

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Удосконалення технології виробництва
безглютенового бездріжджового хліба на
квасолевій сировині**

Виконала: здобувачка вищої освіти 4 курсу,
групи ХТ-2-22 освітньо-професійної програми
«Харчові технології» зі спеціальності
181 «Харчові технології»

_____ Анна ГОЛОВЧЕНКО

Керівник: _____ Вікторія КАЛИНА

Дніпро 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«01» травня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Головченко Анні Володимирівні

1. Тема роботи: «Удосконалення технології виробництва безглютенового бездріжджового хліба на квасолевій сировині».

Керівник роботи: Калина Вікторія Сергіївна, кандидатка технічних наук, доцентка, затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» травня 2026 року № 875.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 08 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва безглютенового бездріжджового хліба на квасолевій сировині. 2. Наукова, нормативна, навчальна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд літературних джерел. 2 Матеріали і методи дослідження. 3 Експериментальна частина. 4 Охорона праці хлібного

виробництва. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Актуальність використання квасолевої сировини. 2 Мета та завдання досліджень. 3 Розроблені рецептури. 3 Результати експериментальних досліджень. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Організаційно-економічне обґрунтування. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Доцентка Вікторія КАЛИНА	01.05.26	08.06.26

7. Дата видачі завдання 01 травня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	01.05-04.05.26	виконано
2	Аналітичний огляд літературних джерел	05.05-07.05.26	виконано
3	Матеріали і методи дослідження	08.05-14.05.26	виконано
4	Експериментальна частина	15.05-31.05.26	виконано
5	Охорона праці хлібного виробництва	01.06-02.06.26	виконано
6	Організаційно-економічна частина	02.06-03.06.26	виконано
7	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.26	виконано
8	Підготовка демонстраційного матеріалу	05.06-08.06.25	виконано

Здобувачка вищої освіти _____ Анна ГОЛОВЧЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Вікторія КАЛИНА
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Удосконалення технології виробництва безглютенового бездріжджового хліба на квасолевій сировині»

Кваліфікаційна робота бакалавра: 70 с., 11 рис., 16 табл., 20 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: хліб на квасолевій сировині; хліб із суміші пшеничного та квасолевого борошна

Метою роботи є розроблення рецептур: безглютенового бездріжджового хліба на основі консервованої квасолі; хліб із композиційної суміші пшеничного та квасолевого борошна, дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості готових виробів, обґрунтування технологічних параметрів виробництва

Розроблено дві рецептури хліба на основі квасолі: із суміші пшеничного та квасолевого борошна та безборошняний хліб з консервованої білої квасолі. Для останнього встановлено тристадійний режим випікання: 190 °С – 10 хв, 170 °С – 35 хв, 150 °С – 10 хв. Попередня термічна обробка квасолі забезпечує інактивацію інгібіторів α -амілази. Обидва зразки отримали високі органолептичні оцінки; хліб із консервованої квасолі – максимальні (5 балів) за всіма показниками. Проведено аналіз фізико-хімічних показників: пшенично-квасолевий хліб – вологість 67 %, пористість 83 %, кислотність 4 град; квасолевий – 70 %, 70 % і 4 град відповідно. За текстурним аналізом пшенично-квасолевий хліб має нижчу твердість і вищий індекс пружності. Доведено перспективність використання квасолевої сировини для виробництва функціональних хлібобулочних виробів підвищеної біологічної цінності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Квасолеве борошно, консервована квасоля, безглютеновий хліб, бездріжджовий хліб, технологічні етапи випікання, органолептичні, фізико-хімічні показники якості, харчові продукти.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	9
1.1 Загальні відомості щодо виробництва та технологічних властивостей хліба	9
1.1.1 Технологічні властивості та якість хліба	11
1.1.2 Технологічні властивості хліба та вимоги стандартів ДСТУ.....	12
1.1.3 Види борошна	12
1.2 Білок, дріжджі та глютен: основи структури хліба	14
1.3 Характеристика борошна	17
1.3.1 Пшеничне борошно	17
1.3.2 Житнє борошно.....	20
1.3.3. Квасолеве борошно.....	22
1.3.4 Порівняльна характеристика пшеничного, житнього та квасолевого борошна	24
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	29
2.1 Випікання хліба	29
2.1.1 Рецепт хліба з суміші пшеничного та квасолевого борошна	31
2.1.2 Рецепт хліба з консервованої квасолі	32
2.2 Визначення показників якості хліба	34
2.2.1 Визначення органолептичних показників якості хліба	34
2.2.2 Фізико-хімічні показники	37
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	43
3.1 Органолептичні показники якості хліба.....	44
3.2 Фізико-хімічні показники якості хліба.....	46
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ХЛІБНОГО ВИРОБНИЦТВА	51
4.1 Утилізація відходів хлібобулочного виробництва	51
4.2 Картка з охорони праці	52

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	62
БІБЛІОГРАФІЯ.....	65

ВСТУП

Хліб – усьому голова. З давніх-давен Україна славиться своїми родючими землями, на яких вирощували справжнє «золото» – зерно. Хліб завжди посідав особливе місце в житті українського народу, був не лише основним продуктом харчування, а й символом добробуту, праці, гостинності та життя. Народні традиції, обряди й звичаї тісно пов'язані з хлібом – від зустрічі гостей хлібом-сіллю до весільних короваїв і поминальних обрядів.

В історично складні періоди, зокрема в часи Голодомору, хліб набував надзвичайної цінності – за нього люди були готові віддати найцінніше, навіть власне життя. Це підкреслює не лише його харчову, а й глибоку соціальну та історичну значущість для українського суспільства.

Сьогодні ринок хлібобулочних виробів в Україні зазнає суттєвих змін під впливом технологічного прогресу, економічних факторів, а також трансформації споживчих вподобань населення. Виробники змушені адаптуватися до нових умов, оптимізуючи асортимент і рецептури продукції. Попит на традиційні хлібобулочні вироби залишається стабільним, водночас зростає інтерес до продукції простої рецептури, зокрема житньо-пшеничних хлібів, які сприймаються споживачами як більш доступні та наближені до традиційного харчування.

Разом із цим спостерігається скорочення споживання здобних виробів і дорогих сортів хліба, що зумовлено як економічними чинниками, військовим конфліктом, так і зміною харчових звичок населення. В результаті, частка хліба простої рецептури у загальній структурі споживання суттєво зросла, визначивши тенденції розвитку вітчизняного ринку хлібобулочних виробів.

Історія хлібопекарства налічує тисячі років і бере початок у Давньому Єгипті, де вперше було виготовлено квасний хліб на основі природного бродіння, в подальшому ця технологія стала фундаментом для сучасних рецептур. Хліб може випікатися з різних видів борошна: пшеничного, житнього, ячмінного, кукурудзяного, вівсяного, квасолевого чи їхніх сумішей, а також із

додаванням насіння, спецій, меду, олій, заквасок та інших інгредієнтів, що формують смак, аромат і поживну цінність. У кожній країні існують власні хлібні традиції та символізм: багет у Франції, коровай в Україні, лаваш на Кавказі чи тортилья в Мексиці – хліб виступає культурним маркером і має ритуальне значення.

У філософії здорового харчування хліб розглядають не лише як базовий продукт, а як джерело енергії, клітковини, вітамінів групи В та мінералів, особливо якщо він виготовлений із якісного борошна, без надлишку цукру, солі й штучних добавок.

Традиційне борошно із зернових (пшениця, жито, ячмінь, овес) є основним джерелом вуглеводів і містить глютен, тому добре підходить для випікання пухкого, еластичного хліба. Воно має вищий глікемічний індекс і менше білка та клітковини порівняно з бобовим. Борошно з бобових (горох, нут, сочевиця, соя) багате на рослинний білок, клітковину, мінерали, має нижчий глікемічний індекс, але не містить глютену, тому тісто з нього менш еластичне і потребує додаткових зв'язувальних компонентів (яйця, крохмаль, камеді). У здоровому харчуванні бобове борошно цінніше за складом, а зернове – технологічно універсальніше для хлібопечення.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Загальні відомості щодо виробництва та технологічних властивостей хліба

Хлібобулочні вироби є однією з основних складових раціону людського населення та мають суттєве соціально-економічне значення. Станом на кінець 2025 року лідером в Україні серед виробників хлібобулочних виробів є Рига Хліб (рис.1.1) Виробництво хліба належить до безперервних технологічних процесів харчової промисловості та характеризується чіткою послідовністю операцій, спрямованих на одержання продукції стабільної якості з високими споживчими властивостями [1].



Рисунок 1.1—Топ 10 виробників хлібобулочних виробів України 2025

Технологічний процес виготовлення хлібобулочних виробів складається з таких основних етапів:

- зберігання і підготовка сировини до виробництва;
- приготування тіста;
- оброблення тіста;
- випікання;
- охолодження;
- зберігання готових виробів.

На етапі зберігання і підготовки сировини особливу увагу приділяють якості борошна, яке зберігають у силосах або мішках. Перед використанням борошно піддають просіюванню для видалення сторонніх домішок та створення додаткової аерації. Пропускають через магнітні уловлювачі для очищення від металоманітних часток. Сіль, цукор та інші сухі компоненти розчиняють у воді та фільтрують, а дріжджі готують у вигляді суспензії для рівномірного розподілу в тісті.

Приготування тіста здійснюється за встановленою рецептурою безопарним або опарним способом. Замішування проводять у тістомісильній машині до отримання однорідної еластичної маси, під час чого відбувається рівномірне розподілення сировини, гідратація білкових речовин борошна та формування клейковинного каркасу тіста.

Оброблення тіста включає поділ його на порції заданої маси, округлення, формування та вистоювання тістових заготовок. Під час вистоювання відбувається процес бродіння, активізується діяльність дріжджів, утворюючи вуглекислий газ і вторинні продукти бродіння, зумовлюючи розпушення тіста та формування характерного смаку й аромату хліба. Заготовки збільшуються в об'ємі, а структура м'якуша стає більш рівномірною та пористою.

Випікання здійснюється у хлібопекарських печах різної конструкції за певних температурних режимів.



Рисунок 1.2 – Печі хлібопекарські: а – КНВ-2-К, б – А2-ХПК

У процесі випікання відбуваються складні теплофізичні, біохімічні та хімічні перетворення: клейстеризація крохмалю, денатурація білків, утворення скоринки та формування характерного кольору, смаку й аромату хліба. Саме цей етап визначає остаточні органолептичні показники виробів.

Після випікання хліб піддають *охолодженню* в спеціально обладнаних приміщеннях, де стабілізується структура м'якуша та знижується вологість. Готові вироби сортують, відбраковують нестандартні екземпляри та направляють на зберігання або реалізацію. Загальна тривалість технологічного процесу виробництва основних видів хлібобулочних виробів становить у середньому 8–10 годин.

Охолоджені готові хлібобулочні вироби направляють на *зберігання* у спеціально підготовлені приміщення з контрольованими параметрами температури та відносної вологості повітря. Зберігання здійснюють за температури не нижче 6°C і відносної вологості повітря не більше 75 % задля збереження органолептичних показників, уповільнення процесів черствіння та запобігання розвитку мікрофлори. Готову продукцію розміщують на стелажах або в контейнерах таким чином, щоб забезпечити вільну циркуляцію повітря та уникнути механічного пошкодження виробів. Під час зберігання контролюють стан скоринки, структуру м'якуша, вологість і відсутність сторонніх запахів [2].

1.1.1 Технологічні властивості та якість хліба

Технологічні властивості хліба характеризуються об'ємом, формою, станом скоринки, пористістю й еластичністю м'якуша, смаковими та ароматичними показниками, а також здатністю зберігати свіжість у процесі зберігання. Кожний показник залежить від якості сировини, способу приготування тіста, режимів бродіння та випікання.

Для продовження терміну придатності хлібобулочних виробів у хлібопекарському виробництві застосовують харчові консерванти, які пригнічують розвиток пліснявих грибів і бактеріальної мікрофлори. Найчастіше використовують органічні кислоти та їх солі (зокрема пропіонову кислоту, кальцію пропіонат, сорбінову кислоту та калію сорбат), які характеризуються

високою антимікробною активністю та безпечністю у дозволених концентраціях. Додавання консервантів зберігає органолептичні показники виробів, уповільнює процеси мікробіологічного псування та дозволяє збільшити термін зберігання хліба без істотного погіршення його якості. Застосування консервувальних речовин регулюється встановленими санітарно-гігієнічними нормами і технологічними вимогами харчової промисловості [3].

1.1.2 Технологічні властивості хліба та вимоги стандартів ДСТУ

Якість і технологічні властивості хліба регламентуються чинними державними стандартами України. Основними нормативними документами є:

- ДСТУ 4583:2006 «Хліб із житнього та суміші житнього і пшеничного борошна. Загальні технічні умови»;
- ДСТУ 7517:2014 «Хліб пшеничний. Загальні технічні умови»;
- ДСТУ 7045:2009 «Вироби хлібобулочні. Терміни та визначення понять»;
- ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови»;
- ДСТУ 7046:2024 «Вироби хлібобулочні. Укладання, зберігання і транспортування»;
- ДСТУ-П 4588:2006 «Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання. Загальні технічні умови»;

1.1.3 Види борошна

Борошно є основною сировиною для виробництва хлібобулочних виробів і суттєво впливає на технологічні властивості тіста, харчову цінність та якість готової продукції. Асортимент борошна в Україні включає як традиційні, так і альтернативні види, що використовуються для виробництва функціональних і дієтичних продуктів. За походженням сировини борошно поділяють на зернове, бобове та борошно з псевдозлакових і нетрадиційних культур.

Залежно від культури, з якої отримують борошно, розрізняють такі основні зернові види борошна:

- *Пшеничне борошно* – найпоширеніше у хлібопекарській промисловості. Характеризується високим вмістом клейковини, що забезпечує добру газотримувальну здатність тіста та формування еластичного м'якуша;
- *Житнє борошно* – містить менше клейковини, проте багате на пентозани, які впливають на в'язкість тіста. Використовується для виробництва житнього та житньо-пшеничного хліба;
- *Кукурудзяне борошно* – не містить клейковини, застосовується для спеціальних хлібобулочних виробів і дієтичного харчування;
- *Ячмінне борошно* – використовується обмежено, переважно в сумішах, збагачує вироби харчовими волокнами;
- *Гречане борошно* – має високу біологічну цінність, використовується у виробництві дієтичних та функціональних продуктів;
- *Рисове борошно* – отримують шляхом помелу шліфованого або нешліфованого рису, не містить клейковини, висока здатність до поглинання води та формування ніжної, дрібнопористої структури виробів [4, 5]

Бобові види борошна зазвичай використовують у сумішах із пшеничним або житнім борошном через відсутність або низьку клейковинотвірну здатність. Бобове борошно отримують із насіння бобових культур і характеризується підвищеним вмістом білка, харчових волокон та мінеральних речовин. Найпоширенішими видами є:

- *Горохове борошно* – використовується у хлібопекарстві як білкова добавка, підвищує харчову цінність і сприяє покращенню структури м'якуша;
- *Нутове борошно* – має високий вміст рослинного білка, характерний горіховий присмак; застосовується у виробництві функціональних і безглютенних виробів;
- *Квасолеве борошно* – отримують із квасолі, характеризується високим вмістом повноцінного білка, харчових волокон і мікроелементів. Використовується у складі борошняних сумішей для підвищення поживної цінності хліба та зниження глікемічного індексу виробів;

- *Сочевичне борошно* – відзначається високим вмістом заліза та білка, використовується для збагачення хлібобулочних виробів;
- *Соеве борошно* – широко застосовується як білково-ліпідна добавка, поліпшує вологоутримувальну здатність тіста, подовжує свіжість хліба [6].

Останніми роками в Україні набули поширення екзотичні та нетрадиційні види борошна, які застосовують у виробництві функціональних, безглютенових і спеціалізованих продуктів:

- *Кокосове борошно* – багате на харчові волокна, має солодкуватий смак і високу вологоємність; використовується у дієтичних і безглютенових виробках;
- *Мигдальне борошно* – характеризується високим вмістом жирів і білка, використовується у кондитерських і хлібобулочних виробках преміумсегмента;
- *Амарантове борошно* – містить повноцінний білок і біологічно активні речовини; застосовується для збагачення хліба та функціональних продуктів;
- *Кіноа борошно* – має високу харчову цінність, містить незамінні амінокислоти; використовується у безглютенових сумішах;
- *Соргове борошно* – не містить глютену, має добрі технологічні властивості в сумішах із іншими видами борошна [7, 8].

1.2 Білок, дріжджі та глютен: основи структури хліба

Білки борошна, дріжджі та глютен є головними структуроутворювальними компонентами хліба, адже саме вони формують каркас тіста і забезпечують пористість та об'єм готового виробу. Під час замішування борошна з водою під дією ферментів запускаються складні фізико-хімічні, колоїдні та біохімічні процеси: компоненти тіста змішуються, змочуються, пластифікуються і поступово переходять у пружну тістову масу. У колоїдному середовищі активно

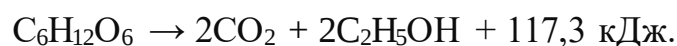
набухають біополімери борошна – передусім білки, крохмаль і пентозани, а також оболонкові частинки зерна, які вбудовуються у структуру тіста.

Глютен (клейковина) – це складний нерозчинний у воді білковий комплекс, що міститься у зерні пшениці, жита, ячменю та деяких інших злакових культур. Він не є окремим білком, а формується під час замішування тіста внаслідок гідратації та взаємодії двох основних фракцій запасних білків борошна – гліадину та глютеніну. Гліадин забезпечує тісту в'язкість і розтяжність, тоді як глютенін відповідає за пружність і механічну міцність. При контакті з водою ці білки набухають, частково розкривають свою молекулярну структуру та під дією механічної енергії замісу з'єднуються між собою через дисульфідні, водневі й гідрофобні зв'язки, утворюючи неперервну тривимірну губчасто-сітчасту білкову матрицю – глютенівий каркас тіста [9].

Пшеничні клейковинні білки здатні зв'язувати 2–2,5 г води на 1 г сухої речовини, причому близько 75% води утримується осмотично, а решта – адсорбційно. Осмотичне поглинання води призводить до значного збільшення об'єму білкових молекул, що сприяє їх виходу за межі міжкрохмальних щілин у вигляді джгутиків і плівок, які злипаються між собою, зміцнюючи структуру тіста. У сформовану глютеніву сітку вкраплюються зерна крохмалю, пентозани та оболонкові частинки, що додатково впливає на реологічні властивості тістової маси [10].

Хлібопекарські дріжджі – це біологічний розпушувач тіста, який широко використовується у хлібопекарстві для приготування виробів із пшеничного борошна, пшенично-житніх сумішей, а також окремих здобних кондитерських виробів, зокрема кексів із дріжджового тіста. Основним видом дріжджів, що застосовується у цій галузі, є *Saccharomyces cerevisiae* – одноклітинні мікроорганізми із сімейства сахароміцетів, які здатні до активного спиртового бродіння.

Базова реакція спиртового бродіння має вигляд:



У процесі ферментації дріжджові клітини розщеплюють цукри, що містяться у рідкій фазі тіста, перетворюючи їх на етанол і діоксид вуглецю (CO_2), завдяки чому тісто збільшується в об'ємі, стає пористим і пухким. Окрім газоутворення, дріжджі відіграють важливу роль у дозріванні тіста, оскільки виділяють ферменти та біологічно активні речовини, що впливають на структурно-механічні властивості тістової маси.

У промисловому хлібопеченні використовують кілька різновидів дріжджів, які відрізняються формою, способом активації та технологічною ефективністю. Рідкі дріжджі застосовують переважно на великих підприємствах, таких як хлібозаводи, де вони вводяться у технологічний процес безпосередньо через системи дозування. Пресовані дріжджі є спресованою свіжою дріжджовою масою, яка перед використанням потребує розчинення у теплій рідині. Вони містять близько 75% вологи, де 75–80% становить внутрішньоклітинна вода протоплазми, а 20–25% – міжклітинна вода. Решта 25% припадає на сухі речовини, серед яких у середньому міститься: білків – 50%, вуглеводів – 40,8%, жирів – 1,6%, золи – 7,6%. Пресовані дріжджі мають питому вагу 1220 кг/м^3 при 75% вологості, що є важливим показником для розрахунків транспортування та зберігання. За еквівалентністю 1 чайна ложка сухих дріжджів відповідає приблизно 12 г пресованих.

Сухі дріжджі – інстантні (швидкорозчинні). Вони виробляються методом швидкого сушіння у гарячому повітряному потоці без значного пошкодження клітинних мембран, після чого дріжджову культуру консервують вакуумом. Інстантні дріжджі не потребують попередньої активації і додаються безпосередньо до борошна під час замісу, що робить їх технологічно зручнішими та ефективнішими. Окрему групу становлять дріжджі Rapid-rise та дріжджі для прискореної випічки – це різновид інстантних дріжджів із підвищеною підйомною силою. Завдяки меншому розміру гранул вони швидше розподіляються у тісті та розчиняються, що пришвидшує бродіння і скорочує технологічний цикл.

Дріжджі беруть участь у формуванні біохімічного середовища тіста: вони засвоюють азотисті речовини, мінеральні солі та вітаміни, збагачують тісто амінокислотами та сполуками-активаторами для мікрофлори, що сприяє розвитку молочнокислих бактерій і посиленню ароматичних та барвних реакцій під час випікання. Оптимальні умови для життєдіяльності дріжджів: температура 28–35 °C і рН 4–6. Порушення цих умов або надмірна механічна обробка тіста, особливо зі слабого борошна, може знизити ефективність дріжджів або призвести до розрідження тіста, тому процес обминання регулюють залежно від сили борошна: слабе обминають 1 раз, сильне – 1–2 рази, щоб зберегти структуру глютену та забезпечити стабільне газоутворення [11].

1.3 Характеристика борошна

Борошно — основа для виробництва хлібобулочних виробів і значною мірою визначає технологічні властивості тіста та якість готової продукції. Види борошна класифікують за походженням зерна, ступенем помелу, вмістом клейковини та призначенням.

1.3.1 Пшеничне борошно

Якість борошна визначається за органолептичними показниками, враховуючи їх запах, смак, колір, мінеральні домішки. Запах і смак борошна повинні бути властиві пшеничному борошну. Доброякісне борошно не повинно мати запліснявілого, затхлого, кислуватого або гіркуватого смаку, не допускаються ніякі інші сторонні запахи і присмаки. Колір борошна характеризує товарний сорт борошна. Чим більше подрібнених оболонок зерна потрапляє у борошно, тим воно темніше, звідси визначається його сорт. Наявність у борошні мінеральних домішок визначають жуванням борошна, при цьому не повинен відчуватись хрускіт на зубах.

Фізико-хімічними показниками борошна вважають вологість, білість, зольність, крупність помелу, кількість і якість сирої клейковини, вміст

металомагнітних домішок, зараженість і забрудненість шкідниками хлібних запасів. Вологість борошна не повинна перевищувати 15,0%. Цей показник не тільки має вирішальне значення для зберігання борошна, а й впливає на вихід хліба. Білість борошна вищого сорту повинна бути не нижчою за 54 умовних одиниці приладу РЗ – БПЛ, 1-го – від 36 до 53, 2-го – 12–35. В оббивному борошні вона не обмежується. Зольність борошна є показником його сорту. Згідно з вимогами стандартів вона не повинна перевищувати, % : вищого сорту – 0,55, 1-го – 0,75, 2-го – 1,25, оббивного – 2,0% [12].

В Україні пшеничне борошно класифікують відповідно до ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови».

Таблиця 1.3.1 – Технологічна характеристика сортів пшеничного борошна

Сорт	Характеристика
Вищий гатунок	Складається з однорідних дуже дрібних частинок (30–40 мкм), майже не містить висівчастих частинок; має найтонший помел, білий або білий з жовтим відтінком колір, низький вміст зольних речовин; використовується для виробництва білого хліба та здобних виробів
Перший гатунок	Характеризується менш однорідними частинками розміром 30–60 мкм, містить 3–4 % периферійних частинок; має темніший колір і вищий вмістом мінеральних речовин; широко застосовується для виробництва формового та подового хліба

Другий гатунок	Складається з неоднорідних і порівняно великих частинок (30–200 мкм), містить значну кількість висівчаних частинок (до 80 %); має білий з жовтим або сірим відтінком колір і вищу харчову цінність; використовується для виготовлення хліба простої рецептури
Обойне (цільнозернове)	Отримується оббивним помелом з виходом близько 96 % без вилучення висівок; за хімічним складом близьке до зерна; має білий колір з жовтим або з сірим відтінком, з помітними частинками оболонки (дуже неоднорідні від 30–40 до 500–600 мкм); відзначається високим вмістом клітковини та мінеральних речовин

Крупність помелу борошна та його технологічне значення визначається просіюванням на відповідних ситах. У хлібопеченні цінується борошно, яке має однорідні за розмірами частинки, що його утворюють. У пшеничному борошні стандарти нормують кількість і якість сирої клейковини. Кількість клейковини визначають відмиванням її вручну або за допомогою приладу, а якість – за кольором, запахом, пружністю, розтяжністю. Кількість сирої клейковини борошна вищого сорту не повинна бути нижчою за 24%, 1-го – 25, 2-го – 21, оббивного – 18%. Вміст металоманітних домішок у борошні не може перевищувати 3 мг на 1 кг. Нормують допустимий рівень токсичних елементів (свинець, кадмій, миш'як, ртуть, мідь, цинк), мікотоксинів (афлатоксин В1, зеараленон та ін.), радіонуклідів і пестицидів. Причиною виникнення дефектів у борошні може бути використання недоброякісного зерна, порушення технології виготовлення, недотримання режимів і строків зберігання. Зараженість борошна шкідниками хлібних запасів не допускається [2].

1.3.2 Житнє борошно

Житнє борошно відзначається високою харчовою цінністю, вмістом харчових волокон, мінеральних речовин та біологічно активних компонентів. На відміну від пшеничного борошна, житнє містить меншу кількість клейковинних білків і підвищену кількість водорозчинних полісахаридів (пентозанів), що зумовлює специфічні технологічні властивості тіста та готових виробів. Залежно від виходу продукції та ступеня вилучення оболонкових частин зерна основними видами житнього борошна є сіяне, обдирне та обойне (табл. 1.3.2) [13].

В Україні житнє борошно класифікують відповідно до вимог нормативної документації ДСТУ 8791:2018 «Борошно житнє хлібопекарське. Технічні умови».

Таблиця 1.3.2 – Технологічна характеристика сортів житнього борошна

Сорт	Характеристика
Сіяне	Виготовляється з центральної частини ендосперму зерна жита; має білий або кремово-білий колір із легким сіруватим відтінком, дрібний помел та незначний вміст оболонкових частинок; характеризується низькою зольністю та використовується для виробництва покращених сортів житнього і житньо-пшеничного хліба.
Обдирне	Містить більшу кількість периферійних частин зерна; має сірувато-білий або сіруватий колір, вищий вміст клітковини, мінеральних речовин і вітамінів; широко застосовується для виготовлення традиційних сортів житнього хліба.

Обойне	Отримують шляхом практично повного подрібнення зерна жита без значного відокремлення оболонок; характеризується неоднорідністю частинок, сіро-коричневим кольором, високим вмістом харчових волокон, мінеральних речовин та біологічно активних сполук; використовується для виробництва хліба підвищеної харчової цінності.
--------	--

Колір житнього борошна варіює від світло-сірого до сіро-коричневого залежно від сорту та кількості оболонкових частинок. Запах і смак повинні бути властивими свіжому житньому борошну, без сторонніх, затхлих, пліснявих або кислих відтінків. При розжовуванні не повинен відчуватися хрускіт, що свідчить про відсутність мінеральних домішок.

Вологість борошна не повинна перевищувати 15 %. Для житнього борошна характерний вищий вміст зольних речовин порівняно з пшеничним. Особливістю житнього борошна є відсутність пружної клейковини, здатної утворювати еластичний каркас тіста. Формування структури житнього тіста відбувається переважно за рахунок набрякання пентозанів і клейстеризації крохмалю. Тому при виробництві житнього хліба необхідно враховувати кислотність тіста, яка впливає безпосередньо на реологічні властивості готових виробів.

Житнє борошно характеризується підвищеним вмістом харчових волокон, вітамінів групи В, токоферолів, мінеральних речовин (калію, магнію, фосфору, заліза) та антиоксидантних сполук. Крім того, житні вироби характеризуються нижчим глікемічним індексом і тривалішим збереженням свіжості.

Причинами виникнення дефектів житнього борошна можуть бути використання недоброякісного зерна, порушення режимів помелу, недотримання умов транспортування та зберігання. Зараженість шкідниками

хлібних запасів, наявність сторонніх домішок, плісняви та продуктів життєдіяльності комах не допускаються [14].

1.3.3. Квасолеве борошно

Борошно квасолі – харчовий продукт, який отримують шляхом помелу сушених зерен квасолі в дрібний порошок. Воно належить до категорії бобових борошен і відрізняється від традиційних зернових тим, що не містить глютену, є значно багатшим на білок і клітковину та має специфічні функціональні властивості, що впливають на технологічні процеси та якість харчових продуктів.

Серед рослинних джерел білка насіння бобових культур практично не має конкурентів, що зумовлено їх хімічним складом. В Україні до основних реальних джерел рослинного білка належать горох, квасоля, соя, боби, сочевиця та інші бобові культури. Така культура як квасоля характеризується високим вмістом білка, який у середньому становить близько 22 % та низьким рівнем жиру (1–2 %).

Харчова цінність борошна квасолі залежить від сорту квасолі та умов обробки, але загальна тенденція спостерігається така: воно має високий вміст білка, помірну кількість вуглеводів і низький вміст жирів, а також значну частку клітковини. В квасоловому борошні 24–27 % білка у сухому стані та незамінних амінокислот, зокрема лізину, широко дефіцитного в зернових білках, вміст золи (мінеральних речовин) становить близько 3–3,5 %, а жири – приблизно 1,6–2 %. Борошно квасолі містить значну кількість харчових волокон, мінеральних речовин (магній-103мг, залізо-5,9мг, цинк-3,21мг, йод-12,1мкг) та антиоксидантів, а також високий вміст групи вітамінів В і Е [15].

Разом із тим, у квасолі, міститься низка речовин, які перешкоджають безпосередньому використанню у виробництві харчових продуктів. До таких сполук належать: інгібітори протеаз, фітогемаглютеніни, глюкозиди, фенольні сполуки, сапоніни, а також речовини, що зв'язують мікроелементи або можуть спричиняти небажані фізіологічні ефекти, зокрема латиризм і фавізм. Окрему

групу небажаних компонентів складають олігоцукри, насамперед рафіноза і стахіоза, які викликають метеоризм через відсутність у людини ферменту α -галактозидази, необхідного для їх гідролізу.

Органолептичні характеристики такого борошна – це світло-бежевий до кремового колір, характерний бобовий запах і смак. За рахунок присутності білків і клітковини квасоляного борошна виробу набувають насиченого смаку і аромату, інколи легкого горіхового присмаку. Через відсутність глютену тісто з квасолевым борошном частіше виходить менш еластичне і менш здатне утримувати газу, тому при використанні у випічці його часто комбінують із пшеничним борошном або додають технологічні коригенти (клейковину, ензими). З технологічної точки зору борошно квасолі підвищує водопоглинання тіста, що обумовлено великою кількістю полярних груп у білках і клітковині, які активно взаємодіють з водою.

З метою усунення антипоживних компонентів і підвищення харчової та біологічної цінності квасолі запропоновано комплексну технологію її переробки. Згідно з цією технологією, бобову сировину попередньо просіюють, подрібнюють до розмірів крупки та піддають металевій очистці. Підготовлену сировину екстрагують 70–80 % водно-етанольним розчином у співвідношенні екстрагенту до сировини 3:1. У процесі етанольної екстракції відбувається руйнування зв'язків між білками і олігоцукрами, а також істотно знижується активність інгібіторів протеаз шлунково-кишкового тракту. Встановлені параметри екстракції забезпечують практично повне видалення олігоцукрів та зниження активності інгібіторів трипсину приблизно на 80 %.

Після екстракції сировину сушать до вологості 17–18 %, а потім піддають волого-термічній обробці при температурі 170–180 °C і тиску 5,5–5,7 МПа. Поєднання екстракційної обробки та високотемпературної екструзії дозволяє повністю інактивувати інгібітори протеаз і перевести нативну бобову сировину у нову, більш придатну для харчування форму зі зміненими функціонально-технологічними властивостями.

Отримане текстуроване борошно квасолі характеризується стабільними хімічними показниками: вологість не перевищує 9 %, масова частка білка становить не менше 51 %, а вміст жиру не перевищує 1 %. Високий вміст білка у поєднанні з низькою жирністю робить цей продукт ефективним білковим інгредієнтом для створення комбінованих харчових систем [16].

1.3.4 Порівняльна характеристика пшеничного, житнього та квасолевого борошна

Функціонально-технологічні властивості пшеничного, житнього та квасолевого борошна суттєво відрізняються внаслідок особливостей їхнього хімічного складу. Пшеничне борошно характеризується наявністю клейковинних білків, які забезпечують формування пружного та еластичного тіста. Житнє борошно містить незначну кількість клейковини, проте відзначається підвищеним вмістом пентозанів і харчових волокон, які обумовлюють високу водоутримувальну здатність та специфічні реологічні властивості житнього тіста. Квасолеве борошно характеризується високою водопоглинальною (WAC) та олієпоглинальною здатністю (OAC), добрими емульгувальними й піноутворюючими властивостями, що робить його перспективним інгредієнтом для виробництва функціональних харчових продуктів і збагачення хлібобулочних виробів білком та харчовими волокнами.

Таблиця 1.3.4 – Порівняльна характеристика пшеничного, квасолевого та житнього борошна

Показники	Борошно		
	Пшеничне	Квасолеве	Житнє
Білки, г	10,8	21	9,4
Жири, г	1,3	2	1,8
Вуглеводи, г	73,4	59,2	59,2
Харчові волокна, г	3,5	23	14,6

Мінеральні речовини			
Калій, мг	122	1100	350
Фосфор, мг	86	480	189
Магній, мг	16	103	60
Натрій, мг	3	40	2
Кальцій, мг	18	150	34
Залізо, мг	1,2	5,9	3,5
Марганець, мг	-	1,34	1,34
Цинк, мг	-	3,21	1,23
Вітаміни			
В ₁ , мг	0,17	0,5	0,35
В ₂ , мг	0,04	0,18	0,13
В ₃ , мг	1,2	1,2	-
В ₆ , мг	-	0,9	0,25
Е, мг	1,5	0,6	1,9

Пшеничне борошно характеризується високим вмістом вуглеводів (73,4 г/100 г), що зумовлює енергетичну цінність та широке використання. Вміст білків становить 10,8 г/100 г, а жирів – лише 1,3 г/100 г. Особливість пшеничного борошна - наявність клейковини, котра забезпечує формування розвиненого каркаса тіста та добру газоутримувальну здатність. Разом з тим воно містить порівняно невелику кількість харчових волокон (3,5 г/100 г) і характеризується помірним вмістом мінеральних речовин та вітамінів групи В.

Житнє борошно займає проміжне положення між пшеничним та квасолевим за харчовою цінністю. Воно містить менше білків (9,4 г/100 г), ніж пшеничне та квасолеве, проте характеризується значно вищим вмістом харчових волокон (14,6 г/100 г), що в 4 рази більше порівняно з пшеничним борошном. Завдяки наявності пентозанів житнє борошно здатне інтенсивно зв'язувати воду та довше зберігати свіжість готових виробів.

Квасолеве борошно відзначається найвищою біологічною цінністю серед досліджуваних видів борошна. Вміст білків у ньому становить 21 г/100 г, що

майже вдвічі перевищує показник пшеничного борошна та більш ніж удвічі – житнього. Високий вміст харчових волокон (23 г/100 г) сприяє покращенню роботи шлунково-кишкового тракту та зниженню глікемічного навантаження. Кількість вуглеводів є нижчою, ніж у пшеничному борошні, і становить 59,2 г/100 г, що робить його альтернативною сировиною для виробництва продуктів функціонального та дієтичного призначення [17 – 18].

Мінеральний склад квасолевого борошна найбагатший серед досліджуваних зразків. Воно містить значну кількість калію, фосфору, магнію, кальцію та заліза, а також цинку і марганцю. За вмістом більшості вітамінів групи В квасолеве борошно також переважає пшеничне та житнє. Водночас житнє борошно характеризується підвищеним вмістом вітаміну Е (1,9 мг/100 г), що перевищує відповідні показники пшеничного та квасолевого борошна [19].

Висока харчова та біологічна цінність квасолі обумовлює перспективність її використання у виробництві функціональних харчових продуктів. Під час розроблення рецептур із застосуванням квасолевої сировини необхідно враховувати наявність у сирих зернах антипоживних речовин, інгібіторів ферментів травної системи. Одні з таких сполук білкові інгібітори α -амілази, відомі під загальною назвою фазеоламіни, які характерні насамперед для білої квасолі. Механізм їхньої дії полягає у пригніченні активності панкреатичної α -амілази, що призводить до уповільнення гідролізу крохмалю та інших складних вуглеводів до глюкози. Унаслідок цього знижується швидкість засвоєння вуглеводів і може погіршуватися біодоступність окремих поживних речовин.

З технологічної та харчової точки зору наявність активного фазеоламіну в сировині є небажаною, оскільки він знижує ефективність процесів травлення та засвоєння нутрієнтів. Під час термічної обробки відбувається денатурація білкових інгібіторів, у результаті чого вони втрачають свою біологічну активність. Тому для використання квасолі у складі хлібобулочних виробів доцільно застосовувати попередньо термічно оброблену сировину з подальшим подрібненням до пюреподібного стану.[20].

Висновки до розділу

У результаті аналізу наукової літератури встановлено, що хлібобулочні вироби важлива складова харчування населення та займають провідне місце серед продуктів щоденного споживання. Якість готових виробів визначається комплексом технологічних факторів, серед яких особливе значення мають властивості сировини, способи приготування тіста, режими бродіння, вистоювання та випікання.

Структурно-механічні властивості хліба формуються завдяки взаємодії білків борошна, глютенowego комплексу та хлібопекарських дріжджів. Глютен забезпечує утворення еластичного каркаса тіста і його газоутримувальну здатність, дріжджі сприяють процесам бродіння, формуванню пористої структури, смаку та аромату готових виробів.

Проведений аналіз нормативної документації показав, що якість хлібобулочних виробів в Україні регламентується чинними державними стандартами, які встановлюють вимоги до сировини, технологічного процесу та показників якості готової продукції.

Порівняльна характеристика пшеничного, житнього та квасолевого борошна засвідчила суттєві відмінності їхнього хімічного складу та функціонально-технологічних властивостей. Пшеничне борошно характеризується високим вмістом клейковини та найкращими хлібопекарськими властивостями, житнє борошно відзначається підвищеним вмістом харчових волокон і пентозанів, що сприяють вологоутриманню та подовженню свіжості виробів. Найвищу біологічну цінність має квасолеве борошно, яке характеризується значним вмістом білка, харчових волокон, мінеральних речовин і вітамінів групи В.

У складі сирої квасолі містяться антипоживні речовини – білкові інгібітори α -амілази (фазеоламін), які пригнічують активність панкреатичної α -амілази, уповільнюють гідроліз крохмалю та знижують біодоступність поживних речовин. З технологічної та нутритивної точки зору наявність

активного фазеоламіну небажана. Термічна обробка квасолі зумовлює денатурацію білкових інгібіторів і повне відновлення засвоюваності нутрієнтів. Для включення квасолевої сировини до складу хлібобулочних виробів доцільно застосовувати попередньо термічно оброблену квасолі з подальшим подрібненням до пюреподібного стану, що забезпечить інактивацію антипоживних факторів і збереження функціональних властивостей продукту.

На підставі проведеного огляду літературних джерел встановлено перспективність використання квасолевої сировини у технології хлібобулочних виробів.

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Було проведено комплекс лабораторних досліджень із виготовлення хліба на основі пшеничного та квасолевого борошна, а також консервованої квасолі. У процесі досліджень здійснювали оцінку технологічних властивостей тіста, особливостей процесу випікання.

Дослідження проводили в умовах навчально-наукової лабораторії з дотриманням санітарно-гігієнічних вимог і технологічних режимів хлібопекарського виробництва. Для приготування дослідних зразків використовували сировину, що відповідала вимогам чинних нормативних документів та характеризувалася належними органолептичними й фізико-хімічними показниками.

2.1 Випікання хліба

Випікання – основний етап технологічного процесу, оскільки саме під час термічної обробки формуються структура, об'єм, колір скоринки, ароматичні та смакові властивості готового виробу. Якість хліба залежить від дотримання рецептури, правильного підбору сировини, режимів замішування тіста та температурних параметрів випікання.

При проведенні лабораторних досліджень використовували високоякісну сировину, яка відповідала вимогам чинних нормативно-технічних документів та державних стандартів України. Перед початком досліджень всю сировину оцінювали за органолептичними показниками – кольором, запахом, смаком, консистенцією та відсутністю сторонніх домішок.

У роботі використовувалась наступна сировина:

1. Вода згідно з ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості»;
2. Олія соняшникова згідно з ДСТУ 4492:2017 «Олія соняшникова. Технічні умови»;

3. Дріжджі хлібопекарські згідно з ДСТУ 4657:2006 «Дріжджі хлібопекарські. Виробництво. Терміни та визначення понять» та ТУ У 15.8-00383320-002;

4. Квасоля консервована згідно з ДСТУ 6074:2009 «Консерви. Квасоля консервована. Технічні умови»;

5. Яйця курячі харчові згідно з ДСТУ 5028:2008 «Яйця курячі харчові. Технічні умови»;

6. Лимонний сік згідно з ДСТУ 8074:2015 «Консерви. Соки та сокові продукти. Коктейлі. Загальні технічні умови»;

7. Розпушувач тіста згідно з ДСТУ 2900:2006 «Концентрати харчові. Напівфабрикати виробів з борошна. Загальні технічні умови»;

8. Спеції та приправи згідно з ДСТУ ISO 939:2008 «Спеції і приправи. Визначення вмісту вологи. Метод відгону»;

9. Борошно квасолеве згідно з ДСТУ 8672:2016 «Квасоля продовольча. Технічні умови»;

10. Борошно пшеничне згідно з ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови»;

11. Сіль кухонна згідно з ДСТУ 3583-97 «Сіль кухонна. Загальні технічні умови»;

12. Цукор-пісок згідно з ДСТУ 2316-93 «Цукор білий. Технічні умови».

Випікання дослідних зразків, згідно розроблених рецептур, проводили в лабораторних умовах Дніпровського державного аграрно-економічного університету (ДДАЕУ), із використанням комплексу хлібопекарського та допоміжного обладнання: електричну духову шафу (рис.2.1), лабораторні ваги, мірний посуд, термометр, блендер, ємності для замішування тіста, металеві форми для випікання, дерев'яні та силіконові лопатки.



Рисунок 2.1 – Духова піч ASEL

2.1.1 Рецепт хліба з суміші пшеничного та квасолевого борошна

Згідно рецептури наведеної в таблиці 2.1.1 було виготовлено хліб з композиційної суміші пшеничного та квасолевого борошна.

Таблиця 2.1.1 – Рецепт хліба на основі суміші пшеничного та квасолевого борошна

Інгредієнти	Кількість, %
Пшеничне борошно	400
Квасолеве борошно	50
Тепла вода	325
Сухі дріжджі	5
Цукор	5
Сіль	За смаком

Опис технології виготовлення:

У великій ємності замішували пшеничне та квасолеве борошно, додавали дріжджі, сіль і цукор. Поступово додавали теплу воду, замішуючи тісто. Спочатку перемішували лопаткою, а потім вимішували тісто руками на присипаній борошном поверхні, доки воно не стало еластичним і однорідним. Сформували кулю з тіста, поклали у змащену олією ємність, накрили рушником і залишили в теплом місці на 1-1,5 години, доки тісто не збільшилось вдвічі. Обережно обім'явши тісто сформували його у форму хліба. Виклали хліб на деко. Випікали в попередньо розігрітій до 190–200°C духовці приблизно 30-45 хвилин. Готовність перевіряли дерев'яною шпажкою. Після готовності, хлібу дали повністю охолонути на решітці перед нарізанням.

2.1.2 Рецепт хліба з консервованої квасолі

На основі рецептури, наведеної у таблиці 2.1.2, було приготовано хліб з консервованої білої квасолі.

Таблиця 2.1.2 – Рецепт хліба на основі консервованої квасолі білої

Інгредієнти	Кількість, %
Квасоля біла (варена або консервована)	60
Яйце куряче	29
Олія оливкова або соняшникова рафінована	7
Сік лимонний	3
Розпушувач	1
Сіль	0,1

Опис технології виготовлення:

При випіканні хліба було використано консервовану квасоллю попередньо зливши рідину. Варену квасоллю додавали в чашу блендера дозовано та подрібнювали до пюреподібного стану, після чого додавали яйця, олію, лимонний сік, розпушувач і сіль. Усі компоненти збивали до утворення однорідної маси. Отримане тісто розподілили по формах і випікали у духовій шафі.

Для забезпечення нормативних показників вологості квасолевого хліба було розроблено відповідні етапи випікання, що передбачають дотримання оптимального температурного режиму та тривалості термічної обробки. Випікання здійснювали у попередньо розігрітій духовій шафі за температури для забезпечення рівномірного пропікання виробу та формування належної структури м'якушки. Контроль вологості готового продукту досягався шляхом регулювання часу випікання, що сприяло видаленню надлишкової вологи без пересушування виробу.

Таблиця 2.1.3 – Тристадійний процес випікання хліба на основі квасолевого пюре

Етап	Температура, °C	Тривалість, хвл	Мета етапу
Прогрівання	190	10	Швидка денатурація яєчного білка та активація розпушувача для фіксації об'єму виробу
Сушіння	170	35	Поступове видалення вологи з центральних шарів квасолевого пюре
Стабілізація структури та кольору	150	10	Стабілізація структури м'якушки та формування рівномірного забарвлення скоринки

2.2 Визначення показників якості хліба

Для комплексного оцінювання якості зразків хліба застосовували три групи методів: органолептичний аналіз, визначення фізико-хімічних показників та аналіз текстурного профілю (ТРА). Такий підхід дозволяє охарактеризувати виріб як з точки зору споживчого сприйняття, так і з позиції об'єктивних технологічних і структурно-механічних параметрів, особливо важливо при порівнянні двох різних рецептур на квасолевій сировині.

2.2.1 Визначення органолептичних показників якості хліба

Згідно органолептичної оцінки визначають відповідність готового виробу вимогам нормативної документації. Органолептичні показники визначають візуально та за допомогою сенсорного аналізу після повного охолодження виробів. Оцінювання проводили відповідно до вимог чинних стандартів ДСТУ 4583:2006 «Хліб із житнього та суміші житнього і пшеничного борошна. Загальні технічні умови» та ДСТУ 7517:2014 «Хліб пшеничний. Загальні технічні умови» на хлібобулочні вироби.

Зовнішній вигляд хліба характеризували за правильністю форми, відсутністю механічних пошкоджень, тріщин, підривів та деформацій. Поверхня виробу повинна бути рівною або злегка шорсткою, без ознак підгоряння чи непропечених ділянок.

Колір скоринки визначали візуально при природному освітленні. Для пшеничного хліба характерним є світло-жовтий або золотисто-коричневий колір, тоді як вироби з додаванням квасолевого борошна можуть мати темніше забарвлення внаслідок особливостей хімічного складу сировини та перебігу реакцій меланоїдиноутворення під час випікання.

Стан м'якушки оцінювали після розрізання виробу. Визначали рівномірність пористості, еластичність, пропеченість та відсутність ущільнень або слідів непромісу. Доброякісний хліб повинен мати добре розвинену,

рівномірну пористу структуру та еластичний м'якуш, який після легкого натискання відновлює початкову форму.

Запах і смак визначали дегустаційним методом. Хліб повинен мати властивий даному виду виробу приємний аромат без сторонніх запахів, а також гармонійний смак без гіркоти, кислого або затхлого присмаку.

Було розроблено органолептичну характеристику оцінювання показників якості квасолевого хліба.

Таблиця 2.2.1 – Характеристика органолептичних показників якості квасолевого хліба

Показники якості	Характеристика показників якості при оцінці харчового продукту				
	5 балів	4 бали	3 бали	2 бали	1 бал
Зовнішній вигляд	Відповідає формі, без бокових виступів.	Слабко виражені бокові виступи або незначні деформації форми.	Присутні значні нерівності форми або бокові виступи.	Видимі виражені недоліки форми: нерівні боки, значні виступи або незвичні прогини.	Форма сильно порушена: великі тріщини, значні зміщення, пориви.
Колір скоринки	Рівномірний темно-золотисто-коричневий, з легким блиском.	Темно-золотисто-коричневий, трохи блідніший або темніший в окремих частинах.	Рівномірний світло-коричневий або темно-жовтий, з легкими плямами.	Неоднотипний колір скоринки з помітними плямами або світлими ділянками.	Надмірно світло-коричневий або підгорілий з великими плямами.
Консистенція	М'якушка добре пропечена, еластична, з рівномірною пористістю, характерно волога для цього виду хліба.	М'якушка трохи ущільнена, волога, з помірною рівномірністю пор.	М'якушка волога, з незначними ущільненнями, нерівними порами.	Велика кількість порожнин і помітні неперероблені включення квасолі.	М'якушка надто волога, липка, недопечена.
Запах	Приємний, свіжий, з легким ароматом печеного хліба.	Легкий приємний запах хліба, без неприємних відтінків.	Запах хліба невиразний, з незначними сторонніми відтінками.	Відчутні легкі кислуваті або затхлі нотки.	Неприємний, кислий або тухлий запах.
Смак	Власивий даному виду виробів, легкий бобовий присмак.	Приємний, з помірно вираженим смаком, без сторонніх відтінків.	Смак невиразний, з незначним стороннім післясмаком.	Прослідковуються акценти терпкості або пліснявілості.	Неприємний смак, кислий, гіркий або з іншими відразливими присмаками.
Категорія якості	Вища	Перша	Друга	Харчова неповноцінна	Технічний брак
Висновок	Стандартна	Стандартна	Стандартна	Нестандартна	Нестандартна

2.2.2 Фізико-хімічні показники

Показник *вологості* характеризує ступінь насичення виробу водою та впливає на консистенцію, свіжість і мікробіологічну стійкість хліба. Визначення вологості проводили згідно ДСТУ 7045:2009 «Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників». Висушуванням наважки м'якушки до сталої маси.

Відповідно до вимог ДСТУ 7517:2014 для пшеничного хліба з борошна вищого сорту: вологість м'якушки – не більше 43,0 %.

Відповідно до вимог ДСТУ 4583:2006 для житньо-пшеничного хліба: вологість м'якушки – не більше 41,0-53,0 %.



Рисунок 2.2 – Вологомер МА 110.R

Показник *кислотності* характеризує вміст органічних кислот у готовому виробі та впливає на смак, аромат, структуру м'якушки й стійкість хліба під час зберігання. Визначення кислотності проводили згідно ДСТУ 7045:2009 «Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників». Кислотність визначали методом титрування водної витяжки розчином гідроксиду натрію у присутності фенолфталеїну.

Для досліду було використано:

Фенолфталеїн згідно ТУ 6-09-5360-88, спиртовий розчин з масовою часткою індикатору 1 %. Фенолфталеїн. Індикатор, чистий для аналізу.

Натрію гідроокис кваліфікації «х.ч.» згідно з ISO 6353-2.

Відповідно до вимог ДСТУ 7517:2014 для пшеничного хліба з борошна вищого сорту: кислотність — не більше 3,0 град.

Відповідно до вимог ДСТУ 4583:2006 для житньо-пшеничного хліба: кислотність — не більше 5,0-12,0 град.



Рисунок 2.3 – Процес титрування

Пористість характеризує структуру м'якушки, ступінь розпушення тіста та засвоюваність готового продукту. Визначення пористості проводили згідно ДСТУ 7045:2009 «Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників», спираючись на метод Журавльова шляхом розрахунку співвідношення об'єму пор до загального об'єму м'якушки.

Відповідно до вимог ДСТУ 7517:2014 для пшеничного хліба з борошна вищого сорту: пористість — не менше 68,0 %.

Відповідно до вимог ДСТУ 4583:2006 для житньо-пшеничного хліба: пористість — не менше 46,0 %.

Визначаємо за формулою:

$$\Pi = \left(1 - \frac{G}{\rho V}\right) \cdot 100\% \quad (2.1)$$

де $V_{\text{заг}}$ — загальний об'єм виїмок (81 см³ для пшеничного хліба і 108 см³ для житнього);

G — маса виїмок, г;

ρ — густина безпористої маси м'якушки г/см³



Рисунок 2.4 – прилад Журавльова

Показник *упікання* характеризує втрати маси тістової заготовки під час випікання внаслідок випаровування води та виділення летких речовин. Упікання технологічний показник, який впливає на вихід готової продукції, формування скоринки, структуру м'якушки та економічну ефективність виробництва хліба. Величина упікання залежить від рецептури виробу, вологості тіста, тривалості, температури випікання та конструктивних особливостей пекарського обладнання.

Упiкання визначали шляхом зважування тiстових заготовок перед посадкою в пiч та готових виробiв пiсля випiкання з подальшим розрахунком вiдносної втрати маси.

Визначаємо за формулою:

$$Y_n = \frac{G_{mз} - G_{г.хл}}{G_{mз}} \cdot 100 \quad (2.2)$$

де Y_n – упiкання, %;

$G_{т.з.}$ – маса тiстової заготовки, г;

$G_{г.хл.}$ – маса гарячого хлiба, г;

$G_{т.з.}$ і $G_{г.хл.}$ визначають з точністю до 1,0 г.

Аналіз профiлю текстури (Texture Profile Analysis, TPA) є одним із найбільш поширених методiв оцiнювання текстурно-механiчних характеристик харчових продуктiв. Метод базується на проведенні подвійного циклу стиснення зразка. У процесі випробування зразок двічі пiддається деформації за допомогою аналізатора текстури, що дозволяє моделювати механiчні навантаження, подiбні до тих, якi виникають пiд час жування. Саме тому TPA часто називають «тестом двох укусiв».



Рисунок 2.5 – Аналізатор текстури: а – прилад; б – стиснення зразка хлiба

Для інтерпретації результатів дослідження використовують графік залежності сили навантаження від часу, який надалі називають текстурним профілем. Сила зазвичай виражається в грам-силах (гс). На основі отриманої кривої визначають основні текстурні параметри: твердість, крихкість (здатність до руйнування), стійкість, пружність, індекс пружності, силу адгезії, адгезивність, когезивність, виправлену когезивність, жувальність, виправлену жувальність та липкість.

Твердість (Hardness) характеризується максимальною силою, що реєструється під час першого циклу стиснення при досягненні встановленого рівня деформації. Відображає опір продукту стисканню між жувальними поверхнями зубів.

Стійкість (Resilience) являє собою відношення енергії, накопиченої під час висхідної ділянки першого стиску, до енергії низхідної ділянки цього ж циклу. Відображає здатність матеріалу відновлювати свою форму після короточасного механічного впливу.

Індекс пружності (Springiness) розраховується як відношення відстані висхідної частини другого циклу стиснення до відповідної відстані першого циклу. Характеризує ступінь відновлення форми зразка після деформації та релаксації між двома послідовними стисканнями.

Жувальність (Chewiness) визначається добутком твердості, когезивності та індексу пружності. Показник характеризує кількість енергії, необхідної для подрібнення твердого продукту до консистенції, придатної для ковтання.

Виправлена жувальність (Corrected Chewiness) обчислюється як добуток твердості, виправленої когезивності та індексу пружності. Цей параметр також характеризує енергетичні витрати на пережовування продукту, але враховує втрати енергії внаслідок незворотних деформацій структури.

Липкість (Gumminess) визначається як добуток твердості та когезивності. Показник характеризує енергію, необхідну для руйнування напівтвердого продукту до стану, придатного для ковтання.

Висновки до розділу

У ході дослідної роботи було розроблено та апробовано технології виготовлення двох дослідних зразків хліба: на основі композиційної суміші пшеничного і квасолевого борошна та на основі консервованої квасолі. Для виробництва використовували сировину, що відповідала вимогам чинних нормативних документів, а технологічні процеси здійснювали в лабораторних умовах із дотриманням встановлених режимів.

Встановлено особливості приготування тіста для кожного виду виробів. При використанні композиційної суміші пшеничного та квасолевого борошна формування структури тіста забезпечувалося дріжджовим бродінням і наявністю клейковинного каркаса пшеничного борошна. Для хліба на основі консервованої квасолі було застосовано безборошняну рецептуру та розроблено тристадійний режим випікання, який забезпечував формування стабільної структури виробу, рівномірне видалення надлишкової вологи та отримання якісної м'якушки.

Для комплексної оцінки якості готових виробів обрано органолептичні, фізико-хімічні та текстурні показники. Органолептичне оцінювання передбачало визначення зовнішнього вигляду, кольору скоринки, консистенції м'якушки, смаку та запаху виробів. Фізико-хімічні дослідження включали визначення вологості, кислотності, пористості та упікання відповідно до вимог чинних ДСТУ. Для характеристики структурно-механічних властивостей м'якушки застосовано метод аналізу профілю текстури, який дозволяє об'єктивно оцінити твердість, липкість, жувальність та інші показники текстури.

Сформовано експериментальну базу для подальшого дослідження впливу квасолевої сировини на якість хлібобулочних виробів. Обрані методи досліджень дозволять обґрунтувати доцільність використання квасолі у технології виробництва хліба підвищеної харчової цінності.

З ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

В ході проведення дослідження було розроблено дві рецептури, хліб з суміші пшеничного та квасолевого борошна (рис.3.1) та виключно з консервованої квасолі (рис 3.2).



Рисунок 3.1 – Хліб з суміші пшеничного та квасолевого борошна



Рисунок 3.2 – Хліб з консервованої квасолі

3.1 Органолептичні показники якості хліба

Після випікання, стабілізації та охолодження хліба було здійснено органолептичний аналіз. До органолептичних показників якості хліба належать зовнішній вигляд виробу, стан м'якушки, аромат, смак, розжовуваність м'якушки та наявність хрусту, що може виникати внаслідок мінеральних домішок. Зовнішній вигляд охоплює колір і стан скоринки, форму виробу та стан його поверхні. Стан м'якушки характеризується структурою пористості, пропеченістю, еластичністю та свіжістю.

Оцінювання якості хліба за органолептичними показниками, здійснюють у певній послідовності. Для більш повної характеристики готових хлібних виробів застосовували метод бальної оцінки, що дозволяв узагальнити результати та встановити загальний рівень якості продукції, результати наведені на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Профілограма органолептичної оцінки хлібобулочних виробів

Результати органолептичної оцінки показали, що контрольний зразок – житньо-пшеничний хліб – отримав максимальну оцінку за всіма досліджуваними показниками (5 балів), що підтверджує його відповідність вимогам якості та обґрунтовує використання як базовий зразок для порівняння.

Дослідний зразок пшенично-квасолевого хліба характеризувався високими оцінками за зовнішній вигляд, текстуру та запах (по 5 балів), однак поступався контрольному зразку за кольором скоринки (3 бали) та смаком (4 бали). У результаті інтегральна оцінка якості становила 4 бали. Зниження оцінки кольору скоринки може бути пов'язане з особливостями рецептурного складу та впливом квасолевої сировини на процеси меланоїдиноутворення під час випікання.

Консервована квасоля, яка використовувалася як компонент рецептури, отримала високі оцінки за кольором, текстурою, запахом і смаком (по 5 балів), що свідчить про її належну якість та придатність для використання у виробництві хлібобулочних виробів.

Внесення квасолі до рецептури пшеничного хліба не призвело до суттєвого погіршення органолептичних властивостей готового виробу. Незважаючи на деяке зниження оцінки кольору скоринки та смакових характеристик порівняно з контрольним житньо-пшеничним хлібом, пшенично-квасолевий хліб отримав високу загальну оцінку якості, що підтверджує перспективність використання квасолі для підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів.

Консервована квасоля, яка використовувалася як рецептурний компонент під час виготовлення пшенично-квасолевого хліба, характеризувалася високими органолептичними показниками. За результатами оцінювання вона отримала максимальні бали за кольором, текстурою, запахом та смаком (по 5 балів).

Результати свідчать, що консервована квасоля якісний інгредієнт для збагачення хлібобулочних виробів білком, харчовими волокнами, вітамінами

та мінеральними речовинами. Високі органолептичні показники сировини забезпечили відсутність негативного впливу на загальне сприйняття готового виробу та підтвердили доцільність її використання.

3.2 Фізико-хімічні показники якості хліба

До основних фізико-хімічних показників якості хліба належать вологість, кислотність, пористість, упікання та текстура. Визначення зазначених показників проводять у встановлені терміни після випікання продукції: не раніше ніж через 3 години після виходу з печі. Граничні строки проведення аналізу становлять до 48 годин для хліба з обойних сортів борошна, до 24 годин – для хліба із сортового борошна, а для булочних виробів – не раніше ніж через 1 годину і не пізніше ніж через 16 годин після випікання.

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні показники хлібів

№	Найменування хлібу	Фізико-хімічні показники якості хлібних виробів			Упікання, %	Система розпушення
		Вологість, %, не більше	Кислотність, град, не більше	Пористість, %, не менше		
1	Пшеничний (за ДСТУ 7517:2014)	44,0	3,0	65,0	7,5-9,0	Біологічна (дріжджі)
2	Пшенично-квасолевий (20:80 %)	67	4	83	16,35	Хімічна (сода)
3	Житньо-пшеничний (за ДСТУ 4583:2006)	53,0	12,0	46,0	6-8	Біологічна (закваска/дріжджі)
4	Квасолевий (100 %)	70	4	70	14,5	Хімічна (сода+ яєчний альбумін)

Порівняльний аналіз фізико-хімічних показників досліджуваних зразків хліба засвідчив значний вплив рецептурного складу та системи розпушення на формування якості готових виробів. Контрольний житньо-пшеничний хліб характеризувався вологістю 44 %, кислотністю 3 град та пористістю 65 %, що відповідає вимогам нормативної документації для даного виду продукції.

Додавання квасолевої сировини сприяло суттєвому підвищенню вологості виробів. Так, у пшенично-квасоловому хлібі цей показник становив 67 %, а в квасоловому хлібі – 70 %. Підвищений вміст води можна пояснити високою водоутримувальною здатністю білків, харчових волокон та інших гідрофільних компонентів квасолі. Здатність утримувати більшу кількість води сприяє формуванню м'якої консистенції м'якушки та уповільнює процеси черствіння під час зберігання.

Показники кислотності для пшенично-квасолового та квасолового хліба становили 4 град, що свідчить про збалансований перебіг технологічного процесу та відсутність надлишкового накопичення кислот. Найвищу кислотність мав житньо-пшеничний хліб (12 град), що пов'язано з використанням закваски та особливостями технології виробництва житніх сортів хліба.

Найвищий показник пористості був зафіксований у пшенично-квасоловому хлібі (83 %), що свідчить про формування добре розвиненої порової структури. Водночас квасоловий хліб мав пористість на рівні 70 %, що також перевищувало пшеничного зразка (65 %) та значно перевищувало показник житньо-пшеничного хліба (46 %). Слід зазначити, що поєднання високої пористості з найбільшим вмістом води у квасоловому хлібі створює більш ніжну, еластичну та соковиту структуру м'якушки.

Величина упікання для квасолового хліба становила 14,5 %, а для пшенично-квасолового – 16,35 %. Підвищені значення цього показника можуть бути пов'язані з більшою кількістю води, яка бере участь у тепло- та масообмінних процесах під час випікання. Незважаючи на це, готовий квасоловий хліб зберіг найвищий рівень вологості серед усіх досліджуваних

зразків, що свідчить про його високу здатність утримувати воду після термічної обробки.

Загалом найкращі результати серед досліджуваних зразків продемонстрував квасолевий хліб. Він характеризувався найвищою вологістю (70 %), достатньо високою пористістю (70 %), помірною кислотністю (4 град) та здатністю ефективно утримувати вологу після випікання.

Таблиця 3.3 – Результати тесту ТРА

Параметри тесту ТРА	Хліб на основі квасолі консервованої	Хліб із сумішшю пшенично-квасолевого борошна
Твердість	236,7	150,1
Липкість	205,93	121,58
Стійкість	0,62	0,64
Індекс пружності	0,78	1,35
Жувальність	160,2	164,1
Виправлена жувальність	354,48	534,96

Зразок хліба з консервованою квасолею характеризувався вищою твердістю (236,7) порівняно зі зразком на основі пшенично-квасолевого борошна (150,1). Зниження твердості на 36,6 % зразку суміш борошен свідчить про формування більш м'якого та менш ущільненого м'якуша. Одночасно спостерігалось зменшення липкості з 205,93 до 121,58, що вказує на меншу адгезію продукту до поверхонь під час деформації та покращення споживчих властивостей.

Показник стійкості залишався практично незмінним (0,62–0,64), що характеризує здатність структури протистояти механічному руйнуванню незалежно від способу внесення квасолевої сировини. Водночас індекс

пружності для хліба з пшенично-квасолевым борошном становив 1,35 проти 0,78 в хлібі з консервованої квасолі, тобто був вищим на 73,1 %, обґрунтовуючи здатність м'якуша відновлювати свою форму після деформації та підтверджує формування більш еластичної структури.

Показник жувальності для обох зразків перебував на близькому рівні 160,2 та 164,1, тобто потрібні подібні енергетичні витрати під час пережовування. Разом з тим виправлена жувальність у хлібі з пшенично-квасолевым борошном досягла 534,96 проти 354,48 у зразку з консервованою квасолею, перевищуючи його на 50,9 %. Це може бути пов'язано з поєднанням підвищеної пружності та більш збалансованої структури м'якуша.

Висновки до розділу

У результаті проведених досліджень було виготовлено та проаналізовано два дослідні зразки хліба: пшенично-квасолевий та квасолевий хліб на основі консервованої квасолі. Оцінювання проводили за органолептичними та фізико-хімічними показниками якості з подальшим порівнянням отриманих результатів із контрольними зразками традиційних видів хліба (пшеничний та житньо-пшеничний).

Пшенично-квасолевий хліб характеризувався привабливим зовнішнім виглядом, добре розвиненою структурою м'якушки та приємними смако-ароматичними властивостями. Водночас хліб на основі консервованої квасолі, отримав максимальні оцінки за всіма органолептичними показниками підтверджуючи технологічну придатність для виробництва хлібобулочних виробів.

Аналіз фізико-хімічних показників показав, що використання квасолевої сировини значно впливає на формування структури та властивостей готового продукту. Квасолевий хліб характеризувався найвищою вологістю (70 %), що свідчить про високу водоутримувальну здатність компонентів квасолі.

Пористість квасолевого хліба становила 70 %, що свідчить про формування добре розвиненої та рівномірної структури м'якушки. Показник кислотності залишався на оптимальному рівні (4 град), що забезпечувало гармонійні смакові властивості виробу.

Дослідження текстурних характеристик підтвердило значний вплив форми внесення квасолевої сировини на структурно-механічні властивості хліба. Використання пшенично-квасолевого борошна сприяє формуванню більш м'якої та еластичної структури м'якушки порівняно із застосуванням консервованої квасолі. Твердість хліба з пшенично-квасолевим борошном була на 36,6 % нижчою, а липкість зменшувалася на 41,0 %. За показником пружності цей зразок перевищував хліб із консервованою квасолею на 73,1 %, демонструючи кращу здатність відновлювати форму після механічного впливу. Незмінність показника стійкості свідчить про збереження міцності структури незалежно від способу внесення квасолі. Вищі значення виправленої жувальності у хлібі з пшенично-квасолевим борошном також підтверджують формування більш збалансованої текстури м'якушки.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ХЛІБНОГО ВИРОБНИЦТВА

З метою реалізації поставлених у роботі завдань експериментальні зразки високобілкового, безглютенового, квасолевого хліба були виготовлені в умовах навчально-наукової лабораторії кафедри харчових технологій Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Визначення органолептичних та фізико-хімічних показників здійснювалося із застосуванням лабораторного обладнання, що відповідає чинним санітарно-гігієнічним і технічним вимогам. Лабораторія забезпечує належні умови для проведення дослідних робіт та гарантує безпечне середовище для науково-педагогічного персоналу і здобувачів освіти.

Усі експериментальні дослідження виконувалися з дотриманням встановлених вимог охорони праці, техніки безпеки та пожежної безпеки. Перед початком роботи був проведений інструктаж.

4.1 Утилізація відходів хлібобулочного виробництва

До основних видів відходів хлібобулочного виробництва належать: хлібні крихти та обрізки, утворені на етапах нарізання та сортування готової продукції; відбракована продукція, яка не відповідає стандартам якості; залишки тіста після оброблення заготовок; борошняний пил і органічні рештки сировини.

Особливість виробництва квасолевого хліба полягає у специфічному складі відходів: при використанні консервованої квасолі утворюється рідина від консервів (квасолевий відвар), а при роботі з квасолевим борошном – більша кількість борошняного пилу порівняно зі стандартним пшеничним виробництвом.

Відповідно до вимог природоохоронного законодавства України, а саме Закону України «Про відходи», поводження з відходами хлібобулочного

виробництва здійснюється за принципом мінімізації їх утворення та максимального залучення до повторного використання.

Вторинне використання харчових відходів. Хлібні крихти, обрізки та нестандартна продукція можуть направлятися на виробництво панірувальних сухарів, хлібного квасу або використовуватися як кормова добавка для тварин. Квасолевий відвар придатний для використання у харчовій промисловості як рослинний замінник яєчного білка або як збагачувальна добавка до напоїв і соусів завдяки високому вмісту розчинного білка та мінеральних речовин.

Компостування. Органічні залишки виробництва, зокрема рештки тіста, бракована продукція та квасолева лушпиння, можуть бути використані для створення компосту. Квасолева сировина містить значну кількість органічних речовин і азотистих сполук, що робить такі відходи особливо цінними для збагачення ґрунту. Цей підхід доцільний для підприємств, розташованих поблизу аграрних господарств.

Виробництво біогазу. Органічні рештки хлібобулочного виробництва можуть слугувати сировиною для біогазових установок, що забезпечує підприємство альтернативним джерелом енергії та сприяє скороченню обсягів відходів, які підлягають захороненню.

Впровадження зазначеного комплексу заходів з управління відходами дозволяє не лише забезпечити екологічну безпеку виробництва, а й підвищити його економічну ефективність за рахунок залучення вторинних ресурсів у господарський оборот.

4.2 Картка з охорони праці

З метою забезпечення безпечних умов праці під час виготовлення безглютенового квасолевого хліба була розроблена картка з охорони праці (рис 4.1), яка регламентує вимоги до поведінки працівника на всіх етапах виробничого процесу.

I Загальна інформація 1. місце роботи – лінія з виробництва квасолевого хліба; 2. вид роботи – виготовлення квасолевого хліба, робота з хлібобулочними виробами; 3. посада – оператор виробничої лінії квасолевого хліба; 4. медичний огляд – раз на рік; 5. проходження вторинного інструктажу з ОП – двічі на рік; 6. графік роботи: 2 зміни (07:30–19:30; 19:30–07:30); 7. термін дії картки: 25.12.2028.	IV Вимоги під час виконання роботи 1. виконувати роботу можна тільки ту, з якої пройдено навчання та допущено; 2. заборонено передавати свою роботу стороннім особам; 3. використовувати лише справне обладнання; 4. підтримувати робоче місце в чистоті.
II Забезпечення спецодягом та ЗІЗ 1. рукавиці трикотажні – по мірі зношення; 2. бавовняні нарукавники – раз на три місяці; 3. шкіряне взуття з жаростійкою 4. підошвою – раз на пів року; 5. головний убір – раз на рік	V Вимоги після закінчення роботи 1. прибрати власне робоче місце від залишків продукції, бруду, інструментів тощо; 2. зняти спецодяг та ЗІЗ і здати на зберігання; 3. виконати гігієнічні процедури, включно з миттям рук та очищенням; 4. при виявленні порушень та недоліків під час роботи повідомити керівнику.
III Вимоги перед початком роботи 1. перевірити на цілісність та одягнути спецодяг; 2. переконатися, що обладнання готове до роботи та підготувати робочу зону; 3. перевірити справність обладнання; 4. у разі виявлення порушень або недоліків у роботі доповісти керівнику.	VI Дії в надзвичайних ситуаціях 1. негайна зупинка робочого процесу; 2. за можливості вимкнути все устаткування; 3. доповісти про ситуацію керівництву.
Телефони екстрених служб	
101 – ПОЖЕЖНА СЛУЖБА 102 – ПОЛІЦІЯ	103 – ШВИДКА ДОПОМОГА 104 – ГАЗОВА СЛУЖБА

Висновки до розділу

Основними потенційно небезпечними факторами під час виробництва хлібобулочних виробів є підвищена температура робочих поверхонь і обладнання, рухомі частини механізмів, електричне обладнання, фізичні навантаження під час виконання технологічних операцій. Для мінімізації виробничих ризиків необхідно використовувати справне обладнання, застосовувати засоби індивідуального захисту, проводити регулярні інструктажі та постійно контролювати дотримання технологічної дисципліни.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Розрахунок загальної вартості витрат на проведення дослідження здійснювалось на основі головних економічних показників:

- вартість матеріалів та сировини;
- витрати на оплату праці;
- витрати на експлуатацію та амортизацію обладнання, його купівлю.

Розрахунок витрат на матеріали та сировину, що були придбані для виконання дослідження, здійснюється за відповідною формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot C_1, \text{ грн} \quad (5.1)$$

де m_1 – кількість витраченого матеріалу;

C_1 – ціна одиниці матеріалу, грн.

Таблиця 5.1 – Кількість та вартість основних матеріалів та сировини

Найменування матеріалу	Од. Виміру	К-ть дослідів	Кількість повторень	Витрати матеріалу	Загальна кількість	Ціна за од/грн	Витрати, грн.
Квасоля консервована	кг	1	2	0,3	0,6	100	60
Борошно пшеничне	кг	1	2	0,4	0,8	32,69	26,15
Борошно квасолеве	кг	1	2	0,05	0,1	120	12
Яйця	шт	1	2	3	6	6	36
Олія рослинна	кг	1	2	0,03	0,06	105	6,3

Лимонний сік	кг	1	2	0,015	0,03	299	8,97
Розпушувач	кг	1	2	0,005	0,01	380	3,8
Сухі дріжджі	кг	1	2	0,01	0,02	310	6,2
Цукор	кг	1	2	0,01	0,02	27,9	0,56
Сіль	кг	1	2	0,02	0,04	12,9	0,52
Вода	л	1	2	0,3	0,6	0,6	0,36
Всього							160,86

Для нарахування виплат керівнику проводять розрахунки згідно формули:

$$\text{ВЗП} = \text{Сз} \cdot \text{К, грн} \quad (5.2)$$

де Сз – середньочасовий заробіток, грн.;

К – кількість людино-годин, год.

Розрахунок витрат заробітної плати керівнику:

$$\text{ВЗП} = 79,55 \cdot 35 = 2784,25 \text{ грн.}$$

Дані заробітної плати учасників дослідження представлено в таблиці

5.2

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на заробітну плату керівнику

Посада	Середньомісячний заробіток, грн.	Середньочасовий заробіток, грн.	Кількість людино-годин	Сума, грн.
Керівник наукової роботи	14 000	79,55	35	2 784,25
Всього				2 784,25

Показники загальної вартості використаної електроенергії наведено в таблиці 5.3.

Розрахунок витрат на використану електроенергію:

$$E = M \cdot T \cdot a, \text{ грн} \quad (5.3)$$

де M - потужність встановленого електрообладнання, кВт;

T - час роботи з устаткуванням, год;

a - тариф за електроенергію, грн/(кВт/год), діючий тариф 4,32грн/1кВт.

Загальна вартість електроенергії духової шафи становить:

$$E = 2,5 \cdot 4 \cdot 4,3 = 43,2 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.3 – Сумарна вартість спожитої електроенергії на устаткуваннях

Найменування устаткування	Тривалість роботи, год.	Споживана потужність, кВт	Витрати ел. Енергії, кВт	Загальна вартість ел. Енергії, грн.
Духова шафа	4	2,5	10	43,2
Вологомер МА 110.R	2	0,45	0,9	3,89
Ноутбук	175	0,7	122,5	529,2
Ваги лабораторні	1	0,05	0,05	0,22
Світло у лабораторії	7	0,1	0,7	3,02
Аналізатор текстур	4	0,1	0,4	1,728
Блендер	0,5	0,8	0,4	1,73
Всього	193,5	4,7	134,95	582,98

Витрати на амортизацію обладнання визначились за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \text{ грн} \quad (5.4)$$

де Φ - вартість устаткування, грн.;

H - річна норма амортизації, %;

t - тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість календарних днів.

Витрати на амортизацію для духової шафи становлять:

$$A = \frac{11900 \cdot 15 \cdot 0,167}{100 \cdot 365} = 0,82 \text{ грн}$$

Таблиця 5.4 – Результати обчислень витрат на амортизацію

Найменування	Кількість	Тривалість роботи, днів	Первинна вартість, грн.	Норма амортизаційних відрахувань, %	Витрати на амортизацію, грн.
Духова шафа	1	0,167	11900	15	0,82
Вологомер МА 110.R	1	0,08	84000	5	0,92
Ноутбук	1	7,29	40000	25	199,73
Ваги лабораторні	1	0,04	7400	10	0,08
Аналізатор текстур	1	0,167	561 000	5	12,83
Блендер	1	0,02	1700	10	0,01
Разом					214,39

Величина накладних витрат, пов'язаних із дослідженням, становить 80% від заробітної плати і визначається за формулою:

$$НВ = \frac{ВЗП \cdot 80}{100}, \text{ грн} \quad (5.5)$$

де ВЗП – фонд заробітної плати, грн.

$$НВ = \frac{2784,25 \cdot 80}{100} = 2227,4 \text{ грн}$$

Відповідно розраховують нарахування соціального страхування:

$$СЦ = \frac{ВЗП \cdot 22}{100}, \text{ грн} \quad (5.6)$$

де ВЗП – виплата заробітної плати, грн

$$СЦ = \frac{2784,25 \cdot 22}{100} = 612,54 \text{ грн}$$

Таблиця 5.5 – Результати всіх витрат на дослідження

Витрати	Сума, грн.
Сировина	160,86
Заробітна плата керівника	2784,25
Соціальне страхування	612,54
Електроенергія	582,98
Амортизація	214,39
Накладні витрати	2227,4
Всього	6582,42

За результатами аналізу встановлено, що найбільшу частку у структурі витрат становлять витрати на оплату праці та накладні витрати.

Розрахунок вартості дослідження.

Вартість дослідження розраховувалась на основі витрат на дослідження за формулою:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \text{ грн} \quad (5.7)$$

де $Ц$ – ціна дослідження, грн.;

C – витрати на дослідження, грн.;

P – рентабельність, 30 %.

$$Ц = 6582,42 + \frac{30 \cdot 6582,42}{100} = 8557,15 \text{ грн.}$$

Кінцева вартість дослідження складає 8557,15 грн.

Розрахунок собівартості виробництва хлібів за розробленою рецептурою наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок собівартості виробництва хлібів за розробленою рецептурою.

Вид хлібу	Витрати, грн				Вага порції
	Інгредієнти	Електроенергія	Заробітна плата	Амортизація	
Пшенично-квасолевий	22,85	10,85	119,33	0,22	666,7
Квасолевий	48, 63	11,18	119,33	0,22	366,3

Розрахунок собівартості хлібів за 100г за розробленою рецептурою наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Розрахунок собівартості хлібів за 100г:

Вид хлібу	Собівартість порції, грн	Собівартість 100 г, грн
Пшенично-квасолевий	153,25	22,99
Квасолевий	179,36	48,97

Висновки до розділу

У результаті проведених економічних розрахунків визначено загальну вартість виконання наукового дослідження та оцінено його основні складові витрат. Сумарні витрати на проведення дослідження становлять 6582,42 грн, з урахуванням витрат на сировину, оплату праці керівника, соціальні нарахування, електроенергію, амортизацію обладнання та накладні витрати.

Найбільшу частку у структурі витрат займають оплата праці та накладні витрати, що є характерним для дослідницьких робіт, де значну роль відіграє інтелектуальна праця та організаційне забезпечення процесу. Витрати на сировину та матеріали становлять відносно незначну частку загальної вартості, що свідчить про економічну доцільність використаних рецептурних компонентів.

З урахуванням рентабельності 30% кінцева вартість дослідження визначена на рівні 8557,15 грн, що дозволяє оцінити загальну економічну ефективність виконаної роботи.

Додатково проведено розрахунок собівартості виробництва хлібів за розробленою рецептурою, що показав різницю у витратах між пшенично-квасолевим та квасолевим видами продукції.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз наукової літератури підтвердив, що хлібобулочні вироби – основна складова раціону харчування населення України. Якість готових виробів визначається сукупністю технологічних факторів: властивостями сировини, способами приготування тіста, режимами бродіння та випікання. Структурно-механічні властивості хліба формуються завдяки взаємодії білків борошна, глютенowego комплексу та систем розпушення. Порівняльна характеристика пшеничного, житнього та квасолевого борошна засвідчила суттєві відмінності їхнього хімічного складу. Квасолеве борошно характеризується найвищою біологічною цінністю серед досліджуваних видів борошна. За вмістом білка воно перевищує пшеничне на 94 % та житнє на 123 %. За вмістом харчових волокон квасолеве борошно переважає пшеничне у 6,6 рази та житнє у 1,6 рази. Мінеральний склад квасолевого борошна найбагатший на калій – 1100 мг, залізо – 5,9 мг, кальцій – 150 мг на 100 г продукту.

У ході дослідження розроблено дві рецептури хліба на квасолевій сировині: хліб із композиційної суміші пшеничного та квасолевого борошна (80:20 % відповідно) та безборошняний хліб на основі консервованої білої квасолі. Вибір консервованої квасолі як сировини замість квасолевого борошна обумовлений наявністю у сирих зернах антипоживних речовин – білкових інгібіторів α -амілази (фазеоламіну), характерних насамперед для білої квасолі. Під час термічної обробки відбувається денатурація цих білкових інгібіторів з повною втратою їхньої біологічної активності, тому для виробництва хлібобулочних виробів доцільно використовувати попередньо термічно оброблену квасолу у пюреподібному стані. Для хліба на квасолевому пюре розроблено тристадійний режим випікання: прогрівання при 190°C – 10 хв, сушіння при 170°C – 35 хв, стабілізація структури при 150°C – 10 хв. Це забезпечило рівномірне видалення вологи та формування стабільної структури виробу.

Було розроблено органолептичну характеристику оцінювання показників якості квасолевого хліба. Органолептична оцінка якості виявила: пшенично-квасолевий хліб отримав високі бали за зовнішній вигляд, текстуру та запах (по 5 балів), проте показник кольору скоринки виявився дещо нижчим (3 бали), що пояснюється посиленням меланоїдиноутворенням за участі квасолевої сировини. Інтегральна органолептична оцінка пшенично-квасолевого хліба склала 4 бали, хліб із консервованої квасолі отримав максимальні оцінки (5 балів) за всіма показниками.

Аналіз фізико-хімічних показників виявив суттєві відмінності між дослідними зразками та традиційними видами хліба. Пшенично-квасолевий хліб мав вологість 67 %, пористість 83 % та кислотність 4 град; квасолевий хліб – вологість 70 %, пористість 70 %, кислотність 4 град. Упікання для пшенично-квасолевого хліба становило 16,35 %, для квасолевого – 14,5 %, що пояснюється підвищеною водоутримувальною здатністю білків і харчових волокон квасолі. За результатами ТРА-аналізу встановлено, що спосіб внесення квасолевої сировини суттєво впливає на текстурні характеристики хліба. Хліб із пшенично-квасолевого борошна мав нижчу твердість (150,1 гс проти 236,7 гс), меншу липкість (121,58 проти 205,93) та значно вищий індекс пружності (1,35 проти 0,78) порівняно з квасолевим хлібом. Показник стійкості обох зразків залишався практично незмінним (0,62–0,64), а виправлена жувальність пшенично-квасолевого хліба (534,96) перевищувала аналогічний показник квасолевого хліба (354,48) на 50,9 %, що підтверджує формування більш збалансованої та еластичної текстури м'якушки.

Економічний аналіз показує загальна вартість проведення наукового дослідження становить 6 582,42 грн, а з урахуванням рентабельності 30 % – 8 557,15 грн. Собівартість 100 г пшенично-квасолевого хліба становить 22,99 грн, квасолевого хліба – 48,97 грн. Вища собівартість квасолевого хліба зумовлена використанням консервованої квасолі як основного інгредієнта та меншим виходом готового продукту (366,3 г проти 666,7 г).

Результати проведених досліджень підтверджують перспективність використання квасолевої сировини у технології хлібобулочних виробів. Обидві розроблені рецептури дозволяють отримати продукти підвищеної харчової та біологічної цінності з покращеними структурно-механічними властивостями. Найвищі показники якості продемонстрував хліб із консервованої білої квасолі, який отримав максимальні органолептичні оцінки, характеризувався найвищою вологістю, відповідною пористістю та збалансованим текстурним профілем. Виробництво хліба з консервованої квасолі доцільне як функціонального безглютенового бездріжджового продукту підвищеної біологічної цінності, орієнтованого на споживачів з особливими дієтичними потребами.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ukrainian Business Award. (2025). ТОП-10 виробників хлібу України 2025. Отримано з https://uba.top/bread-producers/?utm_
2. Дробот, В. І. (2002). Технологія хлібопекарського виробництва. К.: Логос, 368, 0.
3. Xu, J., Wang, W., Li, Y. Dough properties, bread quality, and associated interactions with added phenolic compounds: A review. *Journal of functional foods*. 2019. 52, P. 629-639.
4. Юдіна, Т. І., Безрученко, О. М. Технологічні властивості борошна круп'яних культур для виробництва безглютенових кексів. *Продовольчі ресурси*. 2022. 10(19), P. 176-183.
5. Бондаренко, О. В., Боярчук, О. Д. (2021). Мікробіологія.
6. Rizzello, C. G., Calasso, M., Campanella, D., De Angelis, M., Gobbetti, M. Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. *International journal of food microbiology*. 2014. 180, P 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.04.005>
7. Gallagher, E., Gormley, T. R., Arendt, E. K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*. 2004. 15(3-4), P 143-152.
8. Сильчук, Т. А., Кирпиченкова, О. М., Дочинець, І. В. ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ БОРОШНА ДЛЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ТА БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ В ЗАКЛАДАХ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Mechanization and Automation of Production Processes*. 2024. P 3 (57). <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.3.5>
9. Шюрі, П. Р., Халфорд, Н. Г., Белтон, П. С., та Тетем, А. С. Структура та властивості глютену: еластичного білка з зерна

пшениці. *Філософські транзакції Королівського товариства Лондона. Серія В, Біологічні науки*. 2002. 357(1418), P 133–142.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2001.1024>

10. Zang, P., Gao, Y., Chen, P., Lv, C., Zhao, G. Recent Advances in the Study of Wheat Protein and Other Food Components Affecting the Gluten Network and the Properties of Noodles. *Foods*. 2022. P 11(23).

11. Ali, A., Shehzad, A., Khan, M. R., Shabbir, M. A., Amjid, M. R. Yeast, its types and role in fermentation during bread making process-A. *Pakistan Journal of Food Sciences*. 2012. P 22(3), 171-179.

12. Ковтун, А. В., Жигунов, Д. О., Волощенко, О. С. СТАБІЛІЗАЦІЯ ЯКОСТІ ПШЕНИЧНОГО СОРТОВОГО БОРОШНА. In *The 2 nd International scientific and practical conference “Progressive research in the modern world” (November 2-4, 2022) BoScience Publisher, Boston, USA*. 2022. 666, P. 126.

13. Hansen, A., & Schieberle, P. (2005). Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: Applied and fundamental aspects. *Trends in Food Science and Technology*, 16(1–3). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.03.007>

14. Selman, J. D. (1983). Journal of food engineering. *The Chemical Engineering Journal*, 26(1). [https://doi.org/10.1016/0300-9467\(83\)80038-0](https://doi.org/10.1016/0300-9467(83)80038-0)

15. Du, S. K., Jiang, H., Yu, X., Jane, J. L. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. *LWT-Food Science and Technology*. 2014. 55(1), P 308-313.

16. Bojňanská, T., Musilová, J., & Vollmannová, A. Effects of adding legume flours on the rheological and breadmaking properties of dough. *Foods*. 2021. 10(5), P 1087.

17. MG V.C., ML O.D. Flour of hard bean (*Phaseolus vulgaris*) in the preparation of bread. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 1991. 41(4), P. 620-630.

18. Ndirika J. Comparative evaluation of chemical composition of fermented ground bean flour (*Kerstingella geocarpa*), cowpea flour (*Vigna*

unguiculata) and commercial wheat flour (*Triticum* spp.). *Pakistan Journal of Nutrition*. 2015. 14(4). P. 218-224.

19. Екород. Квасоля. Отримано 3

<https://www.ecorod.ua/produksiia/entry/view/41>

20. Халікова Е.Ф., Білик О.А. Бондар В.І. Вплив комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість К⁺» на тривалість зберігання хлібобулочних виробів. 2014. №3. С. 47-51.