

Факультет Інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Харчової біотехнології і хімії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Кухтин М.Д.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«15» жовтня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 181 – Харчові технології
(шифр і назва спеціальності)

студенту Пік Володимир Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Покращення технологічних показників
пшеничного хліба шляхом використання ензимів з
проектуванням цеху його виробництва

Керівник роботи Кравченко Христина Юріївна, к.т.н., старший викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «15» 10 2025 року № 4/7-891

2. Термін подання студентом завершеної роботи грудень 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Спеціальна, періодична література та нормативна
документація з питань досліджень. Методики та методи досліджень стандартні та уніфіковані

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

Науково-дослідна частина.

Техніко-економічне обґрунтування.

Проектно-технологічна частина.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (формат А1)

Апаратурно-технологічна схема виробництва з елементами ТХК і МБК.

План підприємства (виробничого цеху) (М1:100).

Розрізи (поперечний і повздовжній) виробничого цеху (М1:100)

Аркуші науково-дослідної роботи (2 шт)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Науково-дослідна частина	Кравченко Х.Ю., ст..вик. каф. ХБ		
Техніко-економічне обґрунтування	Кравченко Х.Ю., ст..вик. каф. ХБ		
Проектно- технологічна частина	Кравченко Х.Ю., ст..вик. каф. ХБ		
Охорона праці	Окіпний І.Б., к.т.н., доц..		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С., ст. викл.		
Нормоконтроль	Кухтин М.Д., зав.каф. ХБ		

7. Дата видачі завдання

10 листопада 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	17.11.2025	
2	Науково-дослідна частина	17.11-25.11.2025	
	Аналітичний огляд літературних джерел	17.11-19.11.2025	
	Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження	20.11.2025	
	Результати дослідження	21.11-25.11.2025	
3	Техніко-економічне обґрунтування	26.11-27.11.2025	
4	Проектно-технологічна частина	28.11-7.12.2025	
	Технологічні розрахунки виробництва запроєктованого асортименту	28.11-1.12.2025	
	Вибір та обґрунтування технологічних процесів і режимів виробництва	2.12-4.12.2025	
	Забезпечення технологічного процесу виробництва запроєктованого асортименту	5.12-7.12.2025	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	8.12-10.12.2025	
	Охорона праці	8.12-9.12.2025	
	Безпека в надзвичайних ситуаціях	9.12-10.12.2025	
6	Оформлення анотації, загальних висновків та списку використаних літературних джерел. Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки.	10.12.2025	
7	Оформлення графічної частини	11.12-14.12.2025	
8	Подача роботи для перевірки на плагіат	до 15.12.2025	
9	Отримання відгуку керівника та рецензії на роботу; підготовка та проходження попереднього захисту на кафедрі	15.12-21.12.2025	

Студент

Пік В. А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Кравченко Х.Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Реферат	6
	Вступ	7
I	НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	11
1.1.	Аналітичний огляд літературних джерел	11
1.1.1	Важливість пшеничного хліба у світовому раціоні	11
1.1.2	Поточна харчова цінність хліба	11
1.1.3	Глікемічний індекс	12
1.1.4	Біохімія синтезу глютену	13
1.1.5	Фізико-хімічні та реологічні властивості хлібних інгредієнтів під час вироблення	14
1.1.6	Органолептичні властивості, що визначають прийнятність хліба	15
1.1.7	Технологія замішування	16
1.1.8	Ферментація борошна у технології хліба	17
1.1.9	Процес випікання хліба	18
1.1.10	Процеси, які сприяють утворення (скоринки) кірки	19
1.1.11	Реакції Браунінгу у технології хліба	19
1.1.12	Желатинізація та ретроградація крохмалю тіста	20
1.1.13	Використання у технології альтернативних видів борошна	22
1.1.14	Харчові волокна у раціоні	24
1.1.15	Резистентний крохмаль у раціоні	25
1.2.	Матеріали і методи досліджень	28
1.2.1	Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження	28
1.2.2	Сировина та допоміжні матеріали	28
1.2.3	План дослідження	30
1.2.4	Методика приготування тіста і випікання	30
1.2.5	Методи дослідження	30
1.2.6	Статистична обробка результатів	31
1.3.	Результати досліджень та їх обговорення	28
1.3.1	Перспектива застосування екологічних покращувачів тіста у хлібопекарській галузі	32
1.3.2	Розроблення рецептури хліба пшеничного з додаванням цільнозернового пшеничного борошна та ензимів	33
1.3.3	Дослідження бродильних властивостей тіста із вмістом цільнозернового борошна й додаванням ензимного препарату	35

	Sunbake S200	
1.3.4	Дослідження готових зразків хліба із вмістом цільнозернового борошна та додаванням ензимного препарату Sunbake S200	37
1.3.5	Органолептичні властивості готових зразків хліба із вмістом цільнозернового борошна та додаванням ензимного препарату	42
II	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	49
2.1	Вибір, обґрунтування і опис технологічної схеми хліба	49
III	ПРОЄКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	50
3.1	Технологічні розрахунки виробництва запроєктованого асортименту	50
3.2.	Розрахунок та підбір технологічного обладнання і устаткування	60
3.3.	Розрахунок площ приміщень для забезпечення виробництва	66
3.4.	Опис технологічного процесу виробництва хліба	67
3.5.	Технохімічний контроль виробництва	68
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	72
4.1	Охорона праці	72
4.1.1	Аналіз травматизму на підприємствах харчової галузі	72
4.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях	74
4.2.1	Захист продуктів харчування від радіоактивного, хімічного і бактеріологічного (біологічного) забруднення	74
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	76
	Список літератури	77
	Додатки	86

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 87 с., 3 рис., 13 табл., 78 джерел.

БОРОШНО ПШЕНИЧНЕ, ЦІЛЬНОЗЕРНОВЕ, ЕНЗИМНИЙ ПРЕПАРАТ, ТЕХНОЛОГІЯ ХЛІБА, ЯКІСТЬ ХЛІБА.

Об'єкт дослідження – пшеничний хліб, виготовлений із частковою заміною пшеничного борошна вищого ґатунку на пшеничне цільозернове борошно, а також із додаванням ензимного препарату Sunbake S200.

Мета роботи – визначити вплив часткової заміни пшеничного борошна вищого ґатунку на цільозернове та використання ензимного препарату Sunbake S200 на технологічні властивості тіста і якість готового пшеничного хліба для підвищення його харчової цінності, покращення органолептичних показників і продовження терміну зберігання виробів.

Методи досліджень: аналітичні, фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні, статистичні.

Встановлено, що збільшення частки цільозернового борошна спричиняє зростання кислотності тіста, тоді як застосування препарату Sunbake S200 активізує ферментативні процеси, інтенсифікуючи бродіння та сприяючи формуванню стабільної клейковинної структури. Додавання Sunbake S200 у технологію підвищує питомий об'єм хліба на 5 – 7 %, покращує пористість м'якушки та зменшує крихкуватість під час зберігання. Це свідчить про позитивний вплив ферменту на свіжість і структурно-механічні властивості хліба. Органолептична оцінка виявила, що ферментний препарат забезпечує кращу форму, рівномірну пористість, приємний аромат і смак, особливо у зразках із 10 – 30 % цільозернового борошна. Такі вироби мають високі споживні характеристики та привабливий зовнішній вигляд.

Отже, використання ензимного препарату Sunbake S200 у поєднанні з частковою заміною пшеничного борошна вищого ґатунку на цільозернове є ефективним технологічним рішенням для підвищення якості, подовження терміну свіжості та збагачення харчової цінності пшеничного хліба.

Вступ

Хліб – це продукт харчування, який існує вже багато століть і вважається важливим продуктом харчування в усьому світі. Крім того, те, що вважається «хлібом», та інгредієнти, що використовуються, змінюються залежно від регіону [1]. Хліб є важливим у раціоні людини та гарним джерелом вуглеводів, харчових волокон, білка, мінералів та вітамінів [2]. Випікання хліба з часом змінювалося, і існують відмінності в рецептурах залежно від кінцевого продукту. Хліб має чотири необхідні інгредієнти: борошно, дріжджі, воду та сіль. Хлібопереробна промисловість зазвичай шукає способи покращення своїх рецептур [1, 3]. На початку двадцятого століття хлібобулочна промисловість продовжувала розвиватися, і ринок змінився завдяки більш стандартизованому процесу. Для підтримки консистенції та покращення якості додавали такі продукти та процеси, як вибілене біле борошно, збагачення борошна та різні хімічні речовини [4]. Рецептури хліба також містять додаткові інгредієнти, такі як цукор (підсолоджувачі загалом), сухі речовини молока, жири, тощо [5]. Ці інгредієнти впливають на якість та смак хліба, але інші інгредієнти можуть покращити якість, покращити обробку тіста та продовжити термін зберігання [6]. Інші інгредієнти, такі як окислювачі, відновники, буфери, ферменти, глютеніві білки та покращувачі тіста, можуть покращити реологію тіста та подовжити термін зберігання виробів [7, 8].

У хлібопеченні життєво важливо встановити якість борошна та кінцеву мету, враховуючи його якість або промислові вимоги, щоб вибрати правильні інгредієнти. На якість хліба, виготовленого з пшеничного борошна, безпосередньо впливають глютеніві білки. Пшеничне борошно в основному складається з білків, вуглеводів та ліпідів [1, 6]. Глютеніві білки взаємодіють з іншими компонентами пшеничного борошна. При змішуванні з потрібною кількістю води розвивається глютеніва матриця, яка дозволяє тісту утримувати газ під час бродіння [9]. Глютеніві білки відіграють вирішальну

роль у випіканні, впливаючи на водопоглинальну здатність, когезивність, в'язкість та еластичність тіста [6]. Тим не менш, коли якість борошна змінюється або знижується, покращувачі тіста допомагають стандартизувати кінцевий продукт та зберегти якість [1].

Мета і завдання досліджень.

Метою роботи – визначити вплив часткової заміни пшеничного борошна вищого ґатунку на цільозернове та використання ензимного препарату Sunbake S200 на технологічні властивості тіста і якість готового пшеничного хліба для підвищення його харчової цінності, покращення органолептичних показників і продовження терміну зберігання виробів.

Для виконання мети було поставлені наступні завдання:

1. Здійснити аналіз літератури щодо застосування ензимних препаратів для покращення технологічних показників хліба із цільозернового борошна та якості готових виробів.
2. Розробити рецептури пшеничного хліба із різним вмістом цільозернового борошна та ензимного препарату Sunbake S200.
3. Дослідити технологічні властивості тіста: оцінка кислотності, газоутримувальної здатності та інтенсивності бродіння.
4. Визначення якості готових виробів – фізико-хімічних, структурно-механічних та органолептичних показників.
5. Здійснити проєктування цеху виробництва даних виробів.

Об'єкт дослідження – пшеничний хліб, виготовлений із частковою заміною пшеничного борошна вищого ґатунку на пшеничне цільозернове борошно, а також із додаванням ензимного препарату Sunbake S200.

Предмет дослідження: Вплив ензимного препарату Sunbake S200 на показники тіста і готового хліба із частковим заміненням на цільозернове борошно.

Методи досліджень: аналітичні, фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні, статистичні.

Наукова новизна одержаних результатів. Встановлено закономірності зміни фізико-хімічних показників тіста залежно від частки цільнозернового борошна та дії ензимного комплексу. Доведено, що оптимальне співвідношення борошна (до 30 % цільнозернового) у поєднанні з Sunbake S200 забезпечує покращення структурно-механічних властивостей тіста, збереження об'єму виробів та покращення пористості м'якушки. Уточнено технологічні умови приготування тіста з підвищеним вмістом дієтичних волокон, що сприяють формуванню стабільної структури та покращенню органолептичних властивостей хліба. Показано, що поєднання цільнозернового борошна з ензимним препаратом дозволяє отримати продукт із нижчим глікемічним індексом та підвищеною біологічною цінністю.

Практичне значення отриманих результатів. Встановлено оптимальні параметри заміни пшеничного борошна вищого ґатунку на цільнозернове (до 30 %) без погіршення споживчих властивостей готового виробу. Розроблена рецептура може бути впроваджена на хлібопекарських підприємствах різних форм власності для розширення асортименту та задоволення попиту на здорові продукти харчування.

Особистий внесок здобувача. Магістрант самостійно проводив огляд наявної літератури з використання ензимів у технології хліба, сформував мету роботи її завдання, план експериментів, підібрав доступні методики, опрацював їх, зробив проєктні розрахунки та креслення, оформив кваліфікаційну роботу.

Апробація результатів. Участь VIII Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 30-річчю заснування кафедри харчової біотехнології і хімії ТНТУ імені Івана Пулюя «Стан і перспективи харчової науки та промисловості» / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 25-26 вересня 2025 р.). (Додаток А).

Публікації. За матеріалами кваліфікаційної роботи було опубліковано одні тези конференції (Додаток А). Пік В. А. (2025). Покращення технологічних показників пшеничного хліба шляхом застосування ензимів. Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 30-річчю заснування кафедри харчової біотехнології і хімії ТНТУ імені Івана Пулюя «Стан і перспективи харчової науки та промисловості». Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, С. 37.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, розділів дослідної та розрахунково-графічної частини, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, висновків та пропозицій виробництву, переліку літератури та додатків. Магістерська робота має 87 сторінок та містить 13 таблиць, 3 рисунки. Перелік літератури складається з 68 джерел.

РОЗДІЛ І

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

1.1. Аналітичний огляд літературних джерел

1.1.1. Важливість пшеничного хліба у світовому раціоні

Пшениця (*Triticum aestivum*) є дуже важливим зерном в Україні та у Європі. Однією з головних причин є те, що вона є основним виробником із загальним обсягом 123 мільйони тонн, далі йде Китай з 96 мільйонами тонн і на третьому місці Індія з 72 мільйонами на рік [10].

Пшеницю переробляють на борошно для виробництва печива, тістечок, макаронних виробів та хліба [6]. Хліб є основним продуктом харчування у світі, споживання якого становить понад дев'ять мільярдів кілограмів на рік [9]. У розвинених країнах середнє споживання становить 70 кг на душу населення на рік [11]. Однією з причин високого споживання пшениці у світі є високе виробництво, що робить її доступною крупою [11].

Існує широкий вибір хлібобулочних виробів. Наприклад, Мексика є однією з країн з найбільшою кількістю видів хліба у світі, включаючи близько 2000 видів солодкого та 300 видів солоного хліба. Популярність мексиканського хліба зумовлена головним чином його низькою вартістю [12].

Незважаючи на зростаючий інтерес до цільнозернового хліба через його високий вміст клітковини, що корисно для здоров'я, білий хліб продовжує користуватися широким визнанням у всьому світі завдяки його сенсорним властивостям та доступній вартості [12].

1.1.2. Поточна харчова цінність хліба

Цільнозерновий хліб багатий на полісахариди [10], білки, фітохімічні речовини, вітаміни та мінерали – сполуки, які можуть позитивно впливати на здоров'я [11]. Однак споживачі можуть відмовитися від такого хліба через

його смак. Іншим негативним аспектом є те, що цільозерновий хліб містить низьку кількість незамінних амінокислот, таких як лізин та треонін [13]. Тому дослідницька та хлібопекарська промисловість займається оптимізацією технологічних процедур у хлібопеченні для покращення його органолептичних характеристик, харчової якості та терміну придатності [13].

Коли пшеницю мелють для отримання борошна, волокнисті шари зерен відкидаються, що призводить до втрати макро- та мікроелементів [14]. Цільна пшениця утворена висівками, зародком та ендоспермом [10]. Без висівків та зародка втрачається приблизно 45% білка зерна, а також 80% клітковини, 50–85% вітамінів, 20–80% мінералів та до 99,8% фітохімічних речовин [15], що призводить до випікання хліба з дефіцитом білків, низькорезистентного крохмалю та дієтичних волокон, а також високою концентрацією вуглеводів та глікемічним індексом [15]. Отже, додавання волокон, вітамінів та мінералів до рафінованих зернових продуктів шляхом процедур збагачення та фортificaції стало необхідним, компенсуючи втрати, пов'язані з рафінуванням.

Сьогодні збагачення хліба необхідне, оскільки дані свідчать про те, що споживання видалених відходів помелу, особливо клітковини, допомагає запобігти певним серцево-судинним захворюванням, раку та ожирінню [16, 17]. Таким чином, дослідження в галузі харчових технологій зосереджені на покращенні харчової якості пшеничного борошна шляхом додавання багатих на білок джерел, таких як бобове [6, 10] або борошно з комах [10].

1.1.3. Глікемічний індекс

Злаки є важливим джерелом вуглеводів у раціоні людини, забезпечуючи понад 50% добової норми калорій у всьому світі [18]. Швидка глікемічна реакція організму на певний продукт харчування залежить від таких факторів, як розмір частинок, спосіб приготування, структура крохмалю та кількість власних біомолекул (харчові волокна, білки та жири). Ці біомолекули впливають на рівень глюкози в крові після прийому їжі, що

призводить до ідентифікації продуктів, які суттєво впливають на рівень глюкози в крові, і, таким чином, до визначення їх глікемічного індексу (ГІ) [18]. Дженкінс та ін. описали ГІ як метод класифікації продуктів з цукрами, які підвищують рівень глюкози в крові, що призводить до гіперглікемії [19]. Продукти оцінюються за показниками підвищення глікемії; ті, що перевищують 70, вважаються високим ГІ, ті, що коливаються від 56 до 69 - середнім ГІ, а ті, що нижче 55 - низьким ГІ. Ці значення були оцінені з використанням білого хліба як стандартного продукту харчування або глюкози з ГІ 100 [19]. Після вживання продуктів з високим ГІ пік глюкози в крові очікується протягом перших двох годин [18].

Пшеничний хліб має підвищений вміст швидкозасвоюваних полісахаридів, що перетворює його на продукт з високим глікемічним індексом [18]. Висока постпрандіальна глікемія може бути причиною різних хронічних захворювань, особливо діабету 2 типу, який поширений у всьому світі [20]. Тому необхідно збагачувати хліб інгредієнтами, щоб знизити глікемічний індекс та покращити здоров'я [20, 21].

В результаті, безглютенові продукти є більш помітними на ринку через зростання захворювань, пов'язаних зі вживанням глютену, та перехід до здоровішого способу життя [10].

1.1.4. Біохімія синтезу глютену

Глютен – це білок, який присутній лише в пшениці, житі та інших хлібобулочних виробах. Цей білок є основою сироваткового тіста [22]. Загальний відсоток білка в пшеничному борошні коливається від 7 до 15%, з яких близько 80-90% становить глютен [22]. У Кодексі норм пшеничний глютен після гідратації описується як високов'язкий білок [23].

Глютен – це білковий комплекс, що складається з проліну (10%), гліцину (20%) та глютаміну (35%, який є найпоширенішою амінокислотою) [22]. Реологічні властивості пшениці можна пояснити головним чином білками ендосперму, які утворюють глютен [10]. Глютен – це

спирторозчинна фракція загальних білків зерна, і його назву отримала від типу злаків, наприклад, якщо він походить з пшениці, ці білки відомі як гліadini; у ячмені вони називаються гордеїнами, тоді як у вівсі – авенінами [24].

Глютенові білки часто класифікують за їх розчинністю. Водоспирторозчинні білки – це гліadini; нерозчинні – глютеніни [22, 25]. Гліadini та глютеніни добре відомі своїми властивостями; гліadini забезпечують в'язкість тіста, тоді як глютеніни забезпечують стабільність та еластичність [22, 25]. Гліadini складають від 30 до 40% білків борошна [25].

1.1.5. Фізико-хімічні та реологічні властивості хлібних інгредієнтів під час вироблення

У світі існує безліч варіантів хліба, а основні інгредієнти включають зернове борошно, воду, дріжджі, інший розпушувач та сіль [9]. Пшеничне (*Triticum aestivum*) борошно є одним з найбільш широко використовуваних видів борошна в хлібопекарській промисловості [1] завдяки високій хлібопекарській ефективності порівняно з іншими зерновими [5, 6] та високому рівню мікроелементів [1, 2].

Пшеничне борошно є основною сировиною в хлібопекарських виробках [26] завдяки вищезгаданим складним білкам, утвореним глютенінами та гліадидами, які утворюють глютен при змішуванні з водою [6]. Утворення глютену забезпечує необхідні реологічні властивості, створюючи тісто, готове для виробництва хліба після додавання дріжджів [10]. В'язкість тіста зумовлена гліадиновими сполуками, тоді як еластичність тіста – зв'язками глютенінів [27]. Через ці особливості, вміст цих білків у рецептурі хліба має вирішальне значення для сприйняття споживачами [1].

Цільнозернове борошно дає тісто та хліб з іншими характеристиками, ніж ті, що використовуються з рафінованого борошна, включаючи менший об'єм хліба, більшу міцність м'якушки, густішу текстуру, а також темніший і

виразний смак і запах, що призводить до хліба з характеристиками, які споживачі навряд чи сприймають [10].

З іншого боку, жири є ще одним важливим інгредієнтом у хлібопеченні. Олії та жири часто додають до тіста для покращення обробки та зберігання, складаючи до 5% тістової суміші [29].

Вода також необхідна для змішування сировини з утворенням однорідного, пружного та еластичного тіста. Кількість води залежить від обраного виду борошна. Слід враховувати температуру води, оскільки дріжджі активні лише в діапазоні температур 5–50 °С, однак найсприятливіша температура для бродіння становить від 27 до 38 °С [28].

Saccharomyces cerevisiae є переважними дріжджами для харчових продуктів, напоїв та хлібопечення [10, 30]. У хлібопекарській промисловості дріжджі є основним розпушувачем, який збільшує об'єм, виробляючи вуглекислий газ через спиртове бродіння цукрів та скорочуючи час, необхідний для отримання бажаного об'єму хліба [30]. Окрім покращення реологічних властивостей тіста, дріжджі виробляють сполуки, що ініціюють смак [28, 30].

Ще одним ключовим фактором у хлібобулочних та дріжджових виробках є хлорид натрію або сіль, який надає випічці приємного та очікуваного смаку, а також покращує консистенцію тіста, зміцнюючи клейковину та контролюючи бродіння [31]. Зв'язок сіль-глютен має вирішальне значення для отримання якісної м'якушки [10].

1.1.6. Органолептичні властивості, що визначають прийнятність хліба

Свіжість є першим визначальним фактором прийняття хліба, що охоплює належний смак, запах і текстуру [6]. Сприйняття смаку пов'язане з ароматом під час травлення [7].

Смак – це головна характеристика прийняття хліба. Під час процесів бродіння та випікання за смак відповідають леткі та нелеткі сполуки, такі як спирти, ефіри та гетероциклічні сполуки [32].

Як і смак, аромат є важливим елементом, що визначає кінцеву якість хліба та його сприйняття споживачами. Запах був ретельно досліджений для виявлення летких сполук, і було виявлено близько 540 летких сполук, головним чином спирти, альдегіди, ефіри, кетони, кислоти, піразини та піроли [26]. У панірувальних сухарях аромат розвивається переважно внаслідок бродильної активності дріжджів та окислення жирів борошна. У скоринці хліба ароматичні сполуки утворюються внаслідок реакції Майяра в процесі випікання. Кількість утворених летких сполук залежатиме від параметрів температури бродіння, часу бродіння та кількості дріжджів [33].

Текстура є важливою сенсорною ознакою у хлібопеченні. Вона була визначена як «група фізичних характеристик, що виявляються на дотик, пов'язаних з деформацією, розпадом та плинністю їжі після прикладання сили, і вимірюється об'єктивно за допомогою функцій сили, часу та відстані» [10].

Механічні властивості м'якушки визначають сприйняття споживачем якості хліба. Хрустка текстура пов'язана з низьким рівнем вологості та активністю води. Коли клейковина та крохмальні матриці затвердівають у склоподібному стані, вони роблять хліб більш схильним до розтріскування [34].

1.1.7. Технологія замішування

Виготовлення хліба складається з трьох етапів: замішування, бродіння та випікання [25]. Замішування тіста є важливим етапом процесу. Замішування тіста визначає параметри еластичності та в'язкості [25, 34].

Тісто утворюється в результаті змішування води та пшеничного борошна. Реологічні властивості тіста визначаються прикладеною механічною силою [25]. Свіже тісто має дрібні бульбашки повітря, які

розширюються, коли дріжджі виділяють CO₂ під час бродіння, збільшуючи розмір і жорсткість бульбашок і роблячи їх м'якшими. Температура тіста є важливим фактором, оскільки вона визначає швидкість росту дріжджів *S. cerevisiae*. Оптимальна температура становить від 34 °C до 38 °C, з рН від 4,0 до 5,2 [35].

1.1.8. Ферментація борошна у технології хліба

Ферментація походить від латинського *fermentum*, що означає «природний процес розкладання», під час якого відбуваються хімічні зміни під дією певних мікроорганізмів рослинного або тваринного походження. Традиційно цей процес використовується для збереження та трансформації смаків, текстур і запахів їжі [36].

Різні методи та фактори ферментації впливають на сенсорні характеристики та кінцеву якість продуктів. Переважними розпушувачами або речовинами, які можуть включати повітря у випічку, є активні сухі дріжджі, дистиляторні дріжджі, закваски та хімічні агенти ферментації [37].

S. cerevisiae, мікроскопічний організм, який можна знайти в різних формах (свіжий, швидкокорозчинний, активний та рідкий) [37], трансформує ферментовані вуглеводи, присутні в тісті, виробляючи CO₂ та етанол, два продукти, відповідальні за ферментацію та збільшення об'єму тіста [34], з метою покращення реологічних властивостей та смаку хліба, що формується.

Цукри відіграють важливу роль у виникненні бродіння тіста. Тісто формується із сировини та дріжджів. Ці біомолекули можуть бути присутніми в борошні або додаватися до рецептури ззовні. У солодкому хлібі сахароза може містити до 30%, що призводить до високого осмотичного тиску, який може бути шкідливим для бродіння дріжджів [34].

Дріжджові продукти, такі як оцтова кислота, молочна кислота, бурштинова кислота, H₂O₂ та етанол, мають тенденцію накопичуватися та спричиняти зниження рН тіста, що призводить до змін у фізичних

властивостях тіста, таких як зниження розтяжності у випадку оцтової та бурштинової кислот [37].

1.1.9. Процес випікання хліба

Випікання – це останній етап хлібопечення, на якому сире тісто модифікується шляхом термічної обробки, що призводить до отримання приємного на смак продукту для споживачів [38]. Випікання – це традиційний етап, на якому вода, крохмаль, білки та тепло є змінними, що визначають якість хлібобулочних виробів [38]. Зазвичай для підвищення температури до 260 °C для випікання використовуються печі або нагрівальні машини [10].

У цьому процесі можна вимірювати та контролювати зовнішні змінні, щоб гарантувати найкращу якість хліба, причому найважливішими є температура та вологість. Ці змінні коливаються протягом дня та змінюються залежно від пори року, впливаючи на процес випікання [38].

Під час випікання відбувається низка фізико-хімічних та біохімічних модифікацій; крохмаль зазнає складного перетворення, відомого як желатинізація [40]. Желатинізація крохмалю під час приготування їжі впливає на схильність крохмалю до ферментативного розкладу [40].

По-перше, амілази оборотно розгортаються в неактивний стан. Після тривалого впливу тепла білки незворотно денатуруються. Швидкість інактивації корелює з вмістом води та швидкістю нагрівання хліба [41].

Високі температури та низький рівень вологи у продуктах на основі злаків сприяють хімічним реакціям між інгредієнтами хлібобулочних виробів, включаючи реакцію Майяра та карамелізацію [41]. Ці реакції викликають бажані та небажані зміни в кінцевому продукті. Бажані зміни включають ті, що покращують сенсорні характеристики, покращують смак, колір та запах кінцевого продукту, що добре сприймається споживачами [41].

1.1.10. Процеси, які сприяють утворення (скоринки) кірки

Скоринка – це зовнішній шар хліба. Ця частина є найтвердішою, найсухішою та найтемнішою через температуру та час випікання [42]. Скоринка визначає якість та термін придатності продуктів і утворюється після випаровування під час випікання [42].

Скоринка та м'якуш походять з одного й того ж тіста, але сенсорні характеристики відрізняються відсотком вологості в кожній частині [1, 10]. Коли тісто поміщають у духовку, вода швидко випаровується у зовнішньому шарі. Отже, скоринка має меншу частку води, ніж м'якуш. Колір та смак скоринки зумовлені реакцією Майяра [42] після швидкого зневоднення та впливу високої температури [42].

1.1.11. Реакції Браунінгу у технології хліба

За температури вище 50 °C рН коливається від чотирьох до семи, а за середньої вологості розвивається реакція Майяра [43]. Ця реакція відбувається в присутності амінокислот та відновлювальних цукрів в умовах випікання [42]. Вона відіграє значну роль у розвитку сполук, що відповідають за аромат і колір продукту [43], а також в утворенні шкідливих сполук, наприклад, акриламід, який є потенційним канцерогеном для людини [42].

Білок реагує з цукром під час реакцій потемніння, утворюючи глікозиламін. Ця хімічна сполука втрачає молекулу води, утворюючи основу Шиффа, яка піддається реакції транспозиції Амадорі. Сполуки Амадорі розкладаються на реорганізований цукор та залишок амінокислоти [43]. В кінці реакції Майяра реагенти та частина цукрів конденсуються, утворюючи коричневі азотисті сполуки [43] з високими молекулярними масами [44]. Ці молекули відповідають за коричневий колір випечених виробів [42]. Різні молекули, що утворюються в результаті розкладання Штрекера як заключної стадії реакції Майяра, являють собою групу летких гетероциклічних сполук, таких як: піразини, піроли, піридини та інші, і вони сприяють смаку та

аромату багатьох продуктів [45]. Піразини та піроли безпосередньо сприяють аромату хліба. Піразини відповідають за горіховий смак та аромат смаженого хліба [46].

Реакція Майяра не тільки покращує сенсорну якість хліба, але й, як було показано, має антиоксидантні та антимікробні властивості [42]. Меланоїдини – це високомолекулярні молекули, що містять азот. Ця молекула утворюється на завершальній фазі реакції Майяра. Меланоїдини не тільки покращують смак, аромат, колір і текстуру хліба, деякі дослідження показують, що меланоїдини мають антиоксидантні та антимікробні властивості [47], а також проявляють пребіотичну та антигіпертензивну активність [10].

Ще однією реакцією під час випікання є карамелізація, яка включає хімічні зміни, що поєднують складні молекули, що визначають колір (меланоїдин) та запахи [42]. Карамелізація відбувається після розкладання цукру при 120 °C [42].

1.1.12. Желатинізація та ретроградація крохмалю тіста

Крохмаль зазнає структурних модифікацій, пов'язаних з желатинізацією та ретроградацією [48]. Крохмаль є високоорганізованою структурою з високою стабільністю завдяки взаємодії складових водонерозчинних полісахаридів. Однак, коли зерно піддається впливу тепла, рідини абсорбуються в аморфній міжміцелярній зоні амілопектину (менш організовані області, оскільки водневі зв'язки не такі стабільні та численні), що призводить до збільшення об'єму, яке можна спостерігати за допомогою мікроскопа. Залежно від типу крохмалю або коли реакція досягає 65 °C, гранула досягає свого максимального об'єму та втрачає орієнтацію (рентгенівська дифракційна картина зникає), що призводить до желатинізації [48].

Під час випікання хліба частина крохмалю може желатинізуватися, але повністю желатинізується лише за високого відсотка води (до 65%) та

температури близько 70 °С. Якщо в суміш для тіста не входить достатньо води, реорганізація молекул крохмалю може відбуватися лише за вищих температур (до 100 °С) [12].

Ущільнення хліба або продуктів, що містять крохмаль, запускає реорганізацію цього полісахариду, що позначається як ретроградація [12].

Ретроградація крохмалю – це процес переупорядкування молекул, який визначає твердість або затвердіння хліба [50]. Ця подія відбувається після гідратації крохмалю теплою водою та охолодження, тому амілоза та амілопектин реінкорпуються в молекулу по-іншому [50].

Використання емульгаторів може бути використане у випіканні хліба як добавок для сприяння зміцненню тіста та пом'якшенню м'якушки шляхом взаємодії з крохмалем. Деякі емульгатори, що використовуються в хлібній суміші, – це естер діацетилвинної кислоти та моногліцеридів, стеароїллактат натрію, полісорбати та моно- та дигліцериди [51].

Ще один спосіб запобігти омолодженню хліба – це використання ферментів, їх використовують у безглютеновому тісті для покращення якості хліба [6]. Наприклад, α -амілази використовували для покращення процесу ферментації, збільшення об'єму хліба та зменшення його черствіння [1, 10].

Наразі споживачі шукають продукти, які задовольняють їхні щоденні потреби. З цієї причини кілька досліджень були спрямовані на підвищення харчової цінності хліба [52]. Додавання злаків та насіння з високою білковою та мінеральною цінністю або модифікація методів для покращення ферментації чи проростання злаків допомагає травленню та підвищує біодоступність мінералів [53]. Використання рослинних джерел для підвищення білкової цінності хліба зумовлене його низькою вартістю порівняно з білками тваринного походження [53]. Вважається, що включення борошна з квасолі, нуту, сої та амаранту до рецептури пшеничного хліба значно збільшило вміст білка, мінералів та клітковини порівняно з контрольним хлібом. Крім того, рецептури з найвищим відсотком білка були з борошна з квасолі та нуту, зі збільшенням на 6,8 та 6,4% відповідно [10].

1.1.13 Використання у технології альтернативних видів борошна

Традиційному хлібу бракує незамінних амінокислот, таких як треонін, триптофан та лізин [53]. Крім того, виготовлення хліба з рафінованого пшеничного борошна або без пшеничних висівок зменшує кількість клітковини та мінералів, а отже, також знижує його харчову цінність [1, 10]. Багато досліджень пропонували збільшити білкову цінність хліба шляхом додавання ізолятів білка з різних джерел, щоб вони становили до 80% вмісту білка [51].

Ще однією спробою покращити харчову цінність хліба є часткова заміна пшеничного борошна борошном з інших зернових або злакових культур, що містить необхідні амінокислоти, що зменшує білкову недостатність [54].

Бобові відіграють важливу роль у раціоні харчування в усьому світі, враховуючи вміст білка, який коливається від 7 до 40%, тоді як вміст білка в злаках становить від 7 до 13% [54]. Соя є однією з бобових, яку найчастіше обирають для випічки через високу кількість білків, жирів та інших компонентів, що допомагають зменшити ризик ішемічних захворювань та різних видів раку [54]. Вміст білка в соєвому борошні становить від 35 до 45%, що необхідно для добре функціонуючого організму людини [10]. Дослідження показали, що додавання соєвого борошна підвищує харчову цінність та якість хліба [55].

Ще одним борошном, яке використовується у випічці, є борошно з нуту (*Cicer arietinum*), бобова культура, яка посідає 5-е місце у світі за своєю високою харчовою цінністю та низькою вартістю. Борошно з нуту багате на білки та вуглеводи, 22% та 50% відповідно, та містить олігоелементи, такі як кальцій, калій, залізо та магній [56], усі необхідні мінерали для метаболізму в живих організмах [55]. Борошно з нуту складається з амінокислот, яких бракує пшеничному борошну, таких як лейцин, тому воно є ідеальною альтернативою для доповнення білкової цінності пшеничного борошна [55, 56].

Аналогічно, сочевицю додають до хлібобулочних виробів головним чином тому, що вона має незначний смак та високий вміст білка, включаючи незамінні амінокислоти, такі як лізин, лейцин, аргінін, глутамінова та аспарагінова кислоти, з ще вищим відсотком їх вмісту (від 30 до 33%) під час пророщування [57]. Крім того, сочевиця має великі переваги, оскільки є джерелом β -гліканів, які допомагають знизити ГІ та підтримувати масу тіла [13].

Зрештою, дослідження повідомляли про корисність використання різновидів квасолі у випічці через наявність незамінних амінокислот та джерел мінералів, таких як залізо, яке є важливим компонентом гемоглобіну для транспортування кисню в крові [58].

1.1.14. Харчові волокна у раціоні

Харчові волокна визнані важливим рослинним компонентом у раціоні людини [38]. Цей вуглеводний полімер часто присутній у клітинних стінках рослин, відрізняючись від простих цукрів, таких як моно- та дисахариди. Харчові волокна представлені геміцелюлозою, целюлозою, резистентним крохмалем, інуліном, пектином та камеддю [38].

Злаки є важливим джерелом харчових волокон. Отже, випічка, така як хліб з цільнозернового або нерафінованого борошна, має високий вміст харчових волокон. Тим не менш, споживачі менш сприймають ці продукти через їхні змінені сенсорні характеристики, головним чином смак, а також через те, що хліб менш об'ємний [59]. У пшениці харчові волокни містяться переважно у зовнішньому шарі або перикарпії, тобто висівках, що становить понад 15% від загальної ваги зерна [89]. Існує два типи харчових волокон: розчинні та нерозчинні [10]. Останні містять значну кількість целюлози (близько 32%), геміцелюлози (близько 30%) та лігніну (близько 16%) [59].

Харчові волокна необхідно включати до складу хлібного тіста для збільшення терміну придатності. Це пов'язано зі здатністю клітковини утримувати воду, уповільнюючи розпад жиру [38]. За даними ВООЗ, людина

повинна споживати щонайменше 25 г на день через її корисний вплив на здоров'я. Клітковина також має пребіотичний ефект, стимулюючи та підтримуючи ріст мікробіоти [60]. Споживання клітковини є дефіцитним у багатьох країнах. Тому в кількох дослідженнях пшеничні висівки додавали як джерело харчових волокон до різних харчових продуктів, включаючи хлібобулочні вироби [59].

Навроцький та його колеги оцінили вплив хімічних та реологічних властивостей хліба з додаванням пшеничних висівків як джерела нерозчинних харчових волокон, отримавши сприятливі результати щодо кількості клітковини, білків та мінералів, але несприятливі результати через зменшення об'єму, що впливає на текстуру [61]. Аналогічно, Лю та його колеги проаналізували реологію тіста з пшеничного борошна, додаючи пшеничні висівки в різних відсотках (0, 3, 6, 9 та 12), довівши зниження в'язкості та збільшення водопоглинання зі збільшенням відсотка пшеничних висівків [62].

Вівсянка – це ще одна крупа, яка використовується для збільшення кількості харчових волокон у хлібі. Ця крупа, багата на білки лізин, треонін, тирозин і триптофан, також містить β -глюкани, розчинні харчові волокна. Чаухан та ін. (2018) оцінили додавання вівсяного борошна в різних відсотках (0, 10, 15, 20 та 25) при приготуванні пшеничного хліба. У дослідженні порівнювали органолептичні та реологічні характеристики різних рецептур хліба, а також їх харчовий склад. Це додавання призведе до кращого сенсорного сприйняття пшеничного хліба, що містить 20% вівсянки, одночасно зменшуючи кількість вуглеводів та покращуючи якість білків, клітковини, жирів та золи. Однак збільшення відсотка вівсянки вплинуло на об'єм хліба [63].

У дослідженнях було включено бобове борошно до хлібобулочних виробів для збільшення вмісту харчових волокон [13]. Нутове борошно, важливе джерело харчових волокон, було включено на трьох рівнях (7,5%, 15% та 30%) до пшеничного борошна для сендвічів. Споживачі сприйняли

всі рецептури, оскільки вони не виявляли негативних сенсорних змін. Рецепт з найвищим відсотком доданого нутового борошна мала кращу харчову цінність, особливо щодо харчових волокон [64].

1.1.15. Резистентний крохмаль у раціоні

Крохмаль відіграє важливу роль у харчуванні людини, оскільки він забезпечує 25% необхідних калорій. Каталітичні білки розривають зв'язки крохмалю, утворюючи глюкозу. Однак деякі крохмалі не можуть розгортатися; таким чином, ферменти не можуть розщепити їх на менші одиниці глюкози, і вони досягають товстої кишки, де мікробіота ферментує їх, утворюючи короткі ланцюги жирних кислот з пребіотичними ефектами. Ця фракція крохмалю, стійка до процесу травлення, називається резистентним крохмалем (РК) [65].

Згідно з Романом та Мартінесом (2019), РК – це фракція крохмалю, яка протистоїть процесу травлення. РК залишається, оскільки ферменти не можуть розщепити її на менші одиниці глюкози; таким чином, вона досягає товстої кишки неушкодженою, повністю ферментованою [65].

З точки зору їхнього походження, крохмаль можна розділити на п'ять типів: тип 1 (РК 1), фізично недоступний крохмаль, що міститься в рослинних структурах, таких як зерна та частково змелене насіння; тип 2 (РК 2), нативні крохмальні гранули, присутні в сирій картоплі та бананах; тип 3 (РК 3), ретроградний крохмаль, що міститься в картоплі та хлібі; тип 4 (РК 4), хімічно модифікує крохмаль неприродного походження та отримується для естерифікації або кросовера, та тип 5 (РК), амілозо-ліпідні комплекси [66].

Резистентний крохмаль довів свою користь для здоров'я, пов'язану з декстрозою. Тому існує великий інтерес до використання резистентного крохмалю для хлібобулочних виробів як функціонального інгредієнта, за умови, що він мінімально змінює органолептичний профіль, оскільки не має смаку та є білого кольору [65].

Деякі переваги РК, що спостерігаються в шлунково-кишковому тракті, включають збільшення об'єму калу, що сприяє належній швидкості випорожнення, запобіганню запорам та покращенню функціонування кишкової мікробіоти, що призводить до кращої активності імунної системи. РК можна обрати як низькокалорійний альтернативний компонент дієти для збільшення вмісту клітковини та, таким чином, зменшення споживання їжі, спричиненого тривалим відчуттям ситості [67].

Було опубліковано кілька досліджень хліба з додаванням РК. Barros та ін. (2018) використовували кукурудзяне борошно (яке містить 60% РК), що додавалося у кількості 10, 15 та 20% до пшеничного хліба, і продемонстрували, що рецептура з 15% не мала негативного впливу на якість хліба, демонструючи реологічні характеристики, подібні до контрольного хліба [68]. В іншому дослідженні, де резистентний кукурудзяний крохмаль II типу з різним відсотковим вмістом (10, 20, 30) був інтегрований у хліб, оцінювали втрату вологи м'якушки, питомий об'єм та пористість під час зберігання. Хліб з відсотковим вмістом 10 та 20 мав хорошу об'ємну якість, пористість та повільнішу втрату вологи; навпаки, хліб з 30% РК демонстрував високу втрату води та твердий м'якуш, що призводило до низької якості хліба [69].

Висновки з аналізу літератури

Через високе споживання хлібобулочних виробів важливо підвищувати обізнаність споживачів щодо користі нерафінованого борошна, багатого на клітковину. Потрібно заохочувати вибір здоровіших продуктів, що допомагають запобігати захворюванням.

Однак використання альтернативної сировини може змінювати колір, смак чи текстуру, що знижує прийнятність таких виробів. Тому харчова промисловість має адаптувати технології та рецептури, застосовуючи добавки й ферменти, щоб збільшити частку борошна з вищим вмістом білків і волокон.

Головний виклик – змінити споживчі вподобання на користь корисних, але часто дорожчих продуктів. Необхідно вдосконалювати рецептуру, зберігаючи привабливі органолептичні властивості та сприяючи профілактиці серцево-судинних хвороб через зменшення солі й глікемічного індексу.

Отже, оптимізація таких виробів вимагає подальших досліджень, що враховують не лише сенсорну оцінку, а й травлення, біодоступність і пребіотичні властивості продуктів.

1.2. Матеріали і методи досліджень

Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження

Робота виконана на кафедрі ХБ ТНТУ. Метою було – визначити вплив часткової заміни пшеничного борошна вищого ґатунку на цільозернове та використання ензимного препарату Sunbake S200 на технологічні властивості тіста і якість готового пшеничного хліба з метою підвищення його харчової цінності, покращення органолептичних показників і продовження терміну зберігання виробів.

1.2.1. Об'єкти дослідження

Об'єктом дослідження був пшеничний хліб, виготовлений із частковою заміною пшеничного борошна вищого ґатунку на пшеничне цільозернове борошно, а також із додаванням ензимного препарату Sunbake S200.

Для проведення експериментальних досліджень було виготовлено вісім зразків хліба, що відрізнялися співвідношенням борошна вищого ґатунку та цільозернового (90:10, 80:20, 70:30, 60:40) та наявністю/відсутністю ензимного препарату.

Ензимний препарат Sunbake S200 вводили у кількості 0,02 % від маси борошна.

1.2.2. Сировина та допоміжні матеріали

У дослідженні використовували такі види сировини:

- борошно пшеничне вищого ґатунку (згідно з ДСТУ 46.004-99);
- борошно пшеничне цільозернове, отримане шляхом помелу цілого зерна пшениці;
- дріжджі пресовані хлібопекарські (ДСТУ 4813:2007);
- сіль кухонна харчова (ДСТУ 3583-97);
- вода питна очищена (відповідно до ДСТУ 7525:2014);
- ферментний препарат Sunbake S200 – комплексний ензимний засіб амілолітичної та протеолітичної дії (виробництво DSM, Нідерланди).



Рисунок. 1.1. – Схема досліджень за кваліфікаційною роботою

1.2.3. План дослідження

Дослідження проводили у три основні етапи (рис. 1.1):

1. Розроблення рецептури пшеничного хліба із різним вмістом цільнозернового борошна та ензимного препарату.
2. Дослідження технологічних властивостей тіста: оцінка кислотності, газотримувальної здатності та інтенсивності бродіння.
3. Визначення якості готових виробів – фізико-хімічних, структурно-механічних та органолептичних показників.

1.2.4. Методика приготування тіста і випікання

Використали традиційну технологію приготування тіста та випікання даного виду хліба. Зокрема, тісто замішували інтенсивним способом у лабораторному тістомісі.

Перед замішуванням усю сировину просіювали, перевіряли на відповідність стандартам, а воду підігрівали до 28–30 °С. Ферментний препарат Sunbake S200 розчиняли у невеликій кількості води і додавали під час замішування тіста.

Бродіння проводили при температурі 30–32 °С протягом 60–90 хвилин з двома обминаннями.

Формування тістових заготовок здійснювали вручну; остаточне вистоювання тривало 35–45 хвилин за температурі 35–38 °С і вологості 75–80 %.

Випікання проводили при 200–220 °С протягом 40–45 хвилин у парозволоженій шафі. Після випікання вироби охолоджували 2–3 години при кімнатній температурі.

1.2.5. Методи дослідження

Визначення кислотності тіста

Титровану кислотність тіста визначали згідно з ДСТУ 4135:2002, виражали у градусах (°Н). Вимірювання проводили через 0, 60, 120 та 180 хвилин бродіння.

Визначення питомого об'єму хліба

Питомий об'єм (см³/г) визначали методом вимірювання об'єму хлібини за допомогою насипного зерна з подальшим перерахунком на масу виробу.

Визначення пористості м'якушки

Пористість (%) визначали методом різниці об'ємів м'якушки та її щільності відповідно до ДСТУ 7517:2014.

Визначення крихкуватості м'якушки

Крихкуватість (%) визначали шляхом просіювання висушених крихт через сито з діаметром отворів 1 мм після механічного подрібнення зразків через 6, 48 і 96 годин зберігання.

Органолептична оцінка

Органолептичні показники (зовнішній вигляд, колір, пористість, смак, аромат, консистенція) визначали за 5-бальною шкалою відповідно до ДСТУ 4583:2006.

Оцінювання проводила дегустаційна комісія з 5 експертів.

1.2.6. Статистична обробка результатів

Усі експериментальні дані обробляли методами математичної статистики з використанням програмного забезпечення MS Excel. Результати подано як середні значення $\pm$ середнє квадратичне відхилення ($n=3$, $p \leq 0,05$).

1.3. Результати досліджень та їх обговорення

1.3.1. Перспектива застосування екологічних покращувачів тіста у хлібопекарській галузі

Хлібна промисловість та рецептури змінилися за останні роки через те, що більше споживачів турбуються про харчові інгредієнти. Деякі покращувачі хліба сприймаються як невідомі та шкідливі хімічні речовини, а деякі можуть мати суперечливі проблеми зі здоров'ям. Люди хочуть знати, що являють собою інгредієнти, та розуміти їх або бути знайомими з ними через проблеми зі здоров'ям. Продукт з чистою етикеткою може називатися їжею або інгредієнтами, які є більш натуральними, органічними або не мають хімічного запаху та не містять добавок/консервантів [70]. Хлібна промисловість та пекарні прагнуть продуктів з чистою етикеткою, додаючи лише натуральні інгредієнти та рецептури без добавок/консервантів, але зберігаючи високу якість хліба [10]. Таким чином, подальші дослідження натуральних інгредієнтів можуть надати хлібу ті ж властивості, що й традиційні консерванти/добавки.

Тип борошна та розпушувач у хлібопеченні відіграють важливу роль у визначенні його кінцевої якості. Цільнозернове борошно демонструє кращу загальну поживну цінність завдяки високому вмісту клітковини, мікроелементів та біоактивних сполук порівняно з рафінованим борошном [71]. Найпоширенішим зерном для хлібопечення є пшениця [10], оскільки пшеничне борошно створює тісто з бажаними реологічними властивостями при змішуванні з дріжджами [1, 10]. Крім того, приблизно 40% населення світу споживає пшеницю через її важливі поживні речовини [72]. Таким чином, це зерно становить 27% світового виробництва зернових, враховуючи адаптивність цієї культури до широкого спектру кліматологічних умов. Однак пшениця містить глютен, що обмежує споживання пшениці [72].

Також не рідко, до рецептури хліба іноді додають консерванти для продовження терміну придатності. Оскільки грибкове псування хліба загальновідоме і має суттєвий економічний вплив, спричинений тим, що хліб стає непридатним для споживання людиною через проблеми безпечності харчових продуктів [1, 2, 3].

Отже, покращувачі та емульгатори для тіста були частиною рецептур у хлібопекарській промисловості протягом десятиліть. Покращувачі хліба допомагають подолати недоліки в якості борошна, покращуючи об'єм буханки, структуру м'якушки, термін придатності, смак та колір. Покращувачі можуть бути хімічними окисно-відновними агентами та ферментами, які можуть бути або не бути ендогенними для пшеничного борошна, впливаючи на глютену мережу.

1.3.2. Розроблення рецептури хліба пшеничного з додаванням цільнозернового пшеничного борошна та ензимів

Розроблення рецептури хліба пшеничного з додаванням цільнозернового борошна та ензимів спрямоване на підвищення його харчової цінності та покращення органолептичних властивостей. Використання цільнозернового борошна забезпечує збагачення виробу харчовими волокнами, вітамінами та мінералами. Додавання ферментних препаратів сприяє оптимізації технологічних процесів і поліпшенню структури м'якушки. Проте необхідно враховувати той факт, що надмірний вміст цільнозернового борошна у рецептурі може негативно впливати, як на бродильні процеси, так і на форму, розмір та консистенцію самої буханки. Такий хліб може ще мати не привабливий вигляд для споживачів, тому в основі цих досліджень є вибір оптимального зразка серед зразків без ензимного препарату та при його застосуванні у рецептурі. Тому нами було запропоновано такі дослідні зразки рецептури.

У таблиці 1.1 подано рецептурний склад дослідних зразків хліба з різним вмістом цільнозернового борошна та ензимного препарату.

Таблиця 1.1 – Рецептурний склад дослідних зразків хліба з додаванням цільнозернового пшеничного борошна та ензимного препарату

№ зразка	Інгредієнти, %		
	борошно пшеничне вищого гатунку	борошно пшеничне цільнозернове	берментний препарат Sunbake S200
1	90	10	—
2	80	20	—
3	70	30	—
4	60	40	—
5	90	10	0,02 % від маси борошна
6	80	20	
7	70	30	
8	60	40	

Встановлено (табл. 1.1), що перші чотири зразки (№1 – 4) містять комбінації пшеничного борошна вищого гатунку та цільнозернового борошна у співвідношеннях 90:10, 80:20, 70:30 та 60:40 відповідно, без додавання ензимного препарату. Наступні чотири зразки (№5–8) мають аналогічні співвідношення видів борошна, проте у рецептуру введено ферментний препарат Sunbake S200 у кількості 0,02 % до маси борошна.

Отже, отримали вісім зразків хліба із вмістом цільнозернового борошна та із додаванням ензимного препарату комбінованої дії із різними ензимами.

1.3.3. Дослідження бродильних властивостей тіста із вмістом цільнозернового борошна й додаванням ензимного препарату *Sunbake S200*

Наступним етапом магістерського дослідження було дослідити, як проходять процеси у тісті за застосування ензимного препарату *Sunbake S200*. Оскільки вони можуть змінювати якість готових виробів, зокрема за кислотністю тіста ми регулюємо час технологічного процесу бродіння.

У таблиці 1.2 наведено рецептурний склад та показники кислотності тіста для дослідних зразків пшеничного хліба, виготовленого з різним вмістом цільнозернового пшеничного борошна та із застосуванням ензиму *Sunbake S200*.

Таблиця 1.2 – Рецептурний склад та показники кислотності хліба пшеничного з додаванням цільнозернового пшеничного борошна та ензиму *Sunbake S200*

№ зразка	Інгредієнти, %			Кислотність тіста (°Н), за час бродіння, хв			
	борошно пшеничне вищого гатунку	борошно пшеничне цільно-зернове	ферментний препарат Sunbake S200	0	60	120	180
1	90	10	–	1,4±0,1	2,3±0,1	2,7±0,2	3,0±0,2
2	80	20	–	1,4±0,1	2,5±0,2	2,9±0,2	3,3±0,3
3	70	30	–	1,5±0,1	2,6±0,2	3,0±0,3	3,6±0,2
4	60	40	–	1,5±0,1	2,9±0,2	3,5±0,3	3,9±0,3
5	90	10	0,02 % від маси борошна	1,5±0,1	2,4±0,2	2,9±0,2	3,3±0,2
6	80	20		1,5±0,1	2,7±0,2	3,1±0,1	3,6±0,2
7	70	30		1,5±0,1	2,9±0,2	3,5±0,2	4,0±0,2
8	60	40		1,5±0,1	3,3±0,2	3,8±0,3	4,3±0,2

У таблиці 1.2 наведено вплив ензимного препарату *Sunbake S200* на динаміку зміни кислотності тіста (°Н) протягом процесу бродіння – через 0, 60, 120 та 180 хвилин. Виявлено, що зі збільшенням частки цільнозернового

борошна спостерігається поступове підвищення кислотності тіста, що пов'язано з вищим вмістом активних ферментів та мікрофлори в цільнозерновій сировині. Додавання ензимного препарату Sunbake S200 додатково сприяє інтенсифікації бродильних процесів, про що свідчить підвищення кінцевої кислотності у зразках №5–8 порівняно з контрольними – №1–4.

Підвищення кислотності тіста у зразках із ферментним препаратом Sunbake S200 зумовлене комплексом біохімічних процесів, які активізуються під дією ферментів. До складу цього препарату входять ферменти амілолітичної та протеолітичної дії, зокрема α -амілази, β -амілази та протеази, які каталізують гідроліз основних біополімерів борошна – крохмалю та білків.

Під впливом амілаз крохмаль розщеплюється до декстринів і простих цукрів (переважно мальтози та глюкози), які є легкодоступним субстратом для молочнокислих бактерій і дріжджів, природно присутніх у тісті. Унаслідок інтенсифікації їх метаболічної активності зростає утворення органічних кислот – переважно молочної, оцтової та в меншій мірі янтарної. Це безпосередньо призводить до підвищення титрованої кислотності тіста.

Крім того, протеолітичні ферменти частково гідролізують білкові сполуки, вивільняючи амінокислоти та пептиди, які також беруть участь у метаболічних процесах мікрофлори. Частина з них окиснюється до відповідних органічних кислот, що додатково сприяє наростанню кислотності.

Ще один чинник – активація ферментативної системи самої борошняної сировини. Ензимний препарат діє синергічно з ендогенними ферментами пшениці, підвищуючи загальну ферментативну активність тіста. Як наслідок, процеси розщеплення та утворення продуктів бродіння відбуваються швидше, що підтверджується більшими показниками кислотності у зразках №5–8 порівняно з контрольними (№1–4).

Таким чином, підвищення кислотності у зразках з ферментним препаратом Sunbake S200 є результатом посиленої ферментативної деструкції крохмалю та білків, збільшення вмісту цукрів, що зброджуються, і активізації мікрофлори тіста. Це сприяє формуванню більш вираженого смаку, аромату й підвищеній біологічній цінності готового хліба.

1.3.4. Дослідження готових зразків хліба із вмістом цільнозернового борошна та додаванням ензимного препарату *Sunbake S200*

Важливим показником якості хлібобулочних виробів є питомий об'єм, який характеризує здатність тіста утримувати гази під час бродіння та випікання, визначаючи тим самим пористість і ніжність м'якушки. Дослідження питомого об'єму має особливе значення при розробленні рецептур із частковою заміною пшеничного борошна вищого гатунку на цільнозернове, оскільки останнє містить більшу кількість харчових волокон і ферментів, що можуть впливати на структуру тіста. Використання ензимного препарату *Sunbake S200* спрямоване на покращення реологічних властивостей тіста, активізацію процесів бродіння та формування більш стабільної клейковинної сітки. Дослідження змін питомого об'єму дозволяє оцінити ефективність ензимного препарату та визначити оптимальну частку цільнозернового борошна в рецептурі. Отримані результати дають змогу встановити взаємозв'язок між рецептурними компонентами, структурними показниками тіста та якістю готового виробу.

У таблиці 1.3 наведено результати визначення питомого об'єму дослідних зразків хліба пшеничного, виготовленого з частковою заміною борошна пшеничного вищого гатунку на цільнозернове пшеничне борошно та із застосуванням ензимного препарату Sunbake S200.

Як видно з даних (1.3) таблиці, зі збільшенням частки цільнозернового пшеничного борошна у рецептурі від 10 до 40 % спостерігається поступове зниження питомого об'єму готових виробів. Для контрольних зразків без

ензимного препарату питома об'ємна характеристика зменшилася з $4,41 \pm 0,11 \text{ см}^3/\text{г}$ (10 % цільозернового борошна) до $3,34 \pm 0,07 \text{ см}^3/\text{г}$ (40 %).

Таблиця 1.3 – Питомий об'єм дослідних зразків хліба пшеничного з додаванням цільозернового пшеничного борошна та ензимного препарату

№ зразка	Інгредієнти, %			Маса (г)	Питомий об'єм, $\text{см}^3/\text{г}$
	борошно пшеничне вищого гатунку	борошно пшеничне цільозернове	ферментний препарат Sunbake S200		
1	90	10	—	500	$4,41 \pm 0,11$
2	80	20	—	500	$4,13 \pm 0,08$
3	70	30	—	500	$3,75 \pm 0,08$
4	60	40	—	500	$3,34 \pm 0,07$
5	90	10		500	$4,67 \pm 0,13$
6	80	20	0,02 % від	500	$4,44 \pm 0,12$
7	70	30	маси	500	$4,08 \pm 0,09$
8	60	40	борошна	500	$3,65 \pm 0,08$

Введення ензимного препарату Sunbake S200 у кількості 0,02 % від маси борошна сприяло покращенню структурно-механічних властивостей тіста та, відповідно, підвищенню питомого об'єму хліба. Для зразків із ферментом питомий об'єм зростав у середньому на 5 – 7 % порівняно з аналогічними зразками без препарату. Найвищий питомий об'єм ($4,67 \text{ см}^3/\text{г}$) зафіксовано у зразка з 10 % цільозернового борошна і додаванням ферменту.

Отже, результати свідчать, що застосування ензимного препарату Sunbake S200 частково компенсує негативний вплив підвищеної кількості цільозернового борошна на пористість і об'єм хліба, що дозволяє зберегти

високу якість готової продукції навіть за умов введення до 30 % цільнозернового компонента.

Пористість є одним із найважливіших показників якості хлібобулочних виробів, що відображає ступінь розвитку та рівномірність структури м'якушки, а також безпосередньо впливає на споживні властивості хліба [1, 10]. Дослідження цього показника є актуальним при розробленні технологій із частковою заміною пшеничного борошна вищого гатунку на цільнозернове, оскільки наявність часток оболонки зерна може змінювати газоутримувальну здатність тіста. Застосування ензимного препарату *Sunbake S200* сприяє поліпшенню ферментативної активності тіста, активізує процеси бродіння та формування клейковинного каркасу, що позитивно позначається на структурі порового простору. Визначення пористості дозволяє оцінити вплив цільнозернового борошна та ензимного препарату на якість готового виробу, забезпечуючи наукове обґрунтування технологічних параметрів. Отримані результати досліджень є важливою основою для оптимізації рецептур і підвищення харчової цінності пшеничного хліба з покращеними споживними характеристиками.

На рис.1.1 наведено результати визначення пористості дослідних зразків пшеничного хліба, виготовленого з частковою заміною борошна вищого гатунку на цільнозернове пшеничне борошно, а також із використанням ензимного препарату *Sunbake S200*.

Встановлено, дані рис. 1.1, що зі збільшенням частки цільнозернового борошна в рецептурі від 10 до 40 % спостерігається поступове зниження пористості готових виробів. Для зразків без додавання ензимного препарату цей показник зменшується від $72,4 \pm 0,3$ % до $60,6 \pm 0,3$ %, що свідчить про ущільнення структури м'якушки через підвищений вміст часток висівків, які поглинають більше води та порушують розвиток клейковинного каркасу.

Додавання ензимного препарату *Sunbake S200* у кількості 0,02 % від маси борошна сприяє покращенню газоутримувальної здатності тіста та підвищенню пористості у всіх зразках. Зокрема, пористість підвищується з

75,7 ± 0,5 % до 65,4 ± 0,3 % у межах збільшення частки цільнозернового борошна. Отже, застосування ензимного препарату частково компенсує негативний вплив заміни борошна вищого гатунку на цільнозернове, покращуючи структуру і якість хліба.

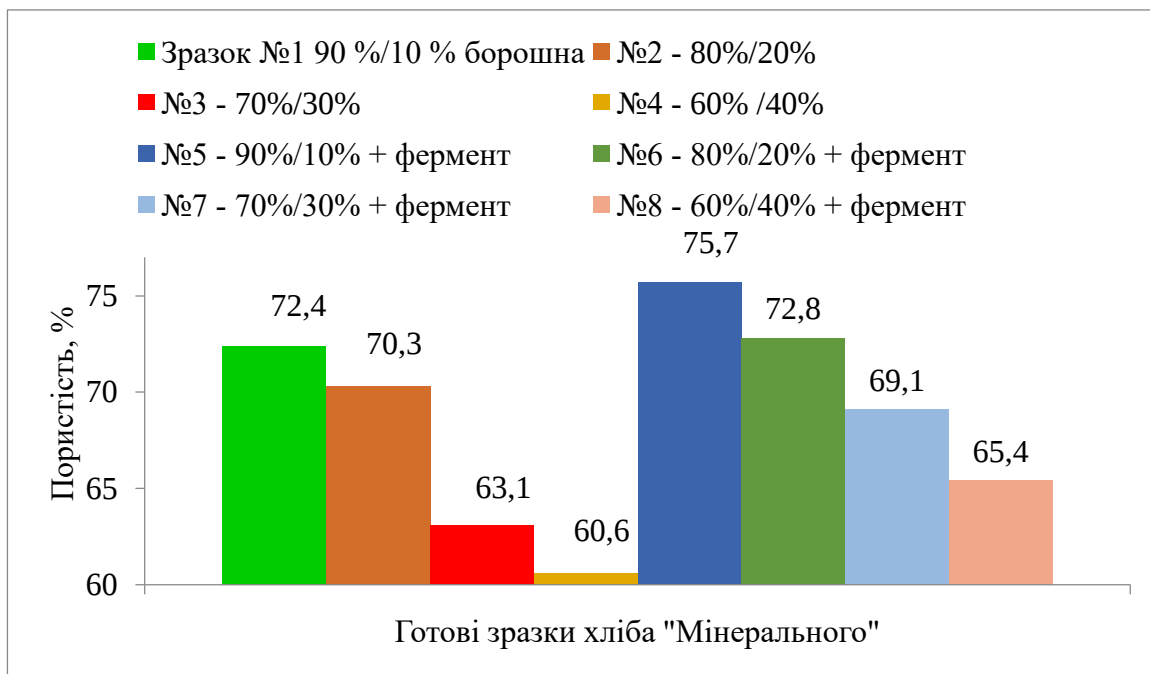


Рисунок 1.1 – Пористість дослідних зразків хліба пшеничного з додаванням цільнозернового пшеничного борошна та ензимного препарату

Таким чином, отримані результати підтверджують доцільність використання ферментних препаратів у технології пшеничного хліба із додаванням цільнозернового борошна для забезпечення оптимальної пористості м'якушки та покращення споживних властивостей виробів.

Крихкуватість (або ламкість) м'якушки хліба безпосередньо пов'язана з його пористістю, вологістю та ступенем розвитку клейковинного каркасу. Цей показник ще є свідченням черствіння хліба під час зберігання, оскільки чим більше утворюється крихт, тим хліб втрачає свою свіжість. Тому цей показник використовують для визначення придатності хлібобулочних виробів до зберігання та терміну їх зберігання. Враховуючи, що у нашу

технологію введено борошно цільозернове, яке порушує структурні властивості м'якушки, визначення крихкуватості має важливе значення.

У таблиці 1.4 подано результати дослідження зміни показника крихкуватості зразків пшеничного хліба з різним вмістом цільозернового борошна протягом зберігання (6, 48 та 96 годин).

Таблиця 1.4 – Крихкуватість дослідних зразків хліба пшеничного з додаванням цільозернового пшеничного борошна протягом зберігання

№ зразка	Інгредієнти (співвідношення борошна, %)	Ензимний препарат	Крихкуватість (%) дослідних зразків через (год) зберігання		
			6	48	96
1	90:10 (вищий гатунок : цільозернове)	—	1,22	1,85	2,84
2	80:20	—	1,34	2,26	3,12
3	70:30	—	1,42	2,32	3,48
4	60:40	—	1,55	2,65	3,75
5	90:10	+ Sunbake S200	1,16	1,61	2,51
6	80:20		1,18	1,87	2,76
7	70:30		1,25	2,14	3,05
8	60:40		1,33	2,35	3,31

Як видно з даних (табл. 1.4), у всіх зразках із підвищенням частки цільозернового борошна спостерігається поступове збільшення крихкуватості м'якушки. Це пояснюється зменшенням кількості клейковинних білків та підвищенням вмістом клітковини, яка перешкоджає утворенню еластичної структури тіста.

Після 96 годин зберігання крихкуватість контрольних зразків (без ензимного препарату) зросла майже в 2,3 – 2,5 раза, порівняно з початковими

значеннями. Водночас у зразках із додаванням ензимного препарату Sunbake S200 темпи збільшення цього показника були нижчими, що свідчить про уповільнення процесів черствіння. Фермент сприяє частковому розщепленню крохмалю та підвищенню вологоутримувальної здатності м'якушки, завдяки чому зберігається її м'якість і зменшується крихкість упродовж усього періоду зберігання.

Отже, використання ензимного препарату Sunbake S200 є ефективним технологічним прийомом для покращення текстурних властивостей та подовження свіжості хліба з підвищеним умістом цільнозернового пшеничного борошна.

1.3.5. Органолептичні властивості готових зразків хліба із вмістом цільнозернового борошна та додаванням ензимного препарату

Органолептичні властивості є одним із найважливіших критеріїв оцінки якості хлібобулочних виробів, оскільки саме вони формують перше враження споживача про продукт. У даному підрозділі розглянуто результати дослідження зовнішнього вигляду, кольору, аромату, смаку та текстури готових зразків хліба, виготовлених із використанням цільнозернового борошна та ензимного препарату Sunbake S200. Особливу увагу приділено визначенню впливу ферментної добавки на поліпшення структури м'якушки, інтенсивність забарвлення скоринки та загальну споживчу привабливість виробів (табл. 1.5). Отримані результати дозволяють оцінити ефективність застосування ензимного препарату для підвищення якості хліба з цільнозернової сировини.

Аналіз даних (табл. 1.5) зразків хліба без ензимного препарату (№1–4) видно наступне: зразок №1 (10 % цільнозернового борошна) – хліб мав правильну округлу форму, рівну поверхню, золотисто-коричневу скоринку. М'якушка рівномірно пориста, еластична, добре розвинена. Смак і аромат був виражений та властивий пшеничному хлібу, із легким присмаком зерна.

**Таблиця 1.5. - Органолептична характеристика дослідних зразків
хліба пшеничного з додаванням цільнозернового борошна та ензимного
препарату Sunbake S200**

№ зразка	Інгредієнти (співвідношення борошна, %)	Фермент-ний препарат	Зовнішній вигляд і форма	Колір скоринки та м'якушки	Пористість і структура	Смак та аромат	Загальна оцінка якості
1	90:10 (вищий гатунок : цільнозернове)	—	Правильна форма, рівна поверхня	Золотисто-коричнева скоринка, кремова м'якушка	Пористість рівномірна, м'якушка еластична	Смак приємний, типовий пшеничний	Висока
2	80:20	—	Дещо нижча форма, поверхня шорстка	Темніша скоринка, світло-коричнева м'якушка	Пористість дрібніша, рівномірна	Смак з легким горіховим відтінком	Добра
3	70:30	—	Менший об'єм, поверхня нерівна	Темно-кремова м'якушка	Пористість менш рівномірна, щільна	Смак зерновий, аромат виражений	Задовільна
4	60:40	—	Форма плоска, поверхня з тріщинами	Темно-бура м'якушка	Щільна структура, дрібна пористість	Смак грубший, відчутний присмак висівок	Нижча середньої
5	90:10	+ Sunbake S200	Добре піднята форма, гладка поверхня	Золотисто-жовта скоринка, світла м'якушка	Рівномірна, тонкостінна пористість	Смак приємний, аромат свіжий	Висока
6	80:20	+ Sunbake S200	Акуратна форма, рівна поверхня	Світло-коричнева м'якушка	Помірна, рівномірна пористість	Смак із м'яким зерновим тоном	Висока
7	70:30	+ Sunbake S200	Форма трохи нижча	Кремово-коричнева м'якушка	Пористість дрібна, однорідна	Смак насичений, аромат зерновий	Добра
8	60:40	+ Sunbake	Менший	Темно-	Щільна, але	Смак	Задовільна

		S200	об'єм, проте без тріщин	коричнева м'якушка	м'якша, ніж без ферменту	приємний, без сторонніх відтінків	а
--	--	------	-------------------------------	-----------------------	--------------------------------	--	---

У зразку №2 (20 % цільозернового борошна) форма була дещо менш піднята, поверхня злегка шорстка. Колір скоринки темніший, м'якушка мала більш щільну структуру. Органолептично відчувається приємний, трохи горіховий присмак.

У зразку №3 (30 % цільозернового борошна) об'єм зменшений, пористість виявлена значно дрібніша й менш рівномірна. М'якушка щільніша, темно-кремового кольору, смак виявляється більш виражений зерновий.

У зразку №4 (40 % цільозернового борошна) – хліб мав найменший питомий об'єм (3,34 см³/г). Форма була більш плоска, поверхня шорстка, іноді з тріщинами. М'якушка щільна, темно-бура, смак відчувався грубший, із відчутним присмаком висівок.

Оцінка зразків хліба із ферментним препаратом Sunbake S200 (№5–8) показала наступне.

Зразок №5 (10 % цільозернового борошна + фермент) – був найвищий питомий об'єм (4,67 см³/г). Хліб був добре піднятий, з гладенькою скоринкою. М'якушка ніжна, пружна, аромат свіжий, приємний, типовий для пшеничного хліба.

У зразку №6 (20 % цільозернового борошна + фермент) – зберігається привабливий вигляд, рівномірна пористість, м'якушка помірно пухка. Колір – світло-коричневий, смак з легким зерновим відтінком.

Зразок №7 (30 % цільозернового борошна + фермент) – форма була дещо нижча, але краща, ніж без ферменту. Натомість, пористість дрібна, рівномірна, структура еластична. Смак відчувається насичений, аромат виражений зерновий.

Зразок №8 (40 % цільозернового борошна + фермент) – об'єм нижчий, ніж у попередніх, проте більший, ніж у зразка без ферменту (3,65 см³/г проти

3,34). М'якушка була не така щільна, аромат приємний, без сторонніх присмаків.

Отже, підсумовуючи аналіз органолептичної оцінки дослідних зразків хліба констатуємо, що зі збільшенням частки цільнозернового пшеничного борошна у рецептурі від 10 до 40 % відбувається поступове зменшення питомого об'єму хліба, погіршення зовнішнього вигляду та структури м'якушки. Зразки без ензимного препарату (№1–4) характеризувалися більш щільною консистенцією, нерівномірною пористістю та менш вираженим об'ємом. При підвищенні вмісту цільнозернового борошна скоринка набувала темнішого відтінку, а смак ставав грубішим, із вираженим присмаком висівок.

Додавання ензимного препарату Sunbake S200 позитивно вплинуло на якість готових виробів (зразки №5–8). Спостерігалось підвищення питомого об'єму, покращення еластичності м'якушки та рівномірності пористості. Хліб мав більш привабливий зовнішній вигляд, тонкостінну пористість і приємний свіжий аромат, типовий для пшеничного хліба.

Найкращі органолептичні показники спостерігалися у зразках з 10 – 30 % цільнозернового борошна при додаванні ензимного препарату Sunbake S200. Такі зразки вирізнялися оптимальним співвідношенням об'єму, кольору, аромату та смакових властивостей, що свідчить про доцільність використання ензимного препарату для підвищення якості хліба з цільнозерновими добавками. Тому ми вважаємо, що у практику доцільно ввести рецептуру хліба пшеничного із цільнозерновим борошном за наступного співвідношення 80 – 70 % борошна вищого ґатунку, 20 – 30 % цільнозернового борошна та 0,02 % ензимного препарату Sunbake S200 від всієї маси борошна. Додавання борошна цільнозернового у такій кількості не суттєво вплине на технологічні й фізико-хімічні готових виробів, водночас підвищить поживність хліба для споживачів.

Враховуючи такі аспекти наукового дослідження на рис. 1.2 наведена схема технологічного процесу виробництва запропонованих виробів.

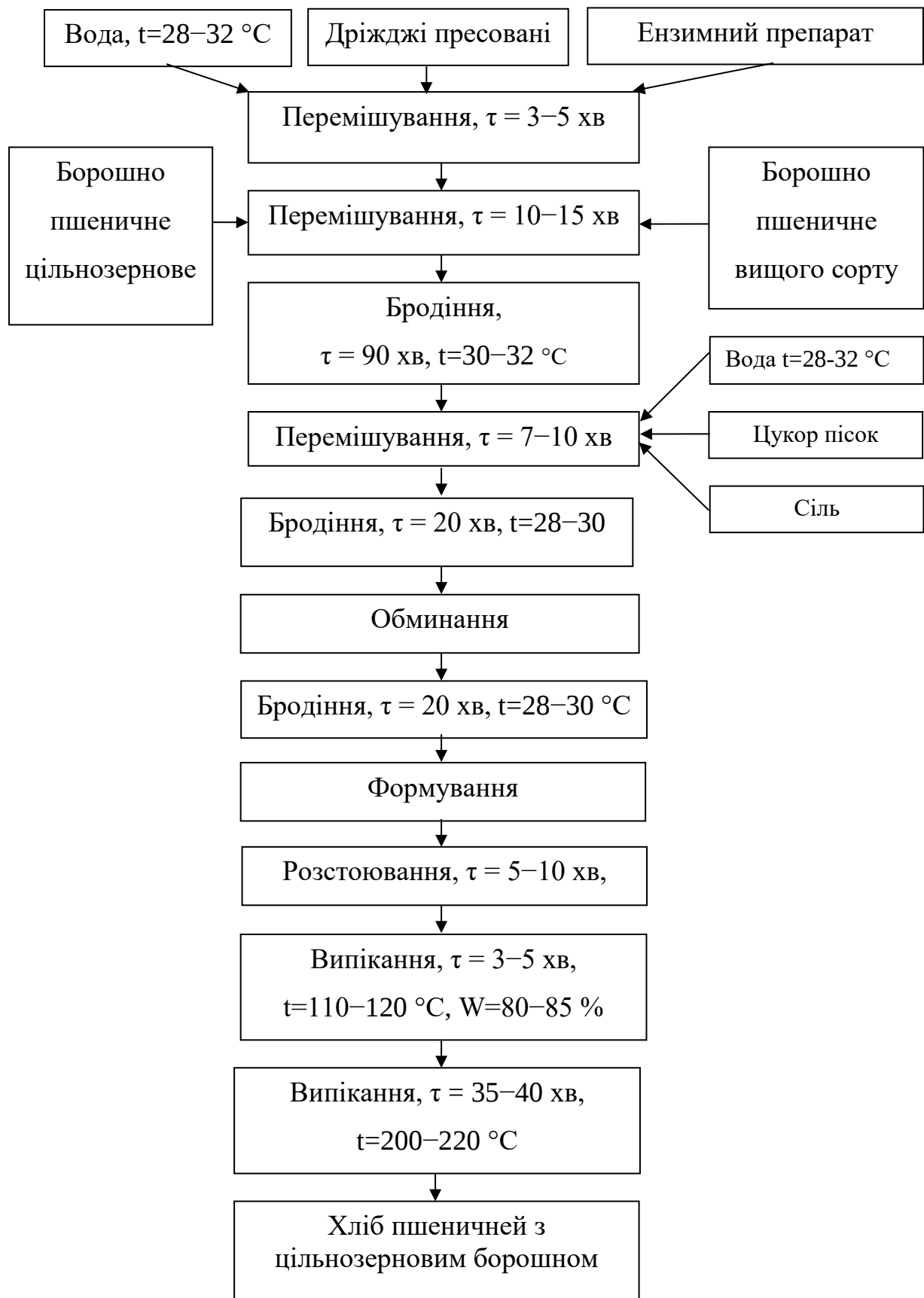


Рис. 1.2. Схема технології хліба із цільнозернового борошна та ензимним препаратом Sunbake S200

Запропонована технологічна схема виробництва хліба із додаванням цільнозернового пшеничного борошна та ензимного препарату Sunbake S200 базується на класичній послідовності процесів, адаптованих до особливостей сировини з підвищеним вмістом харчових волокон і ферментативно активних компонентів. Основною метою технології є підвищення якості готових виробів, покращення структурно-механічних і органолептичних властивостей м'якушки, а також подовження терміну свіжості хліба.

На початковому етапі здійснюється підготовка сировини: просіювання пшеничного борошна вищого ґатунку та цільнозернового борошна, перевірка вологості, температури та активності ферментів. Вода очищається, підігрівається до 28–30 °С, дріжджі активуються у невеликій кількості теплої води, а сіль розчиняється окремо. Ферментний препарат Sunbake S200 уводиться у вигляді попередньо підготовленого водного розчину на етапі замішування тіста в кількості 0,02 % від маси борошна.

Процес замішування тіста проводиться інтенсивним способом, що забезпечує рівномірний розподіл часток цільнозернового борошна та ензимного препарату. Використання Sunbake S200 сприяє частковому розщепленню некрахмальних полісахаридів оболонкових клітин, що покращує водопоглинальну здатність тіста та утворення гнучкої клейковинної структури. У результаті тісто має більш пластичну консистенцію та підвищену газоутримувальну здатність.

Бродіння тіста здійснюється при температурі 30–32 °С протягом 60–90 хвилин із двома обминаннями для рівномірного розподілу газів і зниження кислотності. Дія ензимного препарату забезпечує активізацію амілолітичних процесів, що сприяє утворенню оптимальної кількості редукуючих цукрів, необхідних для живлення дріжджів і розвитку аромату під час випікання.

Після бродіння тісто ділять і округлюють, формують заготовки та залишають на остаточне вистоювання при 35–38 °С і відносній вологості 75–80 %. Тривалість вистоювання залежить від частки цільнозернового борошна — при її збільшенні час вистоювання подовжується на 5–10 хвилин.

Випікання проводять у пароволоженій шафі при температурі 200–220 °С протягом 40–45 хвилин. Завдяки дії ферменту формується тонка, рівномірно забарвлена скоринка з приємним глянцем, а м'якушка набуває еластичної, дрібнопористої структури.

Після охолодження готові вироби витримують 2–3 години при кімнатній температурі для стабілізації внутрішньої структури. Зберігання хліба здійснюється у паперовій або поліпропіленовій упаковці при 20–25 °С. Застосування Sunbake S200 уповільнює процеси черствіння, зменшує крихкуватість і дозволяє зберігати свіжість хліба протягом 72–96 годин.

Отже, запропонована схема технології забезпечує комплексне покращення фізико-хімічних та органолептичних властивостей хліба із цільнозернового борошна. Використання ензимного препарату Sunbake S200 підвищує технологічну ефективність виробництва, сприяє створенню продукту з підвищеною харчовою цінністю та стабільною якістю протягом усього терміну зберігання.

РОЗДІЛ II

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

2.1. Вибір, обґрунтування і опис технологічної схеми хліба

Хліб «Ново-Баварський» виготовляється з борошна вищого сорту, тому пропонуємо для його виробництва застосовувати технологію, яка максимально надасть йому необхідних якостей зазначених у стандарті. Для цього тісто замішують на великих густих опарах [73].

Використання великих густих опар у хлібопекарському виробництві має низку суттєвих переваг, що позитивно впливають на якість готового виробу та економічність процесу. У густих опарах створюються сприятливі умови для розвитку дріжджів і молочнокислих бактерій, завдяки чому інтенсивно накопичуються органічні кислоти, спирти й ароматичні сполуки. Це надає хлібу виразного смаку, приємного аромату.

У рецептурі такої опари міститься більша частина борошна (до 70 % від загальної кількості). Її вологість зазвичай становить 43–45 %, тому вона має щільну, в'язку структуру.

Однією з переваг є можливість зменшити витрати пресованих дріжджів, оскільки процес бродіння в густій опарі проходить більш активно. Крім того, така технологія робить тісто менш чутливим до змін температури та тривалості дозрівання, що підвищує стабільність виробничого процесу.

РОЗДІЛ ІІІ

ПРОЄКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Технологічні розрахунки виробництва запроєктованого асортименту

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для розрахунку, [74, 75]

Вихідні дані	Хліб «Ново-Баварський»
	ТІУ 00389676.6354:2015 РЦУ 00389676.6354:2015
Борошно пшеничне вищого сорту, кг	100,0
Борошно пшеничне першого сорту, кг	-
Борошно пшеничне другого сорту, кг	-
Дріжджі хлібопекарські пресовані, кг	1,5
Сіль кухонна харчова, кг	1,3
Цукор білий кристалічний, кг	1,5
Олія соняшникова, кг	1,5
Сироватка молочна суха, кг	-
Разом	105,8
Вологість виробу, %, не більше	45,0
Кислотність виробу, град, не більше	3,0
Пористість, %, не менше	70,0
Маса виробу, кг	0,5
Плановий вихід, %	136,0
Спосіб приготування тіста	Велика густа опара
Кількість борошна в опару, кг	60,0
Вологість опари, %	48
Вологість тіста, %	46
Початкова температура опари, °С	28-29
Початкова температура тіста, °С	29-30

Тривалість бродіння опари, хв	150-180
Тривалість бродіння тіста, хв	60-65
Кінцева кислотність опари, град	3,0 – 3,5
Кінцева кислотність тіста, град	2,5 – 3,0
Тривалість вистоювання, хв	55-60
Температура вистоювання, °С	
відносна вологість в шафі вистоювання, %	
Тривалість випікання, хв	48-54
Температура пекарної камери, °С	210 - 220
Розмір виробу, см	Подовий овальний ширина 15-16, довжина 27-29

3.1.1. Вибір і розрахунок продуктивності провідного обладнання для випікання хліба

Згідно з завданням, передбачено випікати хліб «Ново-Баварський» у печі марки П-104. Площа поду становить 23,3 м², загальна кількість колисок – 34, розмір поду – 1920 × 350 мм. Для визначення виробничої потужності підприємства та складання графіка роботи печі необхідно здійснити розрахунок її годинної продуктивності, $P_{год}$, кг/год [74]:

$$P_{год} = \frac{N \cdot n \cdot g_s \cdot 60}{\tau_{вип}}, \quad (3.1)$$

де N - кількість робочих колисок тупикової печі, шт;

n - кількість виробів по довжині колиски, шт;

g_s - маса виробу, кг;

$\tau_{вип}$ - тривалість випікання, хв.

Щоб розрахувати кількість виробів на колісці користуємось формулою:

$$n = \frac{L - a}{a + a}, \quad (3.2)$$

де L , - довжина колиски, мм;

b – довжина, або ширина виробу,
залежно від способу укладання, мм;
 a - відстань між виробами, мм.

Маса хліба 0,5 кг.

Хліб подовий овальний – довжина 290 мм, ширина 150 мм.

Відстань між виробами – 20 мм

$$n = \frac{1920 - 20}{150 + 20} = 11,18 \text{ шт. приймаємо } 11 \text{ шт.}$$

Продуктивність печі за годину, кг/год

$$P_{\text{год}} = \frac{34 \cdot 11 \cdot 0,5 \cdot 60}{50} = 224,40 \text{ кг}$$

Продуктивність печі за добу

$$P_{\text{доб}} = 224,40 \cdot 23 = 5161,2 \text{ кг}$$

3.1.2. Розрахунок пофазної рецептури приготування хліба

Вологість опари - 48,0 %; вологість тіста – 46,0 %. Кількість борошна в опару – 60,0 кг.

Таблиця 3.2 – Маса сухих речовин у тісті

Сировина	Маса, кг	Вологість, %	Вміст сухих речовин, кг
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0	14,5	85,5
Дріжджі хлібопекарські пресовані	1,5	75,0	0,375
Сіль кухонна харчова	1,3	-	1,3
Цукор білий кристалічний, кг	1,5	0,14	1,498
Олія соняшникова, кг	1,5	0,1	1,499
Разом	105,8		90,172

Вихід тіста G_m , кг [7]:

$$G_m = \frac{\sum G_{cp}^{cup} \cdot 100}{100 - W_m} \quad (3.3)$$

$$G_m = \frac{90,172 \cdot 100}{100 - 46,0} = 166,99 \text{ кг}$$

Маса води в тісті G_{δ} , кг:

$$G_{\delta} = G_m - \sum G_{cup} \quad (3.4)$$

$$G_{\delta} = 166,99 - 105,8 = 61,19 \text{ кг.}$$

Маса розчину солі $G_{p.c}$, кг:

$$G_{p.c} = \frac{G_c \cdot 100}{C_c} \quad (3.5)$$

де C_c - концентрація солі, кг у 100 кг розчину.

$$G_{p.c} = \frac{1,3 \cdot 100}{26} = 5,0 \text{ кг}$$

Маса води, що вноситься з розчином солі:

$$G_{\delta}^{p.c} = G_{p.c} - G_c \quad (3.6)$$

$$G_{\delta}^{p.c} = 5,0 - 1,3 = 3,7 \text{ кг}$$

Визначаємо масу розчину цукру $G_{p.ц}$:

$$G_{p.ц} = \frac{1,5 \cdot 100}{50} = 3,0 \text{ кг}$$

Маса води, що вноситься з розчином цукру

$$G_{\delta}^{p.ц} = 3,0 - 1,5 = 1,5 \text{ кг}$$

Масу густої опари визначаємо, виходячи з маси сухих речовин в опарі

Таблиця 3.3 – Маса сухих речовин в опарі

Сировина	Маса, кг	Вологість, %	Маса сухих речовин
Борошно пшеничне вищого сорту	60	14,5	51,3
Дріжджі хлібопекарські пресовані	1,5	75	0,375
Разом	61,5	-	51,675

Вихід опари обчислюємо за формулою

$$G_o = \frac{\sum G_{cp}^o \cdot 100}{100 - W_o} \quad (3.7)$$

$$G_o = \frac{51,675 \cdot 100}{100 - 48,0} = 99,38 \text{ кг}$$

Загальна маса води в опарі

$$G_{в.о} = 99,38 - 61,5 = 37,88 \text{ кг}$$

Визначаємо масу дріжджової суспензії $G_{др.с}$, кг

$$G_{др.с} = 1,5 + 1,5 \cdot 3 = 6,0 \text{ кг}$$

Маса води у дріжджовій суспензії

$$G_{в.др.с} = 6,0 - 1,5 = 4,5 \text{ кг}$$

Маса води що вноситься безпосередньо в опару

$$G_{во} = 37,88 - 4,5 = 33,38 \text{ кг}$$

Маса води, яку додають під час замішування тіста:

$$G_e^{lm} = 61,19 - 3,7 - 1,5 - 4,5 - 33,38 = 18,11 \text{ кг}$$

Результати обчислень пофазної рецептури приготування тіста для хліба «Ново-Баварський» заносимо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 - Пофазна рецептура приготування тіста для хліба, кг на 100 кг борошна

Сировина і напівфабрикати	Всього	Опара	Тісто
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0	60,0	40,0
Дріжджова суспензія	6,0	6,0	-
Розчин солі	5,0	-	5,0
Розчин цукру	3,0	-	3,0
Вода	51,49	33,38	18,11
Олія соняшникова	1,5	-	1,5
Опара	-	-	99,38
Разом	166,99	99,38	166,99

3.1.3 Розрахунок виходу хліба

Вихід хліба розраховуємо за формулою [74]:

$$B_x = G_m - (B_{\bar{o}} + B_m + 3_{\bar{o}p} + 3_{o\bar{o}p} + 3_{yn} + 3_{y\kappa\lambda} + 3_{yc} + B_{kp} + B_{um} + B_{\bar{o}p}), \quad (3.8)$$

Маса тіста із 100 кг борошна G_m , кг обчислюють за формулою:

$$G_m = \frac{G_{cup}(100 - W_{cup})}{(100 - W_m)}, \quad (3.9)$$

де W_{cup} , % - середньозважена вологість сировини

Середньозважена вологість сировини W_{cup} , %:

$$W_{cup} = \frac{G_{\bar{o}} \cdot W_{\bar{o}} + G_{dp} \cdot W_{dp} + G_c \cdot W_c + G_{\bar{u}} \cdot W_{\bar{u}} + \dots}{G_{\bar{o}} + G_{dp} + G_c + G_{\bar{u}} + \dots}, \quad \% \quad (3.9)$$

де $W_{\bar{o}}$, W_{dp} , W_c , $W_{\bar{u}}$ вологість борошна, дріжджів, солі, цукру та іншої сировини, %

$$W_c = \frac{100 \cdot 14,5 + 1,50 \cdot 75 + 1,3 \cdot 0 + 1,5 \cdot 0,14 + 1,5 \cdot 0,10}{100 + 1,5 + 1,3 + 1,5 + 1,5} = 14,77\%$$

Маса тіста із 100 кг борошна G_m , кг:

$$G_m = \frac{105,8(100 - 14,77)}{(100 - 46,0)} = 166,99 \text{ кг}$$

Втрати борошна до замішування тіста $B_{\bar{o}}$, кг:

$$B_{\bar{o}} = \frac{g_{\bar{o}}(100 - W_{\bar{o}})}{100 - W_m}. \quad (3.10)$$

$$B_{\bar{o}} = \frac{0,04(100 - 14,5)}{100 - 46,0} = 0,06 \text{ кг}$$

Втрати борошна і напівфабрикатів від замішування до випікання, B_m , кг:

$$B_m = \frac{g_m(100 - W_{cp^i})}{100 - W_m}, \quad (3.11)$$

де W_{cp^i} — вологість відходів знаходиться в межах 30 -36, %.

$$(3.12)$$

$$W_{cp^i} = 34 \%$$

$$B_m = \frac{0,04(100 - 34)}{100 - 46,0} = 0,05 \text{ кг}$$

Затрати при бродінні напівфабрикатів Z_{br} , кг:

$$Z_{\text{бp}} = \frac{C_{\text{сyx}} \cdot 0,95(G_{\text{cup}} - g_{\text{обp}})(100 - W_{\text{cp}})}{1,96 \cdot 100(100 - W_T)} \quad (3.13)$$

$$Z_{\text{бp}} = \frac{3,1 \cdot 0,95(105,8 - 0,80)(100 - 14,77)}{1,96 \cdot 100(100 - 46,0)} = 2,49_{\text{кг}}$$

Затрати на оброблення тіста $Z_{\text{обp}}$, кг

$$Z_{\text{обp}} = \frac{g_{\text{обp}}(W_m - W_{\text{б}})}{100 - W_m} \quad (3.14)$$

$$Z_{\text{обp}} = \frac{0,8(46,0 - 14,5)}{100 - 46,0} = 0,47_{\text{кг}}$$

Затрати від упікання Z_{yn} , кг:

$$Z_{\text{yn}} = \frac{g_{\text{yn}}[G_m - (B_{\text{б}} + B_m + Z_{\text{бp}} + Z_{\text{обp}})]}{100} \quad (3.15)$$

$$Z_{\text{yn}} = \frac{12,0 \cdot [166,99 - (0,06 + 0,05 + 2,49 + 0,47)]}{100} = 19,67_{\text{кг}}$$

Витрати під час укладання гарячого хліба визначаємо за формулою

$$Z_{\text{укл}} = \frac{g_{\text{укл}}[G_m - (B_{\text{б}} + B_m + Z_{\text{бp}} + Z_{\text{обp}} + Z_{\text{yn}})]}{100} \quad (3.16):$$

$$Z_{\text{укл}} = \frac{0,6 \cdot [166,99 - (0,06 + 0,05 + 2,49 + 0,47 + 19,67)]}{100} = 0,86_{\text{кг}}$$

Витрати від усихання хліба:

$$Z_{\text{yc}} = \frac{g_{\text{yc}}[G_m - (B_{\text{б}} + B_m + Z_{\text{бp}} + Z_{\text{обp}} + Z_{\text{yn}} + Z_{\text{укл}})]}{100} \quad (3.17)$$

$$Z_{\text{yc}} = \frac{3,5 \cdot [166,99 - (0,06 + 0,05 + 2,49 + 0,47 + 19,67 + 0,86)]}{100} = 5,02_{\text{кг}}$$

Втрати з крихтами і ломом визначаємо за формулою:

$$B_{\text{кр}} = \frac{g_{\text{кр}}[G_m - (B_{\text{б}} + B_m + Z_{\text{бp}} + Z_{\text{обp}} + Z_{\text{yn}} + Z_{\text{укл}} + Z_{\text{yc}} + B_{\text{шт}})]}{100} \quad (3.18)$$

$$g_{\text{кр.хл}} = \frac{0,03 \cdot 100}{136,0} = 0,022_{\text{кг}}$$

$$B_{кр} = \frac{0,022 \cdot [166,99 - (0,06 + 0,05 + 2,49 + 0,47 + 19,67 + 0,86 + 5,02)]}{100} = 0,03$$

кг

Втрати за рахунок неточної маси штучних виробів визначаємо за формулою:

$$B_{шт} = \frac{g_{шт} [G_m - (B_{\sigma} + B_m + Z_{бр} + Z_{обр} + Z_{yn} + Z_{укл} + Z_{yc})]}{100} \quad (3.19)$$

$$B_{шт} = \frac{0,4 \cdot [166,99 - (0,06 + 0,05 + 2,49 + 0,47 + 19,67 + 0,86 + 5,02 + 0,03)]}{100} = 0,55$$

кг

Втрати від переробки браку визначаємо за формулами:

$$B_{бр} = \frac{g_{бр} [G_m - (B_{\sigma} + B_m + Z_{бр} + Z_{обр} + Z_{yn} + Z_{укл} + Z_{yc} + B_{шт} + B_{кр})]}{100} \quad (3.20)$$

$$B_{бр} = \frac{0,022 \cdot [166,99 - (0,06 + 0,05 + 2,49 + 0,47 + 19,67 + 0,86 + 5,02 + 0,03 + 0,55)]}{100} = 0,03.$$

Розрахунковий вихід хліба:

$$B_x = 166,99 -$$

$$(0,06 + 0,05 + 2,49 + 0,47 + 19,67 + 0,86 + 5,02 + 0,03 + 0,55 + 0,03) = 137,79 \%$$

Плановий вихід – 136,0 %.

3.1.4. Розрахунок виробничої рецептури витрати сировини і напівфабрикатів за хвилину для хліба

Напівфабрикати готують в устаткуванні безперервної дії, тому при розрахунку виробничої рецептури визначають витрати сировини і напівфабрикатів за хвилину. Для цього визначаємо витрати борошна за годину $G_{\sigma}^{год}$, кг/год та коефіцієнт перерахунку $K_{хв}$ [74]:

$$G_{\sigma}^{год} = \frac{P_{год} \cdot 100}{B_x}, \quad (3.21)$$

де $P_{год}$ – годинна продуктивність печі, кг/год;

B_x – плановий вихід хліба.

Розрахунок коефіцієнта перерахунку пофазної рецептури на виробничу

$$K_{\text{хв}} = \frac{G_{\text{б}}^{\text{зод}}}{100 \cdot 60}, \quad (3.22)$$

Витрати борошна за годину

$$G_{\text{б}}^{\text{зод}} = \frac{224,4 \cdot 100}{136,0} = 165,0 \text{ кг/год}$$

Коефіцієнт перерахунку пофазної рецептури на виробничу:

$$K_{\text{хв}} = \frac{165,0}{100 \cdot 60} = 0,028$$

Таблиця 3.5 - Виробнича рецептура приготування тіста

Сировина і напівфабрикати	Етапи технологічного процесу за хвилину	
	Опара	Тісто
Борошно пшеничне вищого сорту	1,68	1,12
Дріжджова суспензія	0,17	-
Розчин солі	-	0,14
Розчин цукру білого	-	0,084
Олія соняшникова	-	0,042
Вода	0,93	0,51
Опара	-	2,78
Разом	2,78	4,676

Температура води для замішування тіста $t_{\text{в}}^m$ °С з використанням опари:

$$t_{\text{в}} = t_m + \frac{G_{\text{б}} \cdot C_{\text{б}}(t_m - t_{\text{б}})}{G_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}}} + \frac{G_{\text{нф}} \cdot C_{\text{нф}}(t_m - t_{\text{нф}})}{G_{\text{в}}^{\text{нф}} \cdot C_{\text{в}}} + n, \quad (3.23)$$

де t_m , $t_{\text{нф}}$, $t_{\text{б}}$ - відповідно температура тіста, опари і борошна, -29°C; -28°C; 20°C;

$C_{\text{б}}$, $C_{\text{в}}$ - теплоємність борошна, води, кДж/кг·К (відповідно $C_{\text{б}} = 1,8$; $C_{\text{в}} = 4,2$);

n - поправка, яка залежить від пори року, °С

$$C_{\text{нф}} = \frac{W_{\text{нф}} + (100 - W_{\text{нф}}) \cdot C_{\text{б}}}{100} \quad (3.24)$$

де $C_{\bar{o}}$ – питома теплоємність борошна;

$W_{\text{нф}}$ – масова частка вологи у напівфабрикаті.

$$C_{\text{нф}} = \frac{48 + (100 - 48)1,8}{100} = 1,42 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$$

$$t_{\bar{o}}^m = 29 + \frac{40 \cdot 1,8(29 - 20)}{18,11 \cdot 4,2} + \frac{99,38 \cdot 1,42(29 - 28)}{33,38 \cdot 4,2} + 2 = 40,5$$

Розраховуємо величину маси шматків тіста $n_{\text{шм}}^m$, кг,

$$n_{\text{шм}}^m = \frac{G_{\text{хл}} \cdot 100 \cdot 100}{(100 - G_{\text{уп}})(100 - G_{\text{ус}})}, \quad (3.25)$$

де $G_{\text{хл}}$ – маса готового виробу, кг;

$G_{\text{уп}}$ – упікання - 12 %;

$G_{\text{ус}}$ – усихання – 3,5 %.

$$n_{\text{шм}}^m = \frac{0,5 \cdot 100 \cdot 100}{(100 - 12,0)(100 - 3,5)} = 0,59_{\text{кг}}$$

3.1.5. Розрахунок витрат сировини на виробництво хліба

Добові витрати борошна:

$$G_{\bar{o}}^{\text{доб}} = \frac{P_{\text{доб}} \cdot 100}{B_x}, \quad (3.26)$$

$$G_{\bar{o}}^{\text{доб}} = \frac{516120 \cdot 100}{136,0} = 37950 \text{ кг/доб}$$

Розрахунок витрат сировини $q_{\text{сир}}$, кг:

$$q_c = \frac{G_{\bar{o}}^{\text{доб}} \cdot C_{\text{сир}}}{100}, \text{ кг} \quad (3.27)$$

Добові витрати кожного виду сировини на 100 кг борошна за рецептурою:

Солі

$$q_c = \frac{37950 \cdot 1,3}{100} = 49,34 \text{ кг}$$

Дріжджів

$$q_{dp} = \frac{3795,0 \cdot 1,5}{100} = 56,9 \text{ кг}$$

Цукор білий

$$q_{ц} = \frac{3795,0 \cdot 1,5}{100} = 56,9 \text{ кг}$$

Олія соняшникова

$$q_{ол} = \frac{3795,0 \cdot 1,5}{100} = 56,9 \text{ кг}$$

Таблиця 3.6. – Необхідний запас сировини для організації технологічного процесу

Сировина	Добові витрати сировини, т	Спосіб зберігання	Нормативний термін запасу, діб	Необхідний запас сировини, т
Борошно вищого сорту	3,795	Безтарно у силосах	7	26,565
Дріжджі пресовані	0,057	Тарний у ящиках	3	0,171
Сіль кухонна харчова	0,049	Тарний у мішках	15	0,735
Цукор білий	0,057	Тарний у мішках	15	0,855
Олія соняшникова	0,057	У бочках	15	0,855

3.2. Розрахунок та підбір технологічного обладнання і устаткування

3.2.1. Розрахунок обладнання для зберігання і підготовки сировини до виробництва для хліба

Для виробництва хліба «Ново-Баварський» борошно зберігається у силосах. Кількість силосів N_c , шт., розраховуємо за формулою:

$$N_c = \frac{G_{\delta}^{доб} \cdot \tau}{V_{\delta}}, \quad (3.28)$$

де $G_{\delta}^{доб}$ - добові витрати борошна одного сорту, т;

V_{δ} - місткість одного силоса, т;

τ – норма запасу борошна - 7 діб.

Добові витрата борошна пшеничного вищого сорту – 3,795 т/доб.

$$N_{с.} = \frac{3,795 \cdot 7}{29,1} = 0,91 \text{ шт}$$

Застосовуємо силос ХЕ-160А.

Кількість борошняних ліній за формулою:

$$N_{\delta л} = \frac{G_{\delta}^{год}}{P_{\delta л}^{год}} \quad (3.29)$$

де $G_{\delta}^{год}$ - сумарні витрати борошна за годину, т/год;

$P_{\delta л}^{год}$ - продуктивність борошняної лінії за годину, т/год.

Продуктивність борошняної лінії - 540 кг/год

$$N_{\delta л} = \frac{165,0}{540} = 0,3 \text{ шт.}$$

$$V_{\delta} = \frac{G_{\delta}^{год} \cdot \tau}{\rho_{\delta}}, \quad (3.30)$$

де $G_{\delta}^{год}$ – витрати борошна за годину: для опари 99 кг (60 %),

для тіста – 66 кг/год;

τ – запас борошна в силосі, год.;

ρ_{δ} – об'ємна маса борошна вищого сорту - 0.500, т/м³.

Об'єм виробничого силосу для опари:

$$V_{\delta}^o = \frac{0,099 \cdot 10}{0,500} = 1,98 \text{ м}^3$$

Кількість силосів ХЕ – 112:

$$N_{\delta}^o = \frac{1,98}{2,73} = 0,73, \text{ шт}$$

Об'єм виробничого силосу для тіста:

$$V_{\text{вс}}^{\delta} = \frac{0,066 \cdot 10}{0,500} = 1,32 \text{ м}^3$$

$$N_{\text{вс}}^{\delta} = \frac{1,32}{2,73} = 0,48 \quad 1 \text{ шт}$$

Об'єм ємкостей V , м^3 , для зберігання сольового і цукрового розчинів розраховуємо за формулою:

$$V = \frac{G_{\text{зан}} \cdot \tau_3 \cdot 100 \cdot K}{c \cdot \rho}, \quad (3.31)$$

де $G_{\text{зан}}$ – витрати солі, цукру за добу, т;

K – коефіцієнт збільшення об'єму ємкості ($K = 1,2$);

c – концентрація розчину солі 26 % цукру 50 %; ρ – густина розчину солі 1,2 т/м^3 , цукру – 1,23 т/м^3 .

τ_3 – норма запасу сировини.

$$V_{\text{р.с}} = \frac{0,049 \cdot 2 \cdot 100 \cdot 1,2}{26 \cdot 1,2} = 0,38 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{р.ц}} = \frac{0,057 \cdot 2 \cdot 100 \cdot 1,2}{50 \cdot 1,23} = 0,22 \text{ м}^3$$

3.2.2. Розрахунок обладнання для замішування і бродіння напівфабрикатів для хліба

Кількість тістомісильних машин знаходимо за формулою:

$$N_{\text{тм}} = \frac{P_{\text{м}}}{P}, \text{ шт.} \quad (3.32)$$

де $P_{\text{м}}$ – необхідна продуктивність місильної машини, кг/хв .

P – продуктивність тістомісильної машини згідно технічної характеристики, кг/хв .

$$P_{\text{м}} = g_{\text{нф}} \cdot K_3 \text{ кг/хв} \quad (3.33)$$

$g_{\text{нф}}$ – маса напівфабрикату за хвилину, кг/хв

K_3 – коефіцієнт перерахунку вимушених зупинок, 1,07

Об'єм ємностей для бродіння опари і тіста, дм^3 :

$$V_o = \frac{G_o^o \tau_o \cdot 100}{q}, \quad (3.34)$$

$$V_m = \frac{G_m^m \tau_m \cdot 100}{q}, \quad (3.35)$$

де G_o^o, G_m^m - хвилинні витрати борошна на приготування опари, тіста.

τ_o, τ_m – тривалість бродіння, хв;

q – норма завантаження борошна, кг на 100 дм³ об'єму корита.

За формулою (1.37) розраховуємо продуктивність тістомісильної машини для опари:

$$P_m = 2,78 \cdot 1,07 = 3,0 \text{ кг/хв}$$

Кількість тістомісильних машин Х-26А

$$N_{mm} = \frac{3,0}{10,9} = 0,28 \text{ шт}$$

Об'єм ємностей для опари:

$$V_o = \frac{1,68 \cdot 170 \cdot 100}{26} = 1098 \text{ дм}^3, \text{ приймаємо } 1,1 \text{ м}^3.$$

Продуктивність тістомісильної машини для тіста, кг/хв

$$P_m = 4,676 \cdot 1,07 = 5,0 \text{ кг/хв}$$

Кількість машин Х – 26А

$$N_{mm} = \frac{5,0}{10,9} = 0,46 \text{ шт}$$

Об'єм обладнання для бродіння тіста

$$V_m = \frac{1,12 \cdot 60 \cdot 100}{32} = 210 \text{ дм}^3, \text{ приймаємо } 0,21 \text{ м}^3$$

3.2.3. Розрахунок обладнання для оброблення напівфабрикатів для хліба

Кількість тістових заготовок визначають за формулою:

$$N_{m.з} = \frac{P_{год}}{60 \cdot g_с}, \quad (3.36)$$

де $P_{год}$ – годинна продуктивність печі, кг/год;

$g_с$ – маса виробу, кг.

Кількість тістоподільних машин:

$$N = \frac{N_{m.з} \cdot K}{P}, \quad (3.37)$$

де P – продуктивність тістоподільної машини згідно технічної характеристики, шматків за хвилину;

K – коефіцієнт запасу, який враховує зупинку тістоподільника і відбраковування шматків.

Розрахунок машин для поділу тіста для хліба «Ново-Баварський».

За формулою (3.37) обчислюємо кількість тістових заготовок $N_{mз}$, шт/хв.,

$$N_{m.з} = \frac{224,4}{60 \cdot 0,5} = 7,5 \text{ шт}$$

Для поділу тіста на заготовки встановлюємо стіл з вагами.

Обладнання для остаточного вистоювання тістових заготовок використовується з метою створення оптимальних умов перед випіканням хліба. У процесі вистоювання заготовки збільшуються в об'ємі, формують необхідну пористість та правильну структуру м'якушки. Для цього на хлібопекарських підприємствах застосовують різні типи обладнання. Найпоширенішими є камерні вистійні шафи, з регульованою температурою, зазвичай у межах 35–40 °С, та відносною вологістю повітря 70–85 %, що забезпечує рівномірне бродіння великої кількості заготовок. На великих виробництвах широко використовують конвеєрні вистійні шафи, де тістові заготовки рухаються стрічковим або підвісним конвеєром, проходячи через зони з оптимальними умовами для бродіння. Також застосовуються секційні або модульні шафи, що складаються з окремих відділень і дозволяють

регулювати процес залежно від виду виробу та тривалості технологічного циклу. На сучасних підприємствах все більшого поширення набувають автоматизовані лінії вистоювання, які поєднують кілька технологічних операцій, включаючи поділ тіста, округлення, вистоювання та подачу заготовок у піч. Використання такого обладнання гарантує стабільні параметри температури й вологості, завдяки чому хліб набуває правильного об'єму, рівномірної пористості м'якушки.

До обраної печі пропонуємо колискову вистійну шафу.

Потрібно врахувати кількість тістових заготовок за формулою:

$$N_{m.3}^{o.6} = \frac{P_{zod} \cdot \tau_{o.6}}{60 \cdot g_6}, \quad (3.38)$$

де $\tau_{o.6}$ – тривалість остаточного вистоювання, хв.

Знаходимо кількість колисок для остаточного вистоювання $N_{кол}^{o.6}$, шт:

$$N_{кол} = \frac{N_{m.3}^{o.6}}{n_{m.3}} \quad (3.39)$$

де $n_{m.3}$ - кількість тістових заготовок на одній колисі, шт

Кількість тістових заготовок для хліба «Ново-Баварський»

Підходить універсальна вистійна шафа А2-ХРВ загальною кількістю колисок – 50 шт.

$$N_{m.3}^{o.6} = \frac{224,4 \cdot 60}{60 \cdot 0,5} = 448,8 \text{ шт}$$

$$N_{кол} = \frac{448,8}{11} = 40,8$$

шт приймаємо 41 шт.

3.2.4. Розрахунок обладнання хлібосховища та експедиції для хліба

Кількість лотків розраховуємо за формулою

$$N_{л}^{zod} = \frac{P_{zod}}{n \cdot g_6}. \quad (3.40)$$

де n – кількість виробів на лотку.

$$N_{ваг}^{zod} = \frac{N_{л}^{zod}}{N_{л}}. \quad (3.41)$$

Ритм заповнення вагонеток, хв

$$r = \frac{60}{N_{\epsilon}^{zod}}. \quad (3.42)$$

$$N_{\text{л}}^{zod} = \frac{224,40}{18 \cdot 0,5} = 24,9_{\text{шт}}, 25 \text{ л.}$$

$$N_{\text{ваг}}^{zod} = \frac{25}{16} = 1,6, \quad 2 \text{ шт}$$

Ритм заповнення вагонеток, хв

$$r = \frac{60}{1,6} = 37,5 \text{ хв.}$$

$$N_{\text{ваг}} = 1,6 \cdot 8 = 12,8_{\text{шт}}$$

Для зберігання хліба «Ново-Баварський» протягом 8 год необхідно 13 вагонеток.

3.3. Розрахунок площ приміщень для забезпечення виробництва

3.3.1. Площа складського приміщення для тарного зберігання сировини для виробництва хліба

За формулою розраховуємо площу складу для зберігання сировини F_c , м^2 :

$$F_c = \frac{G_{\text{доб.}}}{q} \cdot \tau \mu, \quad (3.43)$$

τ – норма запасу сировини, діб;

q – норма навантаження на 1 м^2 підлоги, т/м^2

μ - коефіцієнт, що враховує проходи:– для сировини 1,5.

$$F_{\text{силь}} = \frac{0,049 \cdot 15}{0,8} 1,5 = 1,38 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{др}} = \frac{0,057 \cdot 3}{0,54} 1,5 = 0,47 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ц}} = \frac{0,057 \cdot 15}{0,8} 1,5 = 1,6 \text{ м}^2$$

3.3.2. Розрахунок площ складу готової продукції

Площу складу готової продукції, м², розраховують за формулою:

$$S = S_i \cdot P_i \quad (3.44)$$

де S_i - нормативна площа складу готової продукції на 1 т продуктивності підприємства;

P_i – добова продуктивність підприємства, т/добу.

для хліба «Ново-Баварський».

$$S_1 = 10 \cdot 5,161 = 51,161 \text{ м}^2$$

3.4. Опис технологічного процесу виробництва хліба

Виробництво хліба здійснюється за двофазною схемою, яка включає приготування опари, її бродіння, замішування тіста, визрівання його, формування заготовок, їх вистоювання та випікання. Такий спосіб забезпечує отримання хліба високої якості з приємним ароматом, рівномірною пористістю і тривалим терміном зберігання.

На початковому етапі проводять підготовку сировини: борошно просіюють (Л 2, п. 2) для видалення домішок і насичення киснем, воду доводять до необхідної температури (Л 2, п. 5,6), дріжджі розчиняють у теплій воді, а сіль і цукор готують у вигляді розчинів.

Велику густу опару готують наступним чином: беруть близько 60 – 70 % від загальної кількості борошна, частину води, усі дріжджі та змішують у тістомісильній машині (Л 2, п. 8). Опара має густу консистенцію з вологістю приблизно 43–45 %. Після замішування її залишають на бродіння при температурі 28–30 °С на 150 – 180 хв у кориті (Л 2, п. 22).

Після визрівання опара переходить у тістомісильну машину (Л 2, п. 17) де відбувається замішування тіста. Вносять розчини солі, цукру, олію решту води, борошна. Тісто замішують до однорідної, еластичної маси з

температурою 30 °С. Після цього його залишають для бродіння (Л 2, п. 22) протягом однієї години. У цей період відбувається активне газоутворення, формування клейковинного комплексу.

Після дозрівання тісто направляють на ділення (Л 2, п.18) та формування заготовок на закатувальній машині (Л 2, п. 24). Потім вироби піддають остаточному вистоюванню у вистоювальній шафі (Л 2, п. 19) при температурі 35–38 °С і вологості 75–85 % протягом 55 хвилин. За цей час заготовки збільшуються в об'ємі і набувають пористої структури.

Після вистоювання заготовки подають у піч для випікання (Л 2, п. 20) при температурі 210 – 220 °С. Тривалість випікання становить 50 хвилин. У процесі випікання тісто піднімається, утворюється рум'яна скоринка, формується смак і аромат хліба. Після випікання готові вироби охолоджують до температури близько 30–35 °С, після чого направляють на зберігання.

3.5. Технохімічний контроль виробництва

Виробнича діяльність хлібопекарського підприємства, невід'ємною складовою якої є технохімічний контроль, повинна базуватись на вимогах, які надають державні стандарти (ДСТУ), міждержавні стандарти, технічні умови (ТУ У), технологічні інструкції (ТІ), рецептури (РЦУ) на конкретний продукт.

Технохімічний контроль на виробництві складається: з вхідного контролю якості основної та додаткової сировини, яка надходить на виробництво; контролю на стадії технологічного процесу та контролю якості готової продукції.

Вхідний контроль передбачає аналіз кожної партії сировини, що надходить на склад підприємства для виготовлення хліба «Ново-Баварський» та хліба «Либідський». Контроль здійснює лабораторія підприємства або інші організації, які акредитовані на право проведення таких досліджень.

Вимоги до лабораторій надані в нормативному документі «Положення про виробничу лабораторію підприємства хлібопекарської та макаронної

промисловості». Лабораторія має бути оснащена вимірювальною технікою, встановлювати перелік показників якості сировини і готової продукції, параметрів технологічного процесу, які підлягають контролю для забезпечення відповідності вимогам нормативних документів та технологічних інструкцій, щодо ведення технологічного процесу.

Контроль розпочинають із перевірки наявності документів від постачальника про якість сировини, що надійшла на склад. Потім лабораторія перевіряє кожен партію сировини на відповідність даним супроводжувальних документів (сертифікат якості, посвідчення якості) і нормам, встановленим у діючих нормативних документах.

Лабораторія також періодично контролює якість сировини при тривалому зберіганні її на складах.

Ознайомившись з даними супровідних документів здійснюється загальний огляд партії сировини. Дослідження якості сировини і готових виробів за усіма показниками проводять органолептичним і лабораторним методами. Результати аналізів фіксуються в лабораторних журналах.

Методики проведення аналізів передбачені чинними стандартами, технічними умовами або затвердженими інструкціями.

За допомогою органолептичних методів визначають такі показники як зовнішній вигляд, колір, запах, смак і хруст борошна, використовуючи органи чуття.

Фізико – хімічні показники сировини визначають лабораторним методом.

Таблиця 3.7. – Основні параметри контролю сировини.

Об'єкт контролю	Основні показники	Методи контролю	Результати
Борошно, дріжджі, сіль, цукор, соняшникова олія, суха молочна сироватка	Зовнішній вигляд колір, запах, смак	Органолептичний За допомогою зору, нюху. Орган смаку – ротова порожнина	Встановлюють порівнянням з вимогами стандарту
	Смак, наявність хрусту в борошні	Солі, цукру, сухої сироватки за смаком розчину, хруст борошна розжовуванням	Хруст свідчить про наявність мінеральних домішок, дріжджі, олія, суха молочна сироватка без сторонніх

			присмаків
Фізико – хімічні показники сировини			
Борошно	Вологість	Стандартним, зневодненням у повітряно-тепловій шафі,	Результат обчислюють в %, ділення різниці маси бюкса з наважкою до і після висушування, на масу наважки
Цукор - пісок		висушування,	
Олія соняшникова		висушуванням наважки олії до постійної маси,	
Суша молочна сироватка		Термогравіметричний (арбітражний) Висушування за температури (125±2)°C	
Суша молочна сироватка	Індекс розчинності, Кислотність	Визначення об'єму нерозчинного осаду у відновленій пробі, Нейтралізація кислот розчином гідроксиду натрію в присутності індикатора фенолфталеїну	Виражають у см ³ сирого осаду за шкалою пробірки Знаходять за формулою $K = k \cdot V$ k – коефіцієнт V – об'єм розчину гідроксиду натрію, витраченого на титрування, см ³
Дріжджі пресовані хлібопекарські	Підймальна сила	Прискорений метод (за кулькою) ДСТУ 4812:2007	Хороша якість: кулька підіймається за 14 - 20 хв.
		За стандартним	Підняття тіста у формі до 70 мм – не більше 55 хв

Завданням лабораторії є також контролювати дотримання технологічного режиму виробництва.

Основні параметри контролю напівфабрикатів та готової продукції наведено нижче в таблиці.

3.8. – Основні параметри контролю напівфабрикатів та готової продукції

Об'єкт контролю	Основні показники	Методи контролю	Результати
Стадія технологічного процесу			
Розчин солі, цукру	Густина розчину	Ареометричний	за допомогою ареометра двічі-тричі за зміну
Опара, тісто	Вологість	Експресним	Не менш двох разів за зміну
	Температура	Вимірюванням термометром	
	Кислотність	Титрування бовтанки розчином гідроксиду натрію	Укінці бродіння
Органолептичні показники якості готових виробів за ДСТУ 7044:2009 (1)			
Хліб «Ново-Баварський» Хліб «Либідський»	Форма, стан поверхні, забарвлення скоринки	Оцінювання зовнішнього вигляду	Форма відповідає певному виду, поверхня без тріщин, підривів, притисків

	Еластичність м'якушки	Натисканням на поверхню зрізу виробу	Повна відсутність залишкової деформації
	Аромат і смак	Дегустація	Мають відповідати сорту виробу, не мати сторонніх присмаків і запахів
Фізико-хімічні показники якості			
Батон, Хліб	Вологість	Стандартний Видалення вологи	Результат обчислюють в %, ділення різниці маси наважки до і після висушування, на масу наважки до висушування
	Пористість	Проводять аналіз, застосовуючи прилад Журавльова	Визначають у % за формулою, відношення об'єму пор до загального об'єму м'якушки.
	Кислотність	Титрування витяжки з м'якушки хліба розчином гідроксиду натрію	Загальну кислотність виражають у градусах

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1. Обов'язки працівників щодо охорони праці на підприємствах харчової промисловості

Основним обов'язком кожного працівника харчового підприємства є суворе дотримання вимог чинного законодавства, нормативних актів і інструкцій з охорони праці відповідно до займаної посади. Це є запорукою безпечного виконання професійних обов'язків, запобігання виробничим травмам, аваріям та шкоді здоров'ю. Працівник повинен постійно дбати про власну безпеку і безпеку колег, знати і виконувати вимоги інструкцій з охорони праці, своєчасно проходити навчання, інструктажі, а також попередні та періодичні медичні огляди. Важливо дотримуватись встановлених правил трудової і технологічної дисципліни, які регламентують поведінку працівників на території підприємства та у виробничих приміщеннях [76, 77].

Взаємовідносини між роботодавцем і працівниками регулюються Кодексом законів про працю України (КЗпП). Представлення та захист прав працівників у сфері виробничої діяльності, побуту і соціальних питань здійснюють професійні спілки [76].

За порушення законодавства про охорону праці працівники несуть дисциплінарну, адміністративну чи іншу відповідальність. Роботодавець має право застосовувати дисциплінарні стягнення — догану або звільнення з посади. Кожне порушення карається лише одним видом стягнення, про що видається відповідний наказ, із яким працівник ознайомлюється під розпис [77].

4.1.1. Принципи державної політики у сфері охорони праці

Згідно із Законом України «Про охорону праці», державна політика у цій сфері ґрунтується на таких основоположних принципах [77]:

- пріоритет життя і здоров'я працівників над результатами виробничої діяльності, повна відповідальність роботодавця за створення безпечних умов праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом постійного технічного контролю за станом виробництва, технологічних процесів і готової продукції;
- комплексний підхід до вирішення питань охорони праці через державні, галузеві та регіональні програми з урахуванням соціально-економічних чинників, досягнень науки, техніки та екології;
- соціальний захист працівників, зокрема повне відшкодування шкоди особам, які постраждали від нещасних випадків або професійних захворювань;
- уніфікація вимог з охорони праці для всіх підприємств незалежно від форми власності;
- адаптація умов праці до можливостей працівника з урахуванням стану його здоров'я та психофізіологічних особливостей;
- використання економічних механізмів управління охороною праці, у тому числі державне фінансування заходів безпеки;
- інформаційне забезпечення і навчання населення та працівників із питань охорони праці;
- координація діяльності державних органів, підприємств і громадських об'єднань, спрямована на узгоджене вирішення проблем безпеки, гігієни та охорони праці.

Для реалізації зазначених принципів в Україні створено низку спеціалізованих установ: Національну раду з питань безпечної життєдіяльності при Кабінеті Міністрів України, Державний комітет України з промислової безпеки та гірничого нагляду (Держгірпромнагляд),

Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці (ННДІПБОП), а також відповідні служби охорони праці в органах місцевої влади [76].

4.2. Захист продуктів харчування від радіоактивного, хімічного і бактеріологічного (біологічного) забруднення

У разі виникнення надзвичайних ситуацій у мирний час першочерговим завданням підприємств харчової промисловості є забезпечення надійного захисту запасів сировини, напівфабрикатів і готової продукції від зараження радіоактивними, хімічними чи біологічними речовинами. Для цього передбачаються такі основні заходи:

- будівництво складських і виробничих приміщень із підвищеною герметичністю;
- розроблення планів простої герметизації для приміщень, які не мають повної ізоляції;
- фасування продукції у герметичну тару;
- використання герметичних транспортних засобів для перевезення продуктів [77, 78].

Радіоактивне забруднення може виникати внаслідок осідання радіонуклідів на відкриті поверхні продуктів, сировини, обладнання чи тари, особливо якщо вони не захищені герметичними матеріалами. У випадку потрапляння отруйних чи сильнодіючих речовин ступінь зараження залежить від їхнього агрегатного стану (газ, пара, аерозоль) і фізико-хімічних властивостей. Найбільш небезпечними є стійкі отруйні речовини, що зберігають токсичність упродовж тривалого часу та здатні проникати всередину продуктів [77, 78].

Захист харчових об'єктів є одним із ключових завдань цивільного захисту. На кожному підприємстві розробляється спеціальний план захисту, який передбачає проведення організаційних і технічних заходів [78].

Основні групи заходів:

- організаційні – підвищення герметичності обладнання, створення лабораторій контролю забруднення, підготовка персоналу до дій у надзвичайних умовах;
- інженерно-технічні – герметизація виробничих і складських приміщень, встановлення фільтропоглиначів, протипилових фільтрів та кондиціонерів;
- санітарно-профілактичні – застосування герметичної тари, захисних покриттів і пакувальних матеріалів для продуктів харчування [78].

Отже, під час надзвичайних ситуацій необхідно забезпечити комплекс заходів, спрямованих на збереження безпечності харчової продукції та недопущення її зараження небезпечними речовинами чи мікроорганізмами.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Аналіз наукових джерел показав, що ферменти є перспективними екологічно безпечними покращувачами, здатними ефективно замінювати традиційні хімічні добавки, покращуючи якість тіста та готових виробів відповідно до концепції «чистої етикетки».

Розроблення рецептур дозволило встановити оптимальні співвідношення пшеничного борошна вищого ґатунку та цільозернового борошна (від 90:10 до 60:40), а також визначити доцільну концентрацію ензимного препарату – 0,02 % від маси борошна.

Встановлено, що збільшення частки цільозернового борошна спричиняє зростання кислотності тіста, тоді як застосування препарату Sunbake S200 активізує ферментативні процеси, інтенсифікуючи бродіння та сприяючи формуванню стабільної клейковинної структури.

Додавання Sunbake S200 у технологію підвищує питомий об'єм хліба на 5 – 7 %, покращує пористість м'якушки та зменшує крихкуватість під час зберігання. Це свідчить про позитивний вплив ферменту на свіжість і структурно-механічні властивості хліба.

Органолептична оцінка виявила, що ферментний препарат забезпечує кращу форму, рівномірну пористість, приємний аромат і смак, особливо у зразках із 10 – 30 % цільозернового борошна. Такі вироби мають високі споживні характеристики та привабливий зовнішній вигляд.

Отже, використання ензимного препарату Sunbake S200 у поєднанні з частковою заміною пшеничного борошна вищого ґатунку на цільозернове є ефективним технологічним рішенням для підвищення якості, подовження терміну свіжості та збагачення харчової цінності пшеничного хліба.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Vargas, M. C. A., & Simsek, S. (2021). Clean label in bread. *Foods*, 10(9), 2054.
2. Karpyk, H., Kukhtyn, M., Selskyi, V., Nazarko, I., Pokotylo, O., & Haidamaka, M. (2021). Research of technological properties of bread made with the addition of beet kvass. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 23(96), 3-7.
3. Kukhtyn, M., Kravchenyuk, K., Selskyi, V., Pokotylo, O., Vichko, O., Kopchak, N., & Hmelar, A. (2022). Evaluation of spontaneous fermentation with basil content in the technology of rye-wheat bread production. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 24(97), 14-19.
4. Sidorov, A., Protsak, P., Kukhtyn, M., & Voytko, K. (2024). Characteristics of the production technology of wheat bread with organic acids. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 26(101), 121-126.
5. Verbitska, V., Kukhtyn, M., Procak, P., Sidorov, A., & Koval, H. (2025). Assessment of technological indicators of Zaporizhzhya roll with a microbial metabolite–Tregalose. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 27(103), 23-30.
6. Lisovska, T., Rybak, O., Kuhtyn, M., & Chorna, N. (2015). Investigation of water binding in sponge cake with extruded corn meal. *Ukrainian food journal*, 4(3), 413-422.
7. Lialyk, A., Kravcheniuk, K., & Kukhtyn, M. (2024). Characteristics of fermentation changes in the dough for rye-wheat bread with the addition of propionic and lactic acid bacteria. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 26(101), 35-40.
8. Лялик, А. Т., Покотило, О. С., Кухтин, М. Д., & Добровольська, С. Я. (2020). Зміна органолептичних показників сиркової пасти з лляною олією за

різних умов зберігання. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, (1-1 (72)), 109-116.

9. Veraverbeke, W.S.. Delcour, J.A. (2002). Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 42, 179–208.

10. Mesta-Corral, M., Gómez-García, R., Balagurusamy, N., Torres-León, C., & Hernández-Almanza, A. Y. (2024). Technological and Nutritional Aspects of Bread Production: An overview of current status and future challenges. *Foods*, 13(13), 2062.

11. Sakandar, H.A.; Hussain, R.; Kubow, S.; Sadiq, F.A.; Huang, W.; Imran, M. Sourdough bread: A contemporary cereal fermented product. *J. Food Process Preserv.* 2019, 43, e13883

12. Agama-Acevedo, E.; Pacheco-Vargas, G.; Gutierrez-Meraz, F.; Tovar, J.; Bello-Perez, L.A. Dietary fiber content, texture, and in vitro starch digestibility of different white bread crusts. *J. Cereal Sci.* 2019, 89, 102824.

13. Turfani, V.; Narducci, V.; Durazzo, A.; Galli, V.; Carcea, M. Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours. *LWT* 2017, 78, 361–366.

14. Pamisetty, A.; Kumar, K.A.; Indrani, D.; Singh, R.P. Rheological, physico-sensory and antioxidant properties of puniceic acid rich wheat bread. *J. Food Sci. Technol.* 2020, 57, 253–262.

15. Rosell, C.M. The Science of Doughs and Bread Quality. In *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2011; pp. 3–14.

16. Elichalt, M.; Russo, M.; Vázquez, D.; Suburú, G.; Tihista, H.; Godiño, M. Lípidos, sodio y fibra dietética en harina de trigo y pan artesanal en Uruguay: Aporte nutricional según recomendaciones para distintos grupos de población. *Rev. Chil. Nutr.* 2017, 44, 71–78.

17. Dalevska, D., Pokotylo, O., Kukhtyn, M., Kopchak, N., Salata, V., Horiuk, Y., & Uglyar, T. (2021). Changes in organoleptic, microbiological and

biochemical properties of kefir with iodine addition during the storage. *Slovak Journal of Food Sciences/Potravinarstvo*, 15(1).

18. Di Pede, G.; Dodi, R.; Scarpa, C.; Brighenti, F.; Dall'asta, M.; Scazzina, F. Glycemic index values of pasta products: An overview. *Foods* 2021, 10, 2541.

19. Korrapati, D.; Jeyakumar, S.M.; Katragadda, S.; Ponday, L.R.; Acharya, V.; Epparapalli, S.; Vajreswari, A. Development of low glycemic index foods and their glucose response in young healthy non-diabetic subjects. *Prev. Nutr. Food Sci.* 2018, 23, 181–188.

20. Kurek, M.A.; Wyrwicz, J.; Karp, S.; Wierzbicka, A. Effect of fiber sources on fatty acids profile, glycemic index, and phenolic compound content of in vitro digested fortified wheat bread. *J. Food Sci. Technol.* 2018, 55, 1632–1640.

21. Lialyk, A. T., Pokotylo, A. S., & Kukhtyn, M. D. (2019). Microbiological parameters of cheese paste with the content of flaxseed oil at different storage temperatures. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 21(91), 124-129.

22. Sivam, A.S.; Sun-Waterhouse, D.; Quek, S.Y.; Perera, C.O. Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: A review. *J. Food Sci.* 2010, 75, R163–R174.

23. Schopf, M.; Wehrli, M.C.; Becker, T.; Jekle, M.; Scherf, K.A. Fundamental characterization of wheat gluten. *Eur. Food Res. Technol.* 2021, 247, 985–997.

24. Gumienna, M.; Górna, B. Gluten hypersensitivities and their impact on the production of gluten-free beer. *Eur. Food Res. Technol.* 2020, 246, 2147–2160.

25. Cappelli, A.; Bettaccini, L.; Cini, E. The kneading process: A systematic review of the effects on dough rheology and resulting bread characteristics, including improvement strategies. *Trends Food Sci. Technol.* 2020, 104, 91–101.

26. Cho, I.H.; Peterson, D.G. Chemistry of bread aroma: A review. *Food Sci. Biotechnol.* 2010, 19, 575–582.

27. Wang, K.; Lu, F.; Li, Z.; Zhao, L.; Han, C. Recent developments in gluten-free bread baking approaches: A review. *Food Sci. Technol.* 2017, 37, 1–9.
28. Horyuk, Y. V., Kukhtyn, M. D., Perkiy, Y. B., Horyuk, V. V., & Semenyuk, V. I. (2016). Identification of *Enterococcus* isolated from raw milk and cottage cheese “home” production and study of their sensitivity to antibiotics. *Scientific Messenger LNUVMBT named after SZ Gzhytskyj*, 18(3), 70.
29. Pareyt, B.; Finnie, S.M.; Putseys, J.A.; Delcour, J.A. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *J. Cereal Sci.* 2011, 54, 266–279.
30. Zhang, G.; Sun, Y.; Sadiq, F.A.; Sakandar, H.A.; He, G. Evaluation of the effect of *Saccharomyces cerevisiae* on fermentation characteristics and volatile compounds of sourdough. *J. Food Sci. Technol.* 2018, 55, 2079–2086.
31. Pasqualone, A.; Caponio, F.; Pagani, M.A.; Summo, C.; Paradiso, V.M. Effect of salt reduction on quality and acceptability of durum wheat bread. *Food Chem.* 2019, 289, 575–581.
32. Yang, Y.; Zhao, X.; Wang, R. Research progress on the formation mechanism and detection technology of bread flavor. *J. Food Sci.* 2022, 87, 3724–3736.
33. Birch, A.N.; Petersen, M.A.; Hansen, Å.S. The aroma profile of wheat bread crumb influenced by yeast concentration and fermentation temperature. *LWT* 2013, 50, 480–488.
34. Lagrain, B.; Wilderjans, E.; Glorieux, C.; Delcour, J.A. Importance of Gluten and Starch for Structural and Textural Properties of Crumb from Fresh and Stored Bread. *Food Biophys.* 2012, 7, 173–181.
35. Parapouli, M.; Vasileiadis, A.; Afendra, A.S.; Hatziloukas, E. *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. *AIMS Microbiol.* 2020, 6, 1–31.
36. Xiang, H.; Sun-Waterhouse, D.; Waterhouse, G.I.N.; Cui, C.; Ruan, Z. Fermentation-enabled wellness foods: A fresh perspective. *Food Sci. Hum. Wellness* 2019, 8, 203–243.

37. Chang, X.; Huang, X.; Tian, X.; Wang, C.; Aheto, J.H.; Ernest, B.; Yi, R. Dynamic characteristics of dough during the fermentation process of Chinese steamed bread. *Food Chem.* 2020, *312*, 126050.
38. Kurek, M.; Wyrwisz, J. The Application of Dietary Fiber in Bread Products. *J. Food Process Technol.* 2015, *6*, 447.
39. Horiuk, Y. V., Kukhtyn, M. D., Vergeles, K. M., Kovalenko, V. L., Verkholiuk, M. M., Peleno, R. A., & Horiuk, V. V. (2018). Characteristics of enterococci isolated from raw milk and hand-made cottage cheese in Ukraine. *Research journal of pharmaceutical biological and chemical sciences*, *9*(2), 1128-1133.
40. Dewettinck, K.; Van Bockstaele, F.; Kühne, B.; Van de Walle, D.; Courtens, T.M.; Gellynck, X. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *J. Cereal Sci.* 2008, *48*, 243–257.
41. Rebholz, G.F.; Sebald, K.; Dirndorfer, S.; Dawid, C.; Hofmann, T.; Scherf, K.A. Impact of exogenous α -amylases on sugar formation in straight dough wheat bread. *Eur. Food Res. Technol.* 2021, *247*, 695–706.
42. Çelik, E.E.; Gökmen, V. Formation of Maillard reaction products in bread crust-like model system made of different whole cereal flours. *Eur. Food Res. Technol.* 2020, *246*, 1207–1218.
43. Papasidero, D.; Giorgi, A.; Rocchi, E.; Piazza, L. Bread as a Chemical Reactor: Triggering the Aroma Production through Chemical Kinetics. *Chem. Eng. Trans.* 2016, *52*, 985–990.
44. Shen, Y.; Tebben, L.; Chen, G.; Li, Y. Effect of amino acids on Maillard reaction product formation and total antioxidant capacity in white pan bread. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2019, *54*, 1372–1380.
45. Yu, H.; Zhang, R.; Yang, F.; Xie, Y.; Guo, Y.; Yao, W.; Zhou, W. Control strategies of pyrazines generation from Maillard reaction. *Trends Food Sci. Technol.* 2021, *112*, 795–807.
46. Das, R.S.; Tiwari, B.K.; Garcia-Vaquero, M. The Fundamentals of Bread. In *Traditional European Breads: An Illustrative Compendium of Ancestral*

Knowledge and Cultural Heritage; Springer International Publishing: Berlin/Heidelberg, Germany, 2023; pp. 1–40.

47. Kukuminato, S.; Koyama, K.; Koseki, S. Antibacterial Properties of Melanoidins Produced from Various Combinations of Maillard Reaction against Pathogenic Bacteria. *Microbiol. Spectr.* 2021, 9, e01142-21.

48. Matignon, A.; Tecante, A. Starch retrogradation: From starch components to cereal products. *Food Hydrocoll.* 2017, 68, 43–52.

49. Kukhtyn, M. D., Kovalenko, V. L., Pokotylo, O. S., Horyuk, Y. V., Horyuk, V. V., & Pokotylo, O. O. (2017). Staphylococcal contamination of raw milk and handmade dairy products, which are realized at the markets of Ukraine. *Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety*, (3, Iss. 1), 12-16.

50. Salinas, M.V.; Puppo, M.C. Bread Staling: Changes During Storage Caused by the Addition of Calcium Salts and Inulin to Wheat Flour. *Food Bioproc. Tech.* 2018, 11, 2067–2078.

51. Tebben, L.; Shen, Y.; Li, Y. Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality. *Trends Food Sci. Technol.* 2018, 81, 10–24.

52. Zain, M.Z.M.; Baba, A.S.; Shori, A.B. Effect of polyphenols enriched from green coffee bean on antioxidant activity and sensory evaluation of bread. *J. King Saud. Univ. Sci.* 2018, 30, 278–282.

53. Codină, G.G. Recent Advances in Cereals, Legumes and Oilseeds Grain Products Rheology and Quality. *Appl. Sci.* 2022, 12, 10–13.

54. Sabanis, D.; Tzia, C. Effect of rice, corn and soy flour addition on characteristics of bread produced from different wheat cultivars. *Food Bioproc. Tech.* 2009, 2, 68–79.

55. Portman, D.; Blanchard, C.; Maharjan, P.; McDonald, L.S.; Mawson, J.; Naiker, M.; Panozzo, J.F. Blending studies using wheat and lentil cotyledon flour—Effects on rheology and bread quality. *Cereal Chem.* 2018, 95,

56. Rachwa-Rosiak, D.; Nebesny, E.; Budryn, G. Chickpeas—Composition, Nutritional Value, Health Benefits, Application to Bread and Snacks: A Review. *Crit Rev. Food Sci. Nutr.* 2015, 55, 1137–1145.
57. Marchini, M.; Carini, E.; Cataldi, N.; Boukid, F.; Blandino, M.; Ganino, T.; Pellegrini, N. The use of red lentil flour in bakery products: How do particle size and substitution level affect rheological properties of wheat bread dough? *LWT* 2021, 136, 110299.
58. Sparvoli, F.; Giofr , S.; Cominelli, E.; Avite, E.; Giuberti, G.; Luongo, D.; Predieri, S. Sensory characteristics and nutritional quality of food products made with a biofortified and lectin free common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour. *Nutrients* 2021, 13, 4517.
59. Cheng, W.; Sun, Y.; Fan, M.; Li, Y.; Wang, L.; Qian, H. Wheat bran, as the resource of dietary fiber: A review. *Crit Rev. Food Sci. Nutr.* 2021, 62, 7269–7281.
60. World Health Organization. *Diet, Nutrition, and the Prevention of Chronic Diseases: Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation*; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2003.
61. Navrotskyi, S.; Guo, G.; Baenziger, P.S.; Xu, L.; Rose, D.J. Impact of wheat bran physical properties and chemical composition on whole grain flour mixing and baking properties. *J. Cereal Sci.* 2019, 89, 102790.
62. Liu, N.; Ma, S.; Li, L.; Wang, X. Study on the effect of wheat bran dietary fiber on the rheological properties of dough. *Grain Oil Sci. Technol.* 2019, 2, 1–5.
63. Chauhan, D.; Kumar, K.; Kumar, S.; Kumar, H. Effect of incorporation of oat flour on nutritional and organoleptic characteristics of bread and noodles. *Curr. Res. Nutr. Food Sci.* 2018, 6, 148–156.
64. Costa, R.T.D.; Silva, S.C.D.; Silva, L.S.; Silva, W.A.D.; Gonçalves, A.C.A.; Pires, C.V.; Martins, A.M.D.; Chavez, D.W.H.; Trombete, F.M. Whole chickpea flour as an ingredient for improving the nutritional quality of sandwich

bread: Effects on sensory acceptance, texture profile, and technological properties. *Rev. Chil. Nutr.* 2020, 47, 933–940.

65. Roman, L.; Martinez, M.M. Structural Basis of Resistant Starch (RS) in Bread: Natural and Commercial Alternatives. *Foods* 2019, 8, 267.

66. Kahraman, K.; Aktas-Akyildiz, E.; Ozturk, S.; Koksel, H. Effect of different resistant starch sources and wheat bran on dietary fibre content and in vitro glycaemic index values of cookies. *J. Cereal Sci.* 2019, 90, 102851.

67. Bede, D.; Zaixiang, L. Recent Developments in Resistant Starch as a Functional Food. *Starch/Staerke* 2021, 73, 2000139.

68. Barros, J.H.T.; Telis, V.R.N.; Taboga, S.; Franco, C.M.L. Resistant starch: Effect on rheology, quality, and staling rate of white wheat bread. *J. Food Sci. Technol.* 2018, 55, 4578–4588.

69. Arp, C.G.; Correa, M.J.; Ferrero, C. Kinetic study of staling in breads with high-amylose resistant starch. *Food Hydrocoll.* 2020, 106, 105879.

70. Lal, M.K.; Singh, B.; Sharma, S.; Singh, M.P.; Kumar, A. Glycemic index of starchy crops and factors affecting its digestibility: A review. *Trends Food Sci. Technol.* 2021, 111, 741–755.

71. Venturi, M.; Galli, V.; Pini, N.; Guerrini, S.; Sodi, C.; Granchi, L. Influence of different leavening agents on technological and nutritional characteristics of whole grain breads obtained from ancient and modern flour varieties. *Eur. Food Res. Technol.* 2021, 247, 1701–1710.

72. Giraldo, P.; Benavente, E.; Manzano-Agugliaro, F.; Gimenez, E. Worldwide research trends on wheat and barley: A bibliometric comparative analysis. *Agronomy* 2019, 9, 352.

73. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. Київ : ПрофКнига, 2024. 516 с.

74. Хліб із пшеничного борошна. Рецептури. Технологічні інструкції. Київ : Укрхлібпром, 2016. 243 с.

75. Технологічні розрахунки у хлібопекарському виробництві / В.І.Дробот та ін. Київ : Кондор, 2010. 440 с.

76. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В. Мельников. – Львів: Афіша, 2000. – 350 с.
77. Основи охорони праці / Під ред. К.Н. Ткачука, Н.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006. – 448 с
78. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 156 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39196>.

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА
ПУЛЮЯ
(Україна)
УНІВЕРСИТЕТ МАУНТ-СЕНТ-ВІНСЕНТ
(Канада)
КАУНАСЬКИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(Литва)
УНІВЕРСИТЕТ АГРАРНИХ НАУК
ТА ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ В КЛЮЙ-НАПОКА
(Румунія)
ІНСТИТУТ ПРОДОВОЛЬЧИХ РЕСУРСІВ НААН УКРАЇНИ
(Україна)
ПАП «АГРОПРОДСЕРВІС»
(Україна)
ПРАТ «ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ МОЛОКОЗАВОД»
(Україна)

VIII Міжнародна науково-технічна конференція
Стан і перспективи харчової науки та
промисловості
присвячена 30-річчю заснування
кафедри харчової біотехнології і хімії
ТНТУ імені Івана Пулюя

Тези доповідей

25 – 26 вересня 2025 р.

Тернопіль

УДК 664

В. А. Пік, студент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЗИМІВ

V. A. Pik

IMPROVING WHEAT BREAD TECHNOLOGICAL INDICATORS BY USING ENZYMES

Сучасна хлібопекарська галузь орієнтована на підвищення якості готової продукції, подовження термінів її зберігання та зменшення втрат сировини. Традиційна технологія виробництва пшеничного хліба не завжди забезпечує стабільність показників, оскільки якість борошна може коливатися залежно від врожаю та умов зберігання [1]. Одним із ефективних рішень у таких умовах є використання ензимних препаратів.

Ензими є біологічними каталізаторами, що здатні вибірково впливати на певні компоненти тіста. Найпоширенішими у хлібопеченні є амілази, протеази, ксиланази та глюкооксидаза. Їхня дія дозволяє суттєво покращувати технологічні та споживчі характеристики хліба.

Амілази гідролізують крохмаль з утворенням декстринів та мальтози, що сприяє активнішому живленню дріжджів, рівномірному підйому тіста та формуванню об'єму хліба. Вони також впливають на утворення кірки, забарвлення та аромат готового виробу. Протеази частково розщеплюють білкові структури, знижуючи жорсткість клейковинного каркасу та покращують розтяжність тіста, що особливо важливо при роботі з борошном слабкої якості. Ксиланази діють на геміцелюлози клітинних стінок зерна, підвищуючи газоутримувальну здатність тіста й стабільність структури м'якушки. Це призводить до збільшення питомого об'єму хліба та кращої пористості. Використання глюкооксидази сприяє зміцненню клейковини через утворення додаткових дисульфідних зв'язків, що позитивно позначається на формостійкості хліба [2].

Завдяки ензимним препаратам зменшується процес черствіння хліба, оскільки ферментативний гідроліз уповільнює ретроградацію крохмалю. Це подовжує термін придатності без застосування штучних добавок чи консервантів [3].

Таким чином, використання ензимів у технології пшеничного хліба є перспективним напрямом, що дозволяє стабілізувати якість сировини, оптимізувати технологічні процеси та забезпечити високу споживчу цінність готової продукції. Подальші дослідження мають бути спрямовані на підбір комплексів ензимів залежно від властивостей конкретних партій борошна.

Література

1. Sidorov, A., Protsak, P., Kukhtyn, M., & Voytko, K. (2024). Characteristics of the production technology of wheat bread with organic acids. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 26(101), 121-126.
2. Cauvain S. *Technology of breadmaking*. – Springer, 2015.
3. Лялик, А. Т., Покотило, О. С., Кухтин, М. Д., & Добровольська, С. Я. (2020). Зміна органолептичних показників сиркової пасти з лляною олією за різних умов зберігання. *Вестник Херсонского национального технического университета*, (1-1 (72)), 109-116.