженим вмістом харчових волокон, повноцінного білка, вітамінів, мінералів та біологічно активних речовин. Тому актуальним є пошук природних інгредієнтів, здатних підвищувати харчову та біологічну цінність хлібобулочних виробів. Одним із перспективних компонентів є мелене насіння пажитнику (*Trigonella foenum-graecum* L.), яке поєднує високу харчову цінність та унікальні функціонально-технологічні властивості.

Пажитник містить 20...30 % рослинного білка, до 50 % харчових волокон, серед яких переважає розчинний галактоманан, а також сапоніни, поліфенольні сполуки, вітаміни групи В та мінерали (кальцій, залізо, магній, цинк). Гідроколоїди насіння підвищують в'язкість харчового болюса, сповільнюють гідроліз крохмалю та можуть знижувати глікемічний індекс готових виробів. Завдяки цьому пажитник виступає інгредієнтом подвійної дії: підвищує поживність та впливає на реологічні властивості тіста, стабільність структури та термін зберігання.

Аналіз наукових досліджень демонструє значний інтерес до використання пажитнику у технології хліба. У роботі Man S. M. та ін. доведено, що додавання 2–5 % борошна пажитнику у пшеничний хліб підвищує вміст білка на 7–13 %, збільшує частку харчових волокон, покращує антиоксидантну активність та мікробіологічну стійкість виробів. Автори зазначають, що доза 8 % призводить до надмірного ущільнення м'якушки та погіршення об'єму [1].

У дослідженні Abdalla E. продемонстровано, що внесення 10 % порошку насіння пажитнику у подовий хліб зменшує швидкість черствіння: твердість через 48 годин збільшується на 25 % повільніше порівняно з контролем. При цьому об'єм зменшується лише на 4–6 %, а органолептичні властивості залишаються добрими. Проте доза 15 % вже спричиняє надмірну гіркоту та потемніння м'якушки [2].

Kaur Н. досліджувала використання пророщених та цілих насінин пажитнику у кількості 2–10 %. Автором встановлено, що оптимальні дози — 6 % пророщених або 8 % цілих насінин. За таких концентрацій спостерігається зростання загального вмісту антиоксидантів на 30–45 %, покращення кольору та

аромату, а також подовження свіжості. Дози понад 8 % призводять до зниження питомого об'єму на 12–15 % [3].

Перспективним є і використання листя пажитнику. У роботі Kaur H. та ін. [4] встановлено, що комбінація 2 % порошку та 12 % пюре листя дозволяє збільшити загальний вміст фенолів та β -каротину більш ніж удвічі, а також продовжити термін зберігання хліба до 7 діб завдяки природній антиоксидантній активності. Дослідження Paramesha M. та ін. [5] показало, що додавання 1,5 % порошку листя пажитнику є ефективним способом збагачення хліба діосгеніном — біоактивною сполукою з потенційними гіпохолестеринемічними властивостями.

Особливу увагу привертають дослідження впливу пажитнику на глікемічні властивості випічки. Згідно з даними Thakurdesai P. та ін. [6], використання 10 % дефетованої фракції насіння у плоскому хлібі та булочках знижує глікемічний індекс і пікову капілярну глікемію у добровольців. Це пов'язано зі збільшенням в'язкості харчового болюса та зменшенням швидкості ферментативного розщеплення крохмалю.

У роботі Mishra S. та ін. встановлено, що застосування 5–7 % порошку листя пажитнику у поєднанні з морингою підвищує вміст білка, харчових волокон та мікроелементів у хлібі, а також покращує його мікробіологічну стабільність. Автори зауважують, що перевищення оптимальних доз негативно впливає на колір та смак виробів [7].

Українські дослідники також підтверджують перспективність пажитнику для технології хліба. У роботі Стеценко Н. О. та Галушко М. В. [8] зазначено, що додавання декількох відсотків насіння пажитнику дозволяє підвищити біологічну цінність та покращити амінокислотний склад пшеничного хліба. Герасимчук О. П. [9] показала, що 2 % подрібненого насіння пажитнику покращує структуру пшенично-вівсяного хліба та підвищує його органолептичні властивості. У дослідженні Сороцької А. В. [10] вказано на доцільність використання пажитнику в технології булочних виробів зі зниженим глікемічним індексом.

Таким чином, мелений пажитник є перспективним натуральним інгредієнтом для створення булочних виробів підвищеної харчової та біологічної цінності. Його застосування дозволяє підвищити вміст білка, харчових волокон, антиоксидантів і сапонінів, покращити реологічні властивості тіста, подовжити свіжість виробів, а також потенційно зменшити їх глікемічний індекс. Подальші дослідження мають бути орієнтовані на визначення оптимальних доз меленого насіння пажитнику для різних типів булочних виробів, а також на вивчення ефекту взаємодії порошку пажитнику з пшеничним борошном українського виробництва.

Список використаних джерел:

1. Influence of Fenugreek Flour (*Trigonella foenum-graecum* L.) Addition on the Technofunctional Properties of Dark Wheat Flour / S. M. Man et al. *Journal of Food Quality*. 2019. Vol. 2019. P. 1–8. URL: <https://doi.org/10.1155/2019/8635806>.

2. Sensory evaluation and staling behavior of loaf bread with the substitution of wheat flour using fenugreek / E. Abdalla et al. Sinai journal of applied sciences. 2023. Vol. 12, no. 2. P. 0. URL: <https://doi.org/10.21608/sinjas.2023.199731.1194>.
3. Enrichment of breads with fenugreek seeds for improved nutritional, functional, and storage stability / H. Kaur et al. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods. 2025. Vol. 17, no. 4. P. 198–216. URL: <https://doi.org/10.15586/qas.v17i4.1579>.
4. Kaur H., Kaur K., Singh T. P. Augmenting the nutritional and technological quality of bread by incorporation of processed fenugreek leaves. Cereal Research Communications. 2025. URL: <https://doi.org/10.1007/s42976-025-00714-8>.
5. Evaluation of diosgenin content from eleven different Indian varieties of fenugreek and fenugreek leaf powder fortified bread / M. Paramesha et al. Journal of Food Science and Technology. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-021-04967-z>.
6. Glycemic index lowering effects of defatted fenugreek seed flakes (fenuflakestm) on some indian food preparations: a randomized controlled clinical study / P. Thakurdesai et al. Current research in nutrition and food science journal. 2023. Vol. 12, no. 1. P. 58–69. URL: <https://doi.org/10.12944/crnfsj.12.1.05>
7. Evaluation of nutritional and microbial properties of bread developed by incorporating moringa oleifera leaves and fenugreek leaves / S. Mishra et al. Asian food science journal. 2021. P. 93–101. URL: <https://doi.org/10.9734/afsj/2021/v20i730325>.
8. Стеценко, Н. О. Вплив шпинату та насіння пажитника на харчову і біологічну цінність пшеничного хліба / Н. О. Стеценко, М. В. Галушко // Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності : матеріали IX Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 10 грудня 2020 р., м. Київ. – Київ : НУХТ, 2020. – С. 46-47.
9. Herasymchuk O. P., Kostetska K. V. Quality assessment of composite flour mixtures based on oat flour. Bulletin of uman national university of horticulture. 2023. No. 1. P. 94–100. URL: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-1-94-100>.
10. Сороцька А. В. Дослідження доцільності використання пажитника в технології здобних виробів / А. В. Сороцька, Галина Вікторівна Карпик // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2024 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2024. — С. 322.

Додаток Б Проект техніко-технологічної карти

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 ДИРЕКТОР РЕСТОРАНУ
 _____ І. В ПЕТРОВ
 «12» листопада 2025 року

ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА № 1
на булочний виріб «Булочка для бургерів з борошном пажитнику»

1. Сфера застосування

- 1.1. Справжня техніко-технологічна карта поширюється на булочний виріб для бургерів, виготовлений в ресторані і його філією.

2. Перелік сировини

- 2.1. Для приготування булочного виробу використовують такі продукти:

Найменування продуктів	Технологічні вимоги до якості продуктів
Борошно пшеничне вищого гатунку	ГСТУ 46.004-99 Борошно пшеничне. Технічні умови
Борошно пажитнику	Згідно чинної нормативної документації
Дріжджі хлібопекарські пресовані	ДСТУ 4812:2007 Дріжджі хлібопекарські пресовані
Сіль кухонна	ДСТУ 3583:2015 Сіль кухонна. Загальні технічні умови
Цукор пісок	ДСТУ 4623:2023 Цукор. Технічні умови
Маргарин вершковий	ДСТУ 4465:2005 Маргарин. Загальні технічні умови

або продукти закордонних фірм, що мають сертифікати й посвідчення якості в Україні

- 2.2. Сировина, що використовується для приготування **«Булочки для бургерів з борошном пажитнику»** повинна відповідати вимогам нормативної документації, мати сертифікати й посвідчення якості.

3. Рецепттура

- 3.1. Рецепттура булочного виробу «Булочка для бургерів з борошном пажитнику»

Найменування продуктів	Норма продуктів на 1 порцію, г	
	брутто	нетто
Борошно пшеничне вищого гатунку	950	950
Борошно пажитнику	50	50
Дріжджі хлібопекарські пресовані	25	25
Сіль кухонна	18	18
Цукор пісок	30	30
Маргарин вершковий	50	50
<i>Маса напівфабрикату</i>	-	1123
Вихід готового виробу	-	1000

4. Технологічний процес

На етапі підготовки сировини пшеничне борошно та борошно з насіння пажитнику просіюють, пресовані дріжджі, сіль, цукор, маргарин і воду готують до виробництва

відповідно до технологічних вимог. Після цього проводять дозування сировини згідно з рецептурою.

Замішування тіста здійснюють у тістомісильній машині протягом 8...10 хв, забезпечуючи рівномірний розподіл меленого насіння пажитнику в масі тіста та формування однорідної пластичної консистенції. Отримане тісто направляють на ферментацію.

Ферментацію тіста проводять протягом 180...200 хв за температури 28...32 °С. У процесі ферментації здійснюють обминання тіста тривалістю 1,5...2,5 хв.

Після завершення ферментації тісто розділяють на шматки масою 80 г та здійснюють їх округлення. Далі заготовки піддають попередньому вистоюванню тривалістю 5..8 хв, після чого виконують формування тістових заготовок заданої форми. Сформовані вироби направляють на остаточне вистоювання, яке забезпечує досягнення необхідного об'єму та пористості.

Випікання булочок здійснюють у пекарській шафі за температури 220 °С протягом 35 хв. Після випікання готові вироби піддають охолодженню та пакуванню, а далі направляють на зберігання відповідно до санітарно-гігієнічних вимог.

5. Оформлення, подавання, реалізація і зберігання

5.1. Булочка для бургерів подається як сендвіч у вигляді бургера з начинкою

5.2. Температура подачі булочки у складі бургера має бути не менше +65 °С

5.3. Термін зберігання булочки за температури 18...25 °С та відносної вологості повітря не вище 75 % не більше 24 год.

6. Показники якості та безпеки

6.1. Органолептичні показники страви:

Зовнішній вигляд: виріб правильної форми, без деформацій і тріщин, поверхня рівна.

Консистенція м'якушки: еластична, м'яка, добре розпушена.

Колір скоринки: золотисто-коричневий, однорідний по всій поверхні.

Смак: гармонійний, злегка пряний, без гіркоти та сторонніх присмаків.

Запах: приємний, хлібний, зі слабко вираженими пряними нотами пажитнику.

6.2. Фізико-хімічні показники:

Масова частка вологи у м'якушці, %, не більше як,	40,0
Кислотність, град, не більше як	3,0
Масова частка на СР, %, не менше як	
цукру	5,0±1,0
жиру	6,8±0,5

6.3. Мікробіологічні показники:

Загальна кількість мікроорганізмів, КУО/г	$1,3 \times 10^2$
Дріжджі та плісняви, КУО/г	-
Коліформи, КУО/г	-
E. coli, КУО/г	-

7. Харчова й енергетична цінність

	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Енергетична цінність, ккал
В 100 г продукту	12,7	9,6	77,8	454
В 1 булочці (70 г)	8,9	6,7	54,5	318

Розробник _____ Н. В. Корж _____
(підпис) (ініціали, прізвище)

Додаток В Таблиці та рисунки до розділу 3

Таблиця В.1 – Розрахунок вартості сировини та матеріалів

Найменування рецептурних компонентів	Витрати сировини (брутто) на 1 кг готової продукції	Ціна за 1 кг (без ПДВ), грн.	Вартість, грн.
Класична рецептура булочки бургера			
Борошно пшеничне вищого гатунку	1,000	23,20	23,20
Дріжджі хлібопекарські пресовані	0,025	88,00	2,20
Сіль кухонна	0,018	10,75	0,19
Цукор пісок	0,03	23,75	0,71
Маргарин вершковий	0,05	145,70	7,29
Вартість сировини та матеріалів	-	-	33,59
Транспортно-заготівельні витрати	3%		1,01
Вартість сировини та матеріалів на 1 порцію продукції з урахуванням транспортно-заготівельних витрат	-	-	34,60
Удосконалена рецептура булочки для бургера з додаванням борошна пажитника			
Борошно пшеничне вищого гатунку	0,950	23,20	22,04
Борошно пажитнику	0,050	132,80	6,64
Дріжджі хлібопекарські пресовані	0,025	88,00	2,20
Сіль кухонна	0,018	10,75	0,19
Цукор пісок	0,03	23,75	0,71
Маргарин вершковий	0,05	145,70	7,29
Вартість сировини та матеріалів	-	-	39,07
Транспортно-заготівельні витрати	3%		1,17
Вартість сировини та матеріалів на 1 порцію продукції з урахуванням транспортно-заготівельних витрат	-	-	40,24

Таблиця В.2 – Розрахунок собівартості та відпускної ціни

№ статті	Найменування витрат	Значення, грн.	Значення, грн.
		Класичний бургер	Удосконалений бургер
1	Сировина та матеріали	34,60	40,24
2	Паливо та енергія на технологічні цілі	0,69	0,80
3	Зворотні відходи	0,35	0,40
4	Основна заробітна платня виробничих робітників	7,00	7,00
5	Додаткова заробітна платня	1,75	1,75
6	Відрахування на соціальне страхування	3,22	3,22
7	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	2,08	2,41
8	Загальновиробничі витрати	11,38	11,38
9	Витрати від браку	0,03	0,04
10	Інші виробничі витрати	0,62	0,68
	Виробнича собівартість готової продукції	61,71	67,93
12	Адміністративні витрати	15,75	15,75
13	Витрати на збут	4,32	4,76
14	Інші операційні витрати	0,41	0,44
	Повна собівартість готової продукції	82,19	88,88
	Прибуток підприємства (50 %)	41,09	44,44
	Вільна відпускна ціна продукції без ПДВ	123,28	133,32
	Податок на додану вартість (20%)	24,66	26,66
	Ціна 1 кг готової продукції з ПДВ (партія 14 шт. масою по 70 г)	147,94	159,98