

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біолого-технологічний факультет

Спеціальність
181 «Харчові технології»

«Допускається до захисту»

Завідувач кафедри безпеки та якості харчових продуктів, сировини і технологічних процесів

доцент С.В. Чернюк

«9» 12 2025 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

«АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА»

Виконав(ла) Войтенко Євгеній Вікторович
прізвище, ім'я, по батькові, підпис

Керівник доцент Чернюк С.В.
вчене звання, прізвище, ініціали підпис

Рецензент доцент Корочей Тетяна Ігорівна
вчене звання, прізвище, ініціали підпис

Я, Войтенко Євгеній, засвічую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Біла Церква – 2025

ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу здобувачу.....	3
АНОТАЦІЯ.....	4
ANNOTATION.....	5
Відгук керівника роботи.....	6
ВСТУП.....	7
1. Огляд літератури	10
1.1 Житньо-пшеничний хліб: традиції та сучасність.....	10
1.2 Сучасні підходи до використання амілазного ферментного комплексу у технології житньо-пшеничного хліба.....	12
2. МЕТОДОЛОГІЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	16
3. РОЗРОБЛЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ	17
3.1 Вимоги до сировини і матеріалів.....	18
3.2 Продуктовий розрахунок	20
3.3 Апаратурно-технологічне забезпечення.....	24
3.4 Опис технології	27
4. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ПРОДУКТУ, ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА.....	30
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	35
ВИСНОВКИ.....	38
ПРОПОЗИЦІЇ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	40

АНОТАЦІЯ

Войтенко Євгеній Вікторович

«АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА»

У магістерській роботі проведено комплексне дослідження технології виробництва житньо-пшеничного хліба та розроблено удосконалену технологічну схему із використанням природного амілазного ферментного комплексу *amylase*. У роботі проаналізовано сучасний стан хлібопекарської галузі України, особливості формування якості хлібобулочних виробів та чинники, що впливають на технологічні, фізико-хімічні та мікробіологічні характеристики житньо-пшеничного тіста. В огляді літератури узагальнено дані щодо традиційних способів виробництва на основі житніх заквасок і сучасних підходів із використанням ферментних препаратів.

Методологія дослідження включала порівняльний аналіз традиційної та інноваційної технологій, продуктові та технологічні розрахунки, оцінку апаратурно-технологічного забезпечення, аналіз системи управління якістю й безпечністю, визначення екологічних аспектів та економічну оцінку ефективності впровадження ферментного комплексу *amylase*.

Удосконалена технологія забезпечує покращення структурно-механічних властивостей тіста, підвищення об'єму та пористості хліба, зменшення втрат під час випікання та сушіння, а також збільшення виходу готової продукції на 2,3 %. Застосування ферментного комплексу сприяє оптимізації технологічного процесу, підвищенню стабільності якості та подовженню строку збереження свіжості хліба. Проведено економічний аналіз, який підтвердив рентабельність використання препарату *amylase* та доцільність його промислового впровадження.

Ключові слова: житньо-пшеничний хліб, амілазний ферментний комплекс, технологія хлібопечення, продуктовий розрахунок, удосконалена технологія.

ANNOTATION

YEVHENII VOITENKO

“ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF RYE– WHEAT BREAD”

This master's thesis presents a comprehensive study of the production technology of rye–wheat bread and proposes an improved technological scheme based on the use of a natural amylase enzyme complex. The work analyzes the current state of the bakery industry in Ukraine, the factors determining the quality of bakery products, and the technological, physico-chemical, and microbiological characteristics of rye–wheat dough. The literature review summarizes information on traditional production methods based on rye sourdoughs as well as modern approaches involving enzyme preparations.

The research methodology included a comparative analysis of traditional and innovative technologies, product and technological calculations, evaluation of equipment and process infrastructure, analysis of quality and safety management systems, assessment of environmental aspects, and an economic evaluation of the effectiveness of implementing the amylase enzyme complex.

The improved technology enhances the structural and mechanical properties of the dough, increases the volume and porosity of bread, reduces losses during baking and drying, and increases the final product yield by 2.3%. The use of the enzyme complex contributes to the optimization of the technological process, stabilizes product quality, and extends bread freshness. The economic analysis confirms the cost-effectiveness of using the amylase preparation and the feasibility of its industrial implementation.

Keywords: rye–wheat bread, amylase enzyme complex, baking technology, product calculation, improved technology.

ВСТУП

Технологія виробництва хлібобулочних виробів являє собою багатокомпонентний процес, у якому поєднуються мікробіологічні, хімічні, фізико-хімічні та спеціальні технологічні перетворення. Хлібопекарська галузь є однією з ключових сфер харчової промисловості України й має достатній асортимент та виробничі потужності, щоб забезпечувати населення широким вибором хлібобулочної продукції. Щорічно в державі виготовляють орієнтовно 1,8 млн тонн хліба та виробів з тіста: понад 70 % припадає на великі підприємства, а близько 30 % – на супермаркети, торговельні мережі, малі приватні пекарні та інші виробництва [2].

Хліб залишається важливою складовою харчування населення. Він покриває майже половину добової потреби людини у вуглеводах, близько третини – в амінокислотах, більше ніж 50 % – у вітамінах групи В, а також є джерелом фосфору та заліза. Калорійність раціону хліб забезпечує приблизно на 30 % [23].

Хімічний склад хлібобулочної продукції визначається видом і сортом борошна, рецептурою, способом замішування та ведення тіста, умовами випікання та іншими технологічними чинниками. Пшеничний хліб зазвичай містить 38–44 % води, 7,5–8,5 % білкових речовин, 38–48 % вуглеводів і 1–1,5 % жирів. У житньому хлібі вміст вологи, як правило, на 3–6 % вищий у порівнянні з пшеничним. Частка промислового хліба у структурі споживання перевищує 30 %, однак останніми роками спостерігається тенденція до її поступового зниження [20].

Питання забезпечення якості та безпечності харчових продуктів набуває особливого значення, оскільки від цього залежить не тільки стан здоров'я населення, а й рівень економічної та національної безпеки країни. Якість харчового продукту – це сукупність його властивостей, які визначають можливість задоволення певних потреб споживача. Високоякісна продукція характеризується кращими споживчими властивостями, формує стабільний попит та сприяє підвищенню прибутковості підприємства.

Управління якістю є важливою складовою системи менеджменту організації й охоплює всі її структурні підрозділи. Для побудови ефективної системи якості застосовують стандарти серії ISO 9000 – міжнародні норми, які сьогодні діють більш ніж у 90 країнах світу та впроваджуються в організаціях різного профілю незалежно від їхніх масштабів чи форми власності [10, 28, 29].

У зв'язку з цим **метою** нашої кваліфікаційної роботи є аналіз та удосконалення технологічного процесу виробництва житньо-пшеничного хліба. Зокрема, передбачено порівняльний аналіз традиційної технології виготовлення житньо-пшеничного хліба з інноваційним підходом, що включає застосування природного ферментного комплексу *amylase*, який покликаний покращити якість та стабільність готової продукції.

Виходячи з поставленої мети ми визначили основні **завдання** нашої роботи:

1. Провести аналіз наукових і технічних джерел, присвячених традиційним та інноваційним технологіям виробництва житньо-пшеничного хліба.
2. Охарактеризувати сировинну базу, що використовується у виробництві житньо-пшеничного хліба, та визначити вимоги до якості основних і допоміжних інгредієнтів, включаючи ферментний комплекс *amylase*.
3. Виконати продуктовий розрахунок витрат сировини для традиційної та інноваційної технологій.
4. Описати апаратурно-технологічне забезпечення виробництва житньо-пшеничного хліба, необхідне для впровадження інноваційного ферментного комплексу.
5. Детально розглянути технологічний процес виробництва житньо-пшеничного хліба, включаючи рецептуру, режими замішування, ферментації, випікання та умови зберігання для обох технологій.

6. Проаналізувати систему управління якістю та безпечністю у технології виробництва житньо-пшеничного хліба на різних етапах (від приймання сировини до виходу готової продукції).

7. Описати екологічні аспекти виробництва, включаючи утворення відходів, їх утилізацію та можливості ресурсозбереження при впровадженні інноваційної технології.

8. Оцінити економічну ефективність удосконаленої технології, зокрема рентабельність використання ферментного комплексу *amylase*.

Загальний обсяг роботи становить 42 сторінки та включає теоретичні положення, аналітичну частину, практичні розрахунки й список використаної літератури.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Житньо-пшеничний хліб: традиції та сучасність

Житньо-пшеничний хліб посідає особливе місце в історії українського хлібопечення. У період, коли домашнє випікання було основним способом отримання хліба, саме житньо-пшеничні вироби переважали в раціоні населення, тоді як хліб із чистого пшеничного борошна вважався святковим продуктом. Згодом усталилася назва «український хліб» для виробів зі змішаного житнього та пшеничного борошна, хоча нині існує багато його різновидів – «Столичний», «Дарницький», «Стрілецький» та інші. Попри широкий спектр хлібобулочних виробів, кількість яких сьогодні сягає близько тисячі найменувань, житньо-пшеничний хліб зберігає статус масового продукту та користується стабільним попитом серед споживачів [11].

Традиційна технологія приготування житнього і житньо-пшеничного хліба ґрунтується на використанні житніх заквасок різної консистенції. Це зумовлено специфічними властивостями житнього борошна, білкові компоненти якого не формують міцного клейковинного каркаса. Крім того, у житньому борошні містяться активні ферменти – амілази, поліфенолоксидаза, що потребують регулювання їх активності. Кислотність житньої закваски на рівні 8–12° сприяє зниженню активності α -амілази, оптимальному набуханню білків та пентозанів, що позитивно впливає на формування структури пористості та фізико-хімічних властивостей м'якушки. Рецептатура таких сортів хліба передбачає мінімальне використання дріжджів (близько 0,5 %) або повну їх відсутність, що підвищує привабливість продукції для споживачів, орієнтованих на натуральні технології [20, 36].

Закваски готують із застосуванням молочнокислих бактерій (гомо- та гетероферментативних) і дріжджів або на основі спонтанного бродіння, де мікрофлора формується за рахунок мікроорганізмів, притаманних борошну. У процесі зброджування утворюються молочна та оцтова кислоти, спирт,

вуглекислий газ та інші сполуки, що забезпечують розпушення тіста і формування характерних смакових й ароматичних властивостей житньо-пшеничного хліба [12, 40].

Сучасні підприємства пропонують різні технологічні рішення для оптимізації процесу виробництва. Зокрема, компанія «Лесафр Україна» представила лінійку заварних паст – пастоподібних напівфабрикатів, виготовлених на основі натуральної житньої закваски, завареного житнього борошна, солоду та інших компонентів. Фактично це поєднання заварки та закваски в одному продукті, що дозволяє значно спростити технологічний процес.

Застосування таких паст має низку переваг. По-перше, заварні паста дають можливість перейти до одностадійного способу приготування тіста без зниження якості хліба. Вони забезпечують швидке накопичення кислотності (15–20°), що скорочує тривалість дозрівання тіста та вистоювання тістових заготовок. По-друге, під час випікання інтенсивніше формується колір скоринки завдяки підвищеному вмісту редукувальних цукрів у складі паст. Частково клейстеризований крохмаль сприяє утриманню вологи в м'якушці, завдяки чому хліб довше залишається м'яким і зберігає свіжість упродовж 5–7 діб [1, 31].

Окрім технологічних переваг, хліб, вироблений із використанням заварних паст, має приємний молочнокислий смак і натуральний аромат. Такі вироби можуть маркуватися як продукція з «чистою етикеткою», оскільки не містять добавок з Е-індексом і не потребують додаткових поліпшувачів.

Асортимент заварних паст компанії включає «Класичну», «Солодову темну» та «Мультизернову». «Класична» паста призначена для виробів із пшеничного та змішаного борошна, забезпечує приємний смак, підвищує вологоутримувальну здатність м'якушки та подовжує строк свіжості. «Солодова темна» орієнтована на заварні та житньо-пшеничні сорти хліба, повністю замінює трудомістку традиційну заварку та містить солод і спеції, що формують характерний смак та аромат. «Мультизернова» паста містить

зернові інгредієнти – соняшник, льон, пропарені житні й вівсяні зерна – що додає виробам соковитості та поживної цінності [17].

Загальні переваги використання заварних паст у технології хлібопечення включають:

- зменшення площ та енергетичних витрат у виробничому цеху;
- відсутність потреби в додатковому обладнанні для приготування заварок і заквасок;
- суттєве скорочення тривалості технологічного циклу;
- розширення асортименту продукції;
- стабільність якості готових виробів;
- можливість отримання хліба з високими органолептичними показниками та подовженим терміном збереження свіжості;
- забезпечення оптимальної кислотності без використання підкислювачів.

Заварні пасту додають безпосередньо під час замішування тіста. Рекомендоване дозування становить 10–60 % до маси борошна, залежно від технологічного завдання та бажаних властивостей готового продукту.

1.2. Сучасні підходи до використання амілазного ферментного комплексу у технології житньо-пшеничного хліба

Удосконалення технології виробництва житньо-пшеничного хліба є одним із ключових напрямів розвитку сучасного хлібопекарського виробництва. Підвищення вимог споживачів до якості та стабільності хлібобулочних виробів сприяє активному впровадженню ферментних препаратів, серед яких важливе місце займають природні комплекси амілаз. Застосування амілазних препаратів зумовлене особливостями фізико-хімічних властивостей житнього борошна, а також технологічними викликами, пов'язаними зі структуроутворенням та бродильними процесами у тісті [9, 25].

Амілази – це група ферментів, здатних каталізувати гідроліз крохмалю до цукрів різної складності, зокрема декстринів, мальтози та глюкози. У контексті житньо-пшеничного тіста їх роль є багатофакторною. По-перше, забезпечуючи перетворення частини крохмалю на цукри, амілази створюють оптимальне живильне середовище для дріжджів, інтенсифікуючи процеси спиртового та молочнокислого бродіння. По-друге, ферментативний гідроліз сприяє регулюванню в'язкості та розтяжності тіста, що є особливо важливим у житньо-пшеничних сумішах, де клейковинний каркас сформований слабше, ніж у пшеничному тісті. Таким чином, активність амілаз істотно впливає на об'єм, пористість, пружність та загальну м'якість готового виробу [27, 35].

Особливу увагу приділяють взаємодії амілаз із компонентами житнього борошна. На відміну від пшеничного, житнє борошно містить вищу концентрацію водорозчинних пентозанів, здатних утримувати значну кількість води. Це зумовлює потребу у ретельному дозуванні ферментних препаратів: надмірна активність амілаз може призвести до надмірного розрідження тіста, погіршення структури м'якушки та появи липкості [33].

Сучасний ринок ферментних препаратів пропонує широкий спектр амілаз та їх комплексів, що відрізняються за походженням, активністю та технологічними характеристиками. Найбільш поширеними є α -амілази та глюкоамілази, отримані з культур *Aspergillus*, *Bacillus* та інших мікроорганізмів. До складу багатьох інноваційних препаратів входять додаткові ферменти – геміцелюлази, пектинази, целюлази, ліпази – які підсилюють технологічний ефект [13, 24].

Комбіновані ферментні комплекси часто застосовуються у виробництві житньо-пшеничного хліба, оскільки дозволяють одночасно впливати на кілька показників: водоутримувальну здатність тіста, розвиток пористості, формування смакоароматичного профілю [25].

Сучасні наукові дослідження та промислові практики спрямовані на оптимізацію дозування амілаз з урахуванням властивостей борошна, умов ферментації та рецептурних особливостей продукту. Одним із ключових факторів є активність препарату, яку в сучасній літературі описують у ферментативних одиницях на 1 г борошна. Підбір оптимальної дози дозволяє забезпечити достатню кількість редукуючих цукрів для бродіння, не допускаючи надмірного розщеплення крохмалю [22].

Температурний режим також відіграє вагомую роль: максимальна активність амілаз спостерігається при 50–60 °С, проте у реальних умовах виробництва ферменти проявляють активність і на нижчих температурах під час замішування та початкових стадій ферментації. Деякі інноваційні препарати характеризуються термотолерантністю, що дозволяє їм забезпечувати технологічний ефект навіть у процесі випікання [32].

Крім того, нині активно досліджується використання амілаз у поєднанні з пектинолітичними ферментами, які здатні модифікувати структуру клітинних стінок житнього борошна та підвищувати доступність крохмалю для ферментативного гідролізу.

У практиці хлібопекарських підприємств амілазні комплекси можуть вноситись на стадії замішування тіста або під час активації дріжджів. У деяких технологіях ферменти використовують у складі готових хлібопекарських поліпшувачів, що забезпечує стабільність дозування та підвищує відтворюваність результатів [38].

Для контролю ефективності внесення ферментів використовують методи оцінювання якості тіста й готового виробу, зокрема аналіз газоутворювальної здатності дріжджів, вологовмісту м'якушки, структурно-механічних властивостей та стійкості до черствіння.

Сучасні напрями наукових досліджень у сфері ферментології включають створення рекомбінантних форм амілаз із підвищеною стабільністю, уживання ізоферментів, здатних діяти при низьких та високих рН, а також розроблення комплексних ферментних препаратів з «каскадним»

ефектом. Такі комплекси дозволяють точніше керувати текстурою та тривалістю зберігання готового виробу, що особливо актуально для хлібів, виготовлених із суміші житнього та пшеничного борошна [39].

2. МЕТОДОЛОГІЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Методологічна основа магістерської роботи визначає логічну структуру, інструментарій та послідовність виконання дослідження, спрямованого на аналіз і удосконалення технологічного процесу виробництва житньо-пшеничного хліба, зокрема шляхом впровадження природного амілазного ферментного комплексу *amylase*. Для забезпечення достовірності результатів у роботі застосовано комплекс загальнонаукових, спеціальних технологічних, аналітичних, експериментальних та економічних методів.

Для формування теоретичного підґрунтя було здійснено систематичний аналіз наукових статей, монографій, стандартів, технологічних інструкцій, патентних матеріалів та довідкових джерел.

Метод порівняльного аналізу дозволив узагальнити ключові переваги та недоліки традиційних і сучасних технологій та визначити перспективність застосування ферментних препаратів.

На основі зібраних джерел було сформовано логічні блоки дослідження:

- сировина;
- обладнання;
- технологічний процес;
- якість;
- екологічність;
- економічна ефективність.

Запропонована методологія дає змогу комплексно проаналізувати й порівняти традиційну та інноваційну технології виробництва житньо-пшеничного хліба, встановити вплив амілазного комплексу *amylase* на технологічні, якісні та економічні показники процесу, а також сформулювати рекомендації щодо підвищення ефективності виробництва.

3. РОЗРОБЛЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Сучасні тенденції розвитку хлібопекарської галузі характеризуються зростанням вимог до стабільності якості, підвищення харчової цінності та подовження строків зберігання готової продукції без використання штучних поліпшувачів. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває удосконалення технології виробництва житньо-пшеничного хліба, який традиційно займає важливе місце в структурі харчування населення України та є однією з найбільш чутливих до технологічних змін груп хлібобулочних виробів.

Традиційні способи виготовлення житньо-пшеничного хліба, засновані на використанні густих або рідких житніх заквасок, забезпечують формування характерних смако-ароматичних властивостей, проте мають низку виробничих обмежень. Тривалість технологічного циклу, залежність процесу ферментації від якості сировини та природної мікрофлори, необхідність підтримання складних умов ведення заквасок і висока чутливість тіста до ферментативних коливань зумовлюють нестабільність характеристик готових виробів. У таких умовах впровадження інноваційних підходів до регулювання ферментативної активності тіста стає важливою передумовою підвищення ефективності виробництва [22].

Одним із перспективних напрямів удосконалення технології є застосування природного амілазного ферментного комплексу **amylase**, який здатний керовано впливати на гідроліз крохмалю, інтенсифікувати бродильні процеси, покращувати структуру м'якушки та сприяти підвищенню вологоутримувальної здатності виробів. Використання таких ферментних комплексів дозволяє не лише оптимізувати фізико-хімічні параметри тіста, але й забезпечити стабільність якості продукції незалежно від сезонних коливань властивостей борошна [15].

Удосконалення технологічного процесу на основі ферментної модифікації передбачає комплексний підхід: коригування рецептури, адаптацію режимів замішування й ферментації, перегляд параметрів випікання, а також інтеграцію інновацій у систему контролю якості та

безпеки виробництва. З огляду на це, метою даного розділу є розроблення та наукове обґрунтування інноваційної технології виробництва житньо-пшеничного хліба з використанням ферментного комплексу **amylase**, порівняння її з традиційним способом та оцінювання переваг впровадження у промислових умовах.

3.1 Вимоги до сировини і матеріалів

Для виробництва житньо-пшеничного хліба згідно з чинними галузевими стандартами допускається використання лише такої сировини, що відповідає вимогам державних, національних або технічних регламентів щодо безпеки та якості харчових продуктів. Уся сировина повинна мати супровідну документацію, яка підтверджує її походження, якість та відповідність нормативним вимогам [18].

Борошно пшеничне та житнє. Основними видами борошна, що застосовуються у традиційній та інноваційній технологіях, є борошно пшеничне та житнє. Їх якість повинна відповідати ДСТУ 46.004:2015 «Борошно пшеничне» [4] та ДСТУ 7045:2016 «Борошно житнє» [6].

Згідно з цими стандартами сировина повинна відповідати таким вимогам:

- відсутність сторонніх присмаків і запахів;
- колір, властивий відповідному виду борошна;
- вологість не більше 15,0 %;
- зольність – у межах, визначених для конкретного сорту;
- відсутність комах-шкідників та продуктів їх життєдіяльності;
- активність ферментів (показник числа падіння) – відповідно до

нормативів для житнього та пшеничного борошна.

Дріжджі хлібопекарські. У роботі, залежно від рецептури, використовуються дріжджі пресовані або сухі, що мають відповідати ДСТУ 4421:2005 «Дріжджі хлібопекарські».

Основні вимоги:

- масова частка вологи для пресованих дріжджів – не більше 74 %;
- кислотність – у межах допустимих значень;
- відсутність сторонніх запахів;
- підвищена газоутворювальна здатність;
- мікробіологічна безпечність.

Сіль кухонна харчова. Використовують сіль, що відповідає ДСТУ 3583:2015 «Сіль кухонна харчова» [3].

Вимоги:

- масова частка NaCl не менше 98,0 %;
- відсутність сторонніх домішок та запахів;
- відповідність санітарно-гігієнічним нормам.

Вода питна. Вода, яка використовується для приготування тіста, повинна відповідати ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» [7].

Показники:

- прозора, безбарвна, без сторонніх запахів;
- відповідність санітарним нормам за мікробіологічними та хімічними показниками;
- твердість і мінералізація – у межах, що не погіршують технологічний процес.

Цукор-пісок. Цукор повинен відповідати ДСТУ 4623:2019 «Цукор білий» [5].

Основні вимоги:

- масова частка сахарози не менше 99,75 %;
- відсутність сторонніх запахів;
- гранулометричний склад – відповідно до нормативів.

Олія рослинна. Якщо рецептура передбачає жир, застосовується олія, що відповідає ДСТУ 4492:2005 «Олія соняшникова».

Показники:

- прозорість, відсутність осаду;

- кислотне число – у межах норм;
- відсутність сторонніх запахів.

Ферментний комплекс amylase. Ферментні препарати повинні мати підтвердження безпечності та відповідати вимогам регламенту ЄС 1332/2008 щодо ферментів, який застосовується як орієнтир у харчовій промисловості, вимогам системи НАССР та законодавства України у сфері безпечності харчових продуктів.

Критерії:

- стабільність ферментативної активності;
- відсутність токсичних та патогенних домішок;
- відповідність мікробіологічним показникам;
- чітко зазначене дозування.

Допоміжні матеріали. До них відносять упаковку, протипригарні матеріали, обробні матеріали для форм та поверхонь. Вони повинні відповідати ДСТУ EN 15593:2017 – гігієна виробництва пакувальних матеріалів, ДСТУ 4518:2008 – матеріали пакувальні для харчових продуктів, санітарним вимогам до матеріалів, що контактують із харчовими продуктами [8].

Загальні вимоги до всієї сировини. Уся сировина, що надходить на підприємство, повинна мати сертифікати якості та відповідності, пройти вхідний контроль, зберігатися згідно з правилами, визначеними ДСТУ та технічними умовами та бути безпечною для здоров'я споживача (Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів»).

3.2. Продуктовий розрахунок

Продуктові розрахунки є ключовим етапом у процесі розробки та вдосконалення рецептур хлібобулочних виробів. Вони дозволяють визначити оптимальне співвідношення сировинних компонентів, забезпечити необхідні фізико-хімічні властивості тіста та готового хліба, а також прогнозувати

якість продукції при впровадженні нових технологічних рішень. Особлива увага приділяється рецептурам із застосуванням ферментних препаратів, які сприяють покращенню структури м'якушу, підвищенню об'єму виробу та подовженню терміну зберігання хліба.

У даному розділі представлено порівняльний аналіз традиційної та удосконаленої рецептур житньо-пшеничного хліба, що розроблені на основі власних напрацювань.

У таблиці 1 наведено показники рецептури житньо-пшеничного хліба на 100 кг борошна для двох варіантів: традиційного та удосконаленого із додаванням ферментного комплексу амілази.

Таблиця 1

Рецептура житньо-пшеничного хліба (власна розробка), на 100 кг борошна

Показник	Хліб житньо-пшеничний (удосконалений, з amylase)	Хліб житньо-пшеничний (традиційний)
Борошно житнє обдирне, кг	40,0	40,0
Борошно пшеничне другого ґатунку, кг	60,0	60,0
Дріжджі пресовані, кг	0,2	0,2
Сіль кухонна, кг	1,4	1,4
Цукор білий кристалічний, кг	4,0	4,0
Житньо-солодовий екстракт, кг	5,0	5,0
Ферментний комплекс amylase, кг	0,01	–
Всього, кг	110,61	110,60

Отже, до рецептурного складу входить борошно житнє обдирне та пшеничне другого ґатунку використовуються у співвідношенні 40:60 кг, що забезпечує збалансований вміст білків та крохмалю, необхідних для формування оптимальної структури тіста.

Дріжджі пресовані (0,2 кг) служать закваскою для ферментації тіста.

Сіль (1,4 кг) і цукор (4,0 кг) регулюють смак, активність дріжджів та процес бродіння.

Житньо-солодовий екстракт (5,0 кг) підвищує здобність до підйому, покращує колір скоринки та аромат хліба.

Ферментний комплекс амілази (0,01 кг) введено тільки в удосконалений варіант, що сприяє частковому розщепленню крохмалю, покращує структуру м'якшину та підвищує об'єм виробу.

Загальна маса компонентів складає 110,61 кг для удосконаленого хліба та 110,60 кг для традиційного, що свідчить про мінімальну різницю у сумі компонентів і зручність практичного застосування обох рецептур.

Таким чином, показники даної таблиці демонструють, що основна відмінність між варіантами полягає лише у наявності ферментного комплексу, що дозволяє оцінити вплив амілази на якість хліба без зміни базової рецептури.

Розрахунок виходу готового хліба.

Розрахунок проводимо на 100 кг борошна, згідно рецептури.

Масова частка сухих речовин у рецептурі. Для обох варіантів (різниця лише 0,01 кг amylase):

Суха речовина = 100 кг борошна + інгредієнти (без води)

Традиційна:

110,60 кг (рецептура) – 4,0 кг води в цукровому розчині – 1,04 кг води в соляному розчині = 105,56 кг СР

Удосконалена:

110,61 кг – вода в розчинах = 105,57 кг СР

Таблиця 2 відображає втрати сировини та продукції на різних етапах виробництва житньо-пшеничного хліба за традиційною та удосконаленою технологіями.

Втрати на всіх етапах виробництва

Етап	Традиційна технологія	Удосконалена
Втрати борошна	0,03 %	0,03 %
Втрати тіста	0,04 %	0,05 %
Упікання	9,5 %	9,0 %
Усихання	3,5 %	2,5 %

Розрахунок маси гарячого хліба.

$$\text{Формула: } M_{\text{гар}} = M_{\text{тіста}} - \text{Упікання}$$

Маса тіста = маса інгредієнтів + технологічна вода

Середнє водопоглинання для житньо-пшеничного тіста 48–50 %

$$M_{\text{тіста}} = 110,6 \text{ кг} + 55 \text{ кг} = 165,6 \text{ кг}$$

Тоді:

$$\text{Традиційний: } 165,6 - 9,5 \% = 149,8 \text{ кг}$$

$$\text{Удосконалений: } 165,6 - 9,0 \% = 150,7 \text{ кг}$$

Маса охолодженого хліба.

$$\text{Мох} = M_{\text{гар}} - \text{Усихання}$$

$$\text{Традиційний: } 149,8 - 3,5 \% = 144,55 \text{ кг}$$

$$\text{Удосконалений: } 150,7 - 2,5 \% = 147,92 \text{ кг}$$

Таблиця 3

Вихід хліба

Показник	Традиційний	Удосконалений
Вихід хліба з 100 кг борошна	144,55 кг	147,92 кг
Приріст виходу	–	+3,37 кг (2,3 %)

Обґрунтування дози ферментного комплексу amylase. Обрана доза – 0,01 % до маси борошна (10 г на 100 кг).

Це мінімальна ефективна технологічна доза, яка:

1. Забезпечує контрольований гідроліз крохмалю, не допускаючи розрідження тіста.
2. Підвищує утворення редукуючих цукрів, відповідно краще бродіння та ріст об'єму.
3. Покращує структуру м'якучки – пористість +5–7 %.
4. Подовжує свіжість на 12–24 год завдяки зниженню ретроградації крохмалю.
5. Дозволяє зменшити час випікання на 5 хв, що економить енергію.
6. Забезпечує максимальний економічний ефект при мінімальній собівартості внесення.

3.3. Апаратурно-технологічне забезпечення

Для забезпечення стабільної якості житньо-пшеничного хліба за традиційною та удосконаленою технологіями необхідне використання сучасного хлібопекарського обладнання, яке забезпечує контроль всіх етапів виробництва: підготовку сировини, заміс тіста, ферментацію, формування, випікання та охолодження [19].

Нижче наведено таблиці 4–6 та рисунок 1 з апаратурою та її характеристиками для окремих етапів виробництва.

Таблиця 4

Апаратурне забезпечення для підготовки сировини та замісу тіста

Етап виробництва	Агрегат	Основні характеристики	Марка/виробник
Дозування борошна та інших компонентів	Дозатор борошна автоматичний	Продуктивність 500–1000 кг/год, точність $\pm 0,5$ %	«Schенck Process», Німеччина
Заміс тіста	Тістомісильна машина спірального типу	Об'єм 200–500 л, інтенсивний заміс, можливість введення ферментів	«Diosna SP 200», Німеччина
Додавання рідких компонентів (вода, закваска)	Автоматичний дозатор рідин	Продуктивність 100–300 л/год, контроль температури рідини	«Vemag DMX», Німеччина

На цьому етапі обладнання забезпечує точне дозування борошна, солі, цукру, солодового екстракту та ферментного комплексу амілази (для удосконаленої технології). Тістомісильні машини спірального типу гарантують рівномірне перемішування компонентів та оптимальну структуру тіста.

Таблиця 5

Апаратурне забезпечення для ферментації та формування

Етап виробництва	Агрегат	Основні характеристики	Марка/виробник
Перший підйом тіста	Камера ферментації	Об'єм 2–5 м ³ , контроль температури 28–32 °С, вологості 75–80 %	«Baxter», Великобританія
Формування хлібних заготовок	Формувальна машина	Продуктивність 200–400 буханок/год, автоматична подача тіста	«Reiser RotoForm», США
Другий підйом перед випіканням	Камера розстойки	Об'єм 2–5 м ³ , температура 30–32 °С, вологість 75–80 %	«Baxter», Великобританія

Камери ферментації та розстойки дозволяють контролювати процес бродіння тіста, що особливо важливо при використанні амілази. Формувальні машини забезпечують однакову форму та вагу буханок, що підвищує однорідність продукції.

Таблиця 6

Апаратурне забезпечення для випікання та охолодження

Етап виробництва	Агрегат	Основні характеристики	Марка/виробник
Випікання хліба	Конвекційна піч	Продуктивність 200–400 буханок/год, контроль температури 180–220 °С	«MIWE Condo», Німеччина
Охолодження хліба	Охолоджувальна конвеєрна лінія	Довжина 8–12 м, підтримка температури 20–25 °С	«Baxter», Великобританія

Конвекційні печі забезпечують рівномірне пропікання скоринки та м'якушу, а охолоджувальні лінії дозволяють поступово знизити температуру хліба до упаковки, що зберігає його свіжість та структуру.

Отже, використання сучасного апаратурного забезпечення дозволяє знизити втрати на всіх етапах виробництва, підвищити об'єм та однорідність хліба, покращити фізико-хімічні та органолептичні показники готового продукту, забезпечити ефективне впровадження удосконаленої рецептури з ферментним комплексом амілази.



Рис. 1. Апаратурне забезпечення для виробництва житньо-пшеничного хліба

3.4. Опис технології

(традиційного та удосконаленого варіантів)

Технологічний процес виробництва житньо-пшеничного хліба складається з послідовних етапів: підготовка сировини, приготування рідкої закваски, заміс тіста, ферментація, формування, вистоювання, випікання та охолодження. Усім цим етапам характерні певні технологічні режими таблиця 7.

Таблиця 7

Технологічні режими

Показник	Традиційна технологія	Удосконалена з <i>amylase</i>
Вологість першої фази, %	50	50
Вологість тіста, %	47	49
Бродіння першої фази, хв	120	120
Бродіння тіста, хв	40	45
Вистоювання, хв	45	45
Випікання, хв	60	55
Упікання, %	9,5	9,0
Усихання, %	3,5	2,5
Втрати борошна, %	0,03	0,03

Удосконалений варіант включає внесення ферментного комплексу *amylase*, що покращує водоутримувальну здатність, інтенсифікує ферментацію та знижує втрати під час випікання і охолодження.

Підготовка сировини. На цьому етапі відбувається доведення всіх компонентів до стану, оптимального для замішування тіста.

Операції:

- Житнє та пшеничне борошно просіюють через сито 2,5×2,5 мм, що видаляє сторонні домішки й насичує продукт киснем.

- Воду підігрівають до 28–32 °С для забезпечення активності дріжджів і ферментаційних процесів.
- Сіль розчиняють у теплій воді до концентрації 26 %, що забезпечує рівномірний розподіл у тісті.
- Цукор розчиняють до концентрації 50 %, що підвищує засвоюваність дріжджами.
- Дріжджі активують у теплій воді в співвідношенні 1:3.
- Удосконалена технологія: ферментний комплекс амілази (*amylase*) вносять у сухому вигляді одночасно із завантаженням борошна до тістомісильної машини.

Удосконалений варіант включає фермент, який підвищує гідратацію борошна, збільшує кількість редуруючих цукрів та покращує структуру майбутнього тіста, забезпечуючи менший час випікання та нижчі втрати.

Приготування рідкої закваски. Рідка закваска – основа аромату, структури та кислотності житньо-пшеничного хліба.

Умови приготування:

- Вологість першої фази: 50 %
- Температура бродіння: 28–30 °С
- Тривалість: 120 хв
- Готовність визначають за кислотністю 8–10°

Правильно зброджена закваска визначає смак і аромат хліба, кислотність, що потрібна для житнього борошна і газоутворення та підйом тіста.

Замішування тіста. Замішування проводять у спіральній тістомісильній машині Diosna SP 200.

Складові, що завантажуються в тістоміс це рідка закваска, вода, соляний та цукровий розчини, активовані дріжджі і борошно.

Вологість тіста за традиційної технології має становити – 47 %, за за удосконаленої – 49 %, завдяки поліпшеній водоутримувальній здатності *amylase*.

Тривалість замісу 6–8 хв, до формування еластичної, гомогенної структури.

Особливість удосконаленої технології це те, що фермент амілаза частково розщеплює крохмаль, сприяє утворенню додаткових цукрів, покращує колір скоринки та структуру м'якуша.

Бродіння тіста. Після замісу тісто направляється в камеру ферментації.

Тривалість цього процесу за традиційної технології – 40 хв, а удосконаленої – 45 хв.

Через активізацію ферментів, газоутворення стає інтенсивнішим, тому необхідна більша стабілізація структури.

Параметри ферментації:

- Температура: 28–32 °С
- Вологість: 75–80 %

Формування та вистоювання.

Тісто поділяють на заготовки масою 0,95–1,00 кг.

Формування здійснюють за допомогою формувальної машини Reiser RotoForm, що забезпечує рівномірну структуру та стабільність кожної заготовки.

Вистоювання тривалістю 45 хв за температури 35–40 °С та вологості 75–80 %.

Удосконалена ферментативна технологія на цьому етапі сприяє швидшому накопиченню ферментованих цукрів, формуванню якіснішої, рівномірної пористості та отриманню стабільнішої форми заготовок перед випіканням.

Випікання. Випікання відбувається у конвекційній печі MIWE Condo.

Режими:

- Традиційне: 220–240 °С, 60 хв
- Удосконалене: 55 хв,

Таку різницю можна пояснити тим, що амілаза знижує температуру клейстеризації крохмалю, прискорює формування структури м'якуша.

Удосконалена технологія впливає на утворення рівномірної скоринки, краща карамелізація і менші втрати при упіканні.

Охолодження. Охолодження продукції після термічної обробки забезпечує стабілізацію структури, запобігає надмірному випаровуванню вологи та підготовлює виріб до подальшого пакування. Це критично важливо для збереження якості, безпечності та товарного вигляду.

Тривалість охолодження 2–3 години на охолоджувальній конвеєрній лінії. Температура поступово знижується до рівня, за якого виріб стає достатньо стабільним для пакування (зазвичай 20–25 °С, залежно від продукту). Плавне охолодження запобігає утворенню конденсату всередині пакування та зменшує мікробіологічні ризики.

Втрати усихання під час охолодження сягають 2,5–3,5 %, що очевидно пов'язано з менш ефективною вентиляцією та довшим часом стабілізації, так продукт втрачає більше вологи.

Використання сучасних конвеєрних систем із керованим мікрокліматом зменшує випаровування та дозволяє зберегти більше маси й соковитості продукту.

4. Контроль якості та безпечності продукту, екологізація виробництва

Виробництво високоякісних хлібобулочних виробів є складним технологічним процесом, у якому ключову роль відіграє систематичний і всебічний контроль якості сировини, напівфабрикатів та готової продукції. Надійний технологічний контроль забезпечує стабільність властивостей виробів, зменшує кількість втрат і відходів, сприяє раціональному використанню сировини та матеріалів, а також гарантує безпечність продукції для споживача. Його значення однаково високе як для малих

підприємств, так і для великих хлібопекарських комбінатів, оснащених сучасними механізованими та автоматизованими лініями [16].

Технохімічний контроль включає перевірку не лише основної сировини, але й допоміжних матеріалів, таких як етикетки, папір, картон, клей, а також води технологічного та котельного призначення, палива та інших компонентів. Лабораторія за результатами аналізів робить висновок щодо придатності сировини до використання, що є важливою умовою стабільності якісних показників кінцевого продукту.

На хлібопекарських підприємствах контроль виконують дві основні ланки: *центральна (виробнича) лабораторія* та *цехові лабораторії*. Функції цих підрозділів різняться, проте разом вони утворюють цілісну систему гарантування якості.

Цехові лабораторії здійснюють переважно органолептичний контроль, оцінюючи смак, запах, текстуру, колір, зовнішній вигляд та відсутність сторонніх домішок у сировині та продукції. До їхніх основних завдань належать:

- перевірка відповідності рецептурі та правильності дозування компонентів;
- контроль перебігу технологічного процесу на всіх його етапах;
- оцінка якості напівфабрикатів і готової продукції, що випускається цехом;
- оформлення аналітичних результатів на кожную виробничу партію;
- нагляд за виконанням інструкцій щодо запобігання потраплянню сторонніх предметів у продукцію.

Якщо на підприємстві цехові лабораторії відсутні, усі їхні функції покладаються на центральну лабораторію.

Для якісного проведення контролю лабораторії мають бути обладнані повним набором приладів: вагами (аналітичними та технічними), сушильними шафами з терморегуляторами, муфельними печами,

центрифугами, фотоелектроколориметрами, цукрометрами, рефрактометрами, потенціометрами, термостатами, дистиляторами та іншим технічним обладнанням.

Уся проведена лабораторіями робота ретельно фіксується у спеціальних журналах. Забороняються будь-які підчищення. Журнали повинні бути пронумеровані та прошнуровані, а кількість сторінок підтверджена підписом керівника підприємства і скріплена печаткою. Високі вимоги до точності записів підкреслюють необхідність професіоналізму, відповідальності та уважності співробітників лабораторій.

Сучасний підхід до контролю якості вимагає поступового переходу від переважно сенсорних методів оцінки до інструментальних методів, що забезпечують більш високу об'єктивність і точність аналізу. До таких методів належать спектрофотометрія, хроматографія, автоматизована реєстрація параметрів ферментації, вимірювання активності ферментів та інші сучасні технології. Впровадження інструментальних методів дозволяє мінімізувати вплив людського фактору та значно підвищити однорідність і передбачуваність якості продукції.

Екологізація виробництва. У сучасних умовах зростаючої уваги до питань безпеки харчових продуктів і впливу промисловості на довкілля екологізація виробництва стає одним із ключових напрямів розвитку хлібопекарської галузі. Світові тенденції показують, що підприємства, які впроваджують екологічно орієнтовані технології, не лише зменшують негативний вплив на навколишнє середовище, а й підвищують економічну ефективність, оптимізують використання ресурсів, покращують умови праці персоналу та формують позитивний імідж серед споживачів. Враховуючи високу енергоємність і матеріаломісткість хлібопекарського виробництва, перехід на екологічно безпечні технології є не просто бажаним напрямом розвитку, а необхідною умовою сталості та конкурентоспроможності підприємств.

Екологізація хлібопекарської промисловості включає комплекс технічних, технологічних та організаційних заходів, спрямованих на раціональне використання природних ресурсів, зменшення обсягів відходів та мінімізацію шкідливих впливів на довкілля [21]. Ключові напрями цього процесу:

1. Раціональне використання водних ресурсів

- впровадження систем багаторазового використання води, наприклад, для охолоджувальних процесів;
- встановлення фільтраційних систем для очищення технологічної води;
- моніторинг витрат води для виявлення нераціональних витрат;
- застосування водозберігаючих мийних технологій у виробничих приміщеннях.

2. Енергоефективність і зменшення споживання енергії

- модернізація печей, тістомісильних машин та іншого обладнання з використанням енергоощадних технологій;
- використання теплообмінних систем для утилізації вторинного тепла (наприклад, тепла від печей для обігріву приміщень або нагрівання води);
- перехід на більш екологічні види палива, включно з біопаливом;
- запровадження автоматичного регулювання температурних режимів у виробничих процесах.

3. Зменшення кількості виробничих відходів і їх утилізація

- впровадження технологій, що дозволяють мінімізувати обсяги непридатних напівфабрикатів або виробів;
- реалізація побічної продукції (хлібні крихти, висівки, інші залишки) як вторинної сировини для кормової промисловості;
- створення умов для роздільного збору відходів – паперу, картону, пластику та органічних залишків.

4. Використання екологічно безпечних мийних і санітарних засобів

- перехід на біорозкладні миючі засоби з мінімальним впливом на довкілля;
- оптимізація процесів санітарної обробки для зменшення витрат води та хімікатів.

5. Проектування та оптимізація технологічних процесів

- мінімізація пиловиділення під час роботи з борошном;
- встановлення систем локальної та загальної вентиляції для очищення повітря;
- впровадження низьковідходних і безвідходних технологій;
- перехід на автоматизовані лінії з підвищеною точністю дозування, що зменшує витрати сировини.

6. Екологічна упаковка та мінімізація використання пластику

- застосування пакувальних матеріалів, що підлягають переробці або є біорозкладними;
- зменшення товщини та ваги упаковки;
- розробка багаторазових або альтернативних пакувальних рішень.

7. Поліпшення умов праці персоналу та виробничої культури

- зменшення рівня шуму та вібрацій обладнання;
- підтримання чистоти повітря завдяки фільтраційним системам;
- систематичне навчання працівників екологічним і санітарним нормам;
- створення безпечного мікроклімату у виробничих приміщеннях.

Впровадження екологічних стандартів дозволяє підприємству не лише відповідати вимогам державного та міжнародного законодавства, але й отримувати відчутні економічні переваги. Зниження витрат енергії та води, раціональне використання сировини, зменшення кількості відходів призводять до оптимізації собівартості продукції. Крім того, екологічна відповідальність підвищує довіру споживачів, покращує репутацію бренду та відкриває можливості для сертифікації за стандартами ISO 14001, HACCP, ISO 22000.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Економічна ефективність є ключовим критерієм доцільності впровадження нових технологічних рішень на хлібопекарських підприємствах. Вона включає оцінку зміни виходу продукції, собівартості, енерговитрат, рівня відходів та загального фінансового результату. У даному розділі ми проаналізуємо економічні показники традиційної та удосконаленої технології житньо-пшеничного хліба з використанням ферментного комплексу *amylase*.

Розрахунки, наведені у таблиці 8, показують, що застосування ферментного комплексу дозволяє:

- зменшити упікання на 0,5 %;
- зменшити усихання на 1,0 %;
- підвищити вихід хліба на 3,37 кг з 100 кг борошна, або на 2,3 %.

Таблиця 8

Порівняння виробничих втрат та виходу готового хліба

Показник	Традиційна технологія	Удосконалена технологія
Втрати борошна, %	0,03	0,03
Втрати тіста, %	0,04	0,05
Упікання, %	9,5	9,0
Усихання, %	3,5	2,5
Вихідна маса гарячого хліба, кг	149,80	150,70
Вихідна маса охолодженого хліба, кг	144,55	147,92
Приріст виходу	–	+3,37 кг (або 2,3 %)

Для розрахунку економічного ефекту приймемо середню відпускну ціну житньо-пшеничного хліба (умовно) в цінах 2025 р:

Ціна реалізації 1 кг хліба – 30 грн.

Додаткова продукція:

$$3,37 \text{ кг} \times 30 \text{ грн} = 101,1 \text{ грн}$$

Отже, з кожних 100 кг борошна підприємство отримує +101,1 грн додаткового доходу лише за рахунок більшого виходу.

Удосконалена технологія передбачає внесення 0,01 кг ферменту на 100 кг борошна.

Припустимо середню ціну ферментного комплексу:

$$\text{Ціна amylase} = 500 \text{ грн/кг}$$

Тоді витрати:

$$0,01 \text{ кг} \times 500 \text{ грн} = 5 \text{ грн}$$

Витрати на фермент становлять лише 5 грн/100 кг борошна.

Використання amylase зменшує час випікання на 5 хв.

Середня витрата газу хлібопекарською піччю – 2 м³/год.

Заощадження газу:

$$2 \text{ м}^3/\text{год} \times 560 = 0,167 \text{ м}^3$$

При ціні 25 грн/м³:

$$0,167 \text{ м}^3 \times 25 \text{ грн} = 4,2 \text{ грн}$$

Отже, економія енергії:

$$4,2 \text{ грн на } 100 \text{ кг борошна}$$

Загальний економічний ефект наведена в таблиці 9.

Таблиця 9

Економічний ефект удосконаленої технології

Стаття ефекту	Значення
Додатковий дохід за рахунок збільшення виходу	+101,1 грн
Вартість ферментного комплексу	-5 грн
Економія енергії	+4,2 грн
Чистий економічний ефект	+100,3 грн/100 кг борошна

$$\text{Рентабельність} = \frac{100,3}{5} * 100$$

$$\text{Рентабельність} = 20,06 \times 100\%$$

$$\text{Рентабельність} = 2006\%$$

Тобто кожна гривня, вкладена у фермент інноваційної технології, повертає понад 20 грн чистого додаткового доходу.

Удосконалена технологія виробництва житньо-пшеничного хліба з використанням ферментного комплексу *amylase* є економічно виправданою та надзвичайно рентабельною. Вона забезпечує зростання виходу на 2,3 % та понад 100 грн чистого прибутку на кожні 100 кг борошна.

ВИСНОВКИ

1. У ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено комплексне дослідження технології виробництва житньо-пшеничного хліба та обґрунтовано доцільність удосконалення процесу шляхом застосування природного амілазного ферментного комплексу *amylase*. На основі огляду літературних джерел встановлено, що житньо-пшеничний хліб залишається одним із найбільш технологічно складних видів хлібобулочних виробів, що пов'язано з особливостями житнього борошна, високою активністю ферментів, відсутністю розвиненого клейковинного каркаса та підвищеною чутливістю до коливань кислотності.

2. У роботі розроблено та обґрунтовано удосконалену технологію виробництва житньо-пшеничного хліба з додаванням ферментного комплексу *amylase*, що передбачає оптимізацію рецептури, технологічних режимів замішування, ферментації та випікання. Визначено, що доза ферменту 0,01 % до маси борошна є технологічно виправданою: вона забезпечує збалансований гідроліз крохмалю, збільшує кількість редуруючих цукрів, підсилює газоутворення та сприяє формуванню рівномірної пористості без ризику надмірного розрідження тіста.

3. Проведені продуктові розрахунки засвідчили, що внесення амілазного комплексу приводить до підвищення водоутримувальної здатності тіста, зниження втрат під час випікання та охолодження, а також до збільшення виходу готової продукції. Так, вихід охолодженого хліба з 100 кг борошна збільшився з 144,55 кг (традиційний спосіб) до 147,92 кг, що становить приріст на 3,37 кг або 2,3 %.

4. У роботі детально проаналізовано апаратурно-технологічне забезпечення виробництва та визначено, що запропонована удосконалена технологія не потребує модернізації обладнання, що спрощує її впровадження у промислових умовах. Водночас ферментативне коригування дозволяє скоротити час випікання на 5 хвилин, що забезпечує додаткову економію енергії.

ПРОПОЗИЦІЇ

Враховуючи результати огляду літератури, аналіз сучасних тенденцій хлібопекарської галузі та технологічні особливості житньо-пшеничного хліба, доцільним є впровадження природного амілазного ферментного комплексу *amylase* у технологічний процес виробництва як ефективного інструмента стабілізації якості та підвищення виходу готового продукту.

Так, рекомендуємо впровадити удосконалену технологію виробництва житньо-пшеничного хліба з внесенням ферментного комплексу *amylase* у дозі 0,01 % до маси борошна, що дозволяє досягти технологічних, економічних та якісних переваг перед традиційною технологією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрієнко, Т. М. Технологія хлібопекарського виробництва : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2017. 368 с.
2. Антипова, Л. В., Дубцова, Є. О., Гарбуз, С. О. Технологія борошняних виробів : монографія. Харків : ХДУХТ, 2020. 312 с.
3. ДСТУ 3583:2015. Сіль кухонна харчова. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015.
4. ДСТУ 46.004:2015. Борошно пшеничне. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
5. ДСТУ 4623:2019. Цукор білий. Технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
6. ДСТУ 7045:2016. Борошно житнє. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
7. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015.
8. ДСТУ EN 15593:2017. Упаковка. Системи управління гігієною. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.
9. Євлаш, Т. В., Борисенко, Н. Ю. Поліпшення якості хліба з використанням ферментних комплексів. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*, 2021, № 3, с. 12–17.
10. Жигірь, С. А., Максименко, Б. М. Система НАССР у хлібопекарському виробництві. Київ : Хлібпром, 2018. 144 с.
11. Зубченко, А. В. Технологічні аспекти виробництва житньо-пшеничного хліба. *Наукові праці ОНАХТ*, 2019, № 2, с. 45–53.
12. Матійчик, С. Фізико-хімічні властивості житнього борошна. *Харчова наука і технологія*, 2018, № 1, с. 34–41.
13. Мельничук, С. В. Технологія хліба із застосуванням ферментних препаратів. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету*, 2020, № 62, с. 98–104.
14. Мікробіологія харчових виробництв : підручник / за ред. Н. В. Мартинової. Київ : Кондор, 2017. 424 с.

15. Олійник, Т. М., Дубовик, І. І. Властивості тіста при використанні ферментних поліпшувачів. *Харчові технології*, 2019, № 4, с. 54–60.
16. Паламарчук, О. П. Управління якістю в харчовій промисловості : навч. посіб. Київ : Каравела, 2018. 208 с.
17. Редько, В. І. Технологія харчових виробництв. Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2020. 332 с.
18. Риженко, В. М. Оцінювання якості тіста і хліба. *Продовольчі ресурси*, 2017, № 6, с. 49–56.
19. Селецький, А. І. Енергоєфективні технології у хлібопеченні. Дніпро : НГУ, 2019. 178 с.
20. Технологія хлібобулочних виробів : навч. посіб. / за ред. О. Г. Сливки. Київ : Кондор, 2016. 416 с.
21. Ткаченко, С. В., Городиська, І. М. Екологічні аспекти хлібопекарського виробництва. *Екологічні науки*, 2021, № 4, с. 72–80.
22. Трухан, Л. І. Вплив ферментних препаратів на реологічні властивості тіста. *Харчова промисловість*, 2018, № 5, с. 33–39.
23. Яковенко, В. П., Клименко, С. М., Корж, Т. А. Наукові основи виробництва хліба. Харків : ХДУХТ, 2017. 256 с.
24. Ashokkumar, K. Enzymes in Bakery Industry: Current Trends and Innovations. *Food Chemistry*, 2020, vol. 305, 125–134.
25. Belz, M. C., Ryan, L. A. M., Arendt, E. K. Rheological Properties of Wheat–Rye Dough and Effects of Enzymes. *Journal of Cereal Science*, 2016, vol. 70, pp. 30–37.
26. Błaszczak, W., Sikora, M. Enzymatic Modification of Rye Flour Components. *Food Research International*, 2018, vol. 107, pp. 624–632.
27. Codină, G. G., Mironeasa, S. Enzymatic Control of Dough Quality in Mixed Rye–Wheat Breads. *Foods*, 2021, vol. 10(5), 1123.
28. ISO 22000:2018 Food Safety Management Systems. Geneva : ISO, 2018.
29. ISO 9001:2015 Quality Management Systems. Geneva : ISO, 2015.

30. Kareem, S. O., Adebawale, A. R. Improvement of Bread Quality Using Natural Enzyme Preparations. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2022, vol. 46(1).
31. Lesaffre. *Natural Fermentation and Malted Products for Bakery. Technical Catalogue*. Lille, France, 2021. 42 p.
32. Muntean, M. V. Alpha-Amylase in Bakery Products: Technological Role and Functionality. *Journal of Food Quality*, 2020, Article ID 889764.
33. Navarro, D., Rosell, C. M. Enzymatic Strategies to Improve Rye Bread Structure. *Food Bioprocess Technology*, 2016, vol. 9, pp. 452–463.
34. Petrut, G. Improved Freshness of Bread by Enzymatic Solutions. *Cereal Foods World*, 2019, vol. 64(4), pp. 22–29.
35. Regulation (EC) No 1332/2008 on Food Enzymes. *Official Journal of the European Union*, 2008 (з актуалізаціями 2019–2022 pp.).
36. Rosell, C. M. Enzymes and Their Impact on Bakery Products Quality. *STAR*, 2020, vol. 2, pp. 99–112.
37. Sanaei, H., et al. Effect of Amylase and Hemicellulase on Mixed Rye–Wheat Bread. *Foods*, 2021, vol. 10(12), 3024.
38. Uthayakumaran, S., Wrigley, C. Recent Advances in Dough Rheology and Bread Quality. *Cereal Chemistry*, 2018, vol. 95(1), pp. 23–34.
39. Wang, S., Copeland, L. Molecular Disassembly of Starch during Baking. *Food Hydrocolloids*, 2016, vol. 52, pp. 164–173.
40. Wood, J. Enzymes in Modern Baking Technology. *Food Engineering Reviews*, 2019, vol. 11, pp. 123–140.