

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

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.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Куманська Неля Андріївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження технологічних показників та
біологічної цінності хліба «Мінерального» з проектуванням
цеху виробництва продукту

Керівник роботи Кухтин Микола Дмитрович, д.в.н., професор
(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 (М1:50), 1 шт

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	Кухтин М.Д., зав.каф. ХБ		
Техніко-економічне обґрунтування	Кухтин М.Д., зав.каф. ХБ		
Проектно-технологічна частина	Кухтин М.Д., зав.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

Куманська Н.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Кухтин М.Д.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Реферат	6
	Вступ	7
I	НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	11
1.1.	Аналітичний огляд літературних джерел	11
1.1.1	Шляхи покращення технології та якості хліба	11
1.1.2	Характеристика харчових добавок, які використовуються у хлібопеченні	12
1.1.3	Ензими, які використовуються у хлібопекарській галузі	24
1.1.4	Розпушувачі для тіста	26
1.2.	Матеріали і методи досліджень	28
1.2.1	Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження	28
1.2.2	Методи досліджень	28
1.3.	Результати досліджень та їх обговорення	31
1.3.1	Актуальність збагачення мінеральними інгредієнтами пшеничного борошна у технології хліба підвищеного мінерального складу	31
1.3.2	Характеристика поживного, мінерального, вітамінного складу пшеничного, гречаного та гарбузового борошна	33
1.3.3	Розробка рецептури хліба підвищеного мінерально-вітамінного складу та оцінка бродильних властивостей тіста	39
1.3.4	Дослідження зразків готових виробів хліба «Мінерального» з пшеничним, гречаним та гарбузовим борошном	43
1.3.5	Органолептичні властивості та бальна оцінка дослідних зразків хліба “Мінерального” з борошна пшеничного, гречаного й гарбузового»	46
II	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	49
2.1	Вибір, обґрунтування і опис технологічної схеми	49
2.2	Опис апаратурно-технологічних схем ліній з виробництва	50

	продукції	
III	ПРОЄКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	52
3.1	Технологічні розрахунки виробництва запроєктованого асортименту	52
3.2.	Розрахунок продуктивності печі	53
3.3.	Розрахунок пофазних рецептур	55
3.4.	Розрахунок виходу виробів	60
3.5.	Розрахунок виробничих рецептур	65
3.6.	Розрахунок витрат сировини і площ для її зберігання	69
3.7.	Підбір технологічного обладнання	73
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	84
4.1	Охорона праці	84
4.1.1	Мікроклімат виробничих приміщень	84
4.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях	87
4.2.1	Оцінка стійкості процесу виготовлення хліба і хлібобулочних виробів в умовах надзвичайного стану	87
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	92
	Список літератури	94
	Додатки	101

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 102 с., 6 рис., 24 табл., 57 джерел.

БОРОШНО ПШЕНИЧНЕ, ГРЕЧАНЕ, ГАРБУЗОВЕ, ТЕХНОЛОГІЯ ХЛІБА, ПОКАЗНИКИ ХЛІБА «МІНЕРАЛЬНОГО».

Об'єкт дослідження – процес виробництва пшеничного хліба з додаванням гречаного та гарбузового борошна.

Мета роботи – наукове обґрунтування та розроблення технології пшеничного хліба підвищеного мінерального складу шляхом збагачення його гречаним і гарбузовим борошном у різних співвідношеннях.

Методи досліджень: аналітичні (ознайомлення з літературою щодо нетрадиційних видів борошна багатих на мінеральні речовини, їх можливість додавання у рецептуру хліба); фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні, статистичні.

Гречане борошно є цінним джерелом магнію, заліза, цинку, марганцю та вітамінів групи В, а гарбузове – містить підвищені кількості калію, фосфору, магнію, селену, токоферолів і каротиноїдів, що забезпечують антиоксидантну активність і високу біологічну цінність. Розроблено рецептури хліба «Мінерального», у яких частину пшеничного борошна (15 – 20 %) заміщено сумішшю гречаного та гарбузового у різних співвідношеннях. Встановлено, що додавання цих видів борошна активізує молочнокисле бродіння, підвищує кислотність тіста, сприяючи формуванню виразнішого аромату. Збільшення частки безглютенових компонентів (гречаного і гарбузового борошна) зумовлює певне зниження питомого об'єму та пористості хліба, що пояснюється ослабленням клейковинного каркасу. Найвищі загальні бальні оцінки отримали контрольний зразок (100 % пшеничне борошно) і зразок №2 (80 % пшеничного, 10 % гречаного, 5 % гарбузового борошна), що поєднує підвищену харчову цінність і збереження приємних сенсорних властивостей.

Вступ

Хліб і хлібобулочні вироби традиційно є основою харчового раціону населення України. Вони забезпечують значну частку енергетичних і пластичних потреб людини, однак за сучасних умов спостерігається тенденція до зниження їхньої біологічної цінності [1, 2]. Це насамперед зумовлено широким використанням пшеничного борошна вищого ґатунку, з якого під час виробництва видаляються оболонкові шари зерна, що містять більшу частину мінеральних елементів, вітамінів та харчових волокон [3].

Недостатнє надходження мікро- і макроелементів із продуктами харчування є актуальною проблемою сучасного суспільства, яка негативно впливає на стан здоров'я населення. Магній, залізо, цинк, селен, калій та інші елементи беруть участь у регуляції нервової, серцево-судинної та ендокринної систем, а також у формуванні кісткової тканини й активності ферментів [4, 5]. Тому одним із перспективних напрямів розвитку харчових технологій є створення функціональних хлібобулочних виробів, збагачених природними джерелами мінеральних речовин.

Наукові дослідження останніх років засвідчують ефективність використання альтернативних видів борошна (гречаного, гарбузового, амарантового, вівсяного тощо) у технології пшеничного хліба. Такі добавки не лише підвищують мінеральну й біологічну цінність продукції, а й позитивно впливають на її колір, аромат, вологоутримувальну здатність і термін зберігання. Зокрема, гречане борошно є джерелом магнію, заліза, цинку та марганцю, тоді як гарбузове – багате на калій, фосфор, селен і β -каротин [6, 7, 19].

Розроблення технології хліба з підвищеним мінеральним складом шляхом комбінування пшеничного, гречаного та гарбузового борошна відповідає сучасним тенденціям формування оздоровчого харчування та має вагомe соціальне, наукове й практичне значення.

Мета і завдання досліджень.

Метою роботи є наукове обґрунтування та розроблення технології пшеничного хліба підвищеного мінерального складу шляхом збагачення його гречаним і гарбузовим борошном у різних співвідношеннях.

Для виконання мети було поставлені наступні завдання:

1. Проаналізувати літературні джерела щодо хімічного складу та харчової цінності пшеничного, гречаного й гарбузового борошна.
2. Дослідити мінеральний склад зазначених видів борошна та визначити їхній внесок у підвищення мінеральної цінності пшеничного хліба.
3. Розробити рецептури хліба з використанням різних часток гречаного й гарбузового борошна.
4. Визначити вплив введення нетрадиційних видів борошна на фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні показники тіста і готового хліба.
5. Оцінити оптимальне співвідношення борошняних компонентів для одержання продукції з найкращими показниками якості та підвищеним вмістом мінеральних елементів.
6. Здійснити проєктування цеху здобних виробів.

Об'єкт дослідження – Процес виробництва пшеничного хліба з додаванням гречаного та гарбузового борошна.

Предмет дослідження: Вплив гречаного та гарбузового борошна на мінеральний склад, фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні показники хліба підвищеного біологічного спрямування.

Методи досліджень: аналітичні (ознайомлення з літературою щодо нетрадиційних видів борошна багатих на мінеральні речовини, їх можливість додавання у рецептуру хліба); фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні, статистичні.

Наукова новизна одержаних результатів. Проведено порівняльну оцінку впливу гречаного й гарбузового борошна на мінеральний профіль пшеничного хліба, встановлено закономірності зміни основних показників

якості залежно від частки нетрадиційних компонентів у рецептурі. Запропоновано науково обґрунтовані пропорції змішування борошна, які забезпечують оптимальне поєднання харчової цінності та споживчих властивостей виробів.

Практичне значення отриманих результатів. Результати можуть бути використані у практиці хлібопекарських підприємств для розроблення нових видів хлібобулочних виробів функціонального призначення. Оптимальним співвідношенням компонентів для виробництва хліба підвищеного мінерального складу визначено поєднання 80 % пшеничного, 10 % гречаного та 5 % гарбузового борошна. Така рецептура забезпечує підвищення мінеральної, вітамінної та антиоксидантної цінності виробу без суттєвого погіршення фізико-хімічних і органолептичних характеристик..

Особистий внесок здобувача. Здобувачка самостійно проводила огляд наявної літератури з визначеної проблематики (використання підсолоджувачів у хлібопекарській галузі) з метою зниження калорійності виробів, сформуvala ідею та мету дослідження, визначила завдання, розробила план експериментів, провела їх, провела проектні розрахунки та оформила дослідження у 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). Куманська Н. А., Криськова Л. П. (2025). Дослідження біологічної цінності хліба «Мінерального» із пшеничним, гречаним та грабузовим борошном. 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.Пуллюя, С. 33.

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 102 сторінок та містить 24 таблиць, 6 рисунки. Перелік літератури складається з 68 джерел.

РОЗДІЛ І

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

1.1. Аналітичний огляд літературних джерел

1.1.1. Шляхи покращення технології та якості хліба

Хліб є одним із найдавніших та найпоширеніших харчових продуктів у світі. Його виробництво розпочалося ще кілька тисячоліть тому, і сьогодні воно є невід'ємною частиною харчування більшості населення планети. Основними інгредієнтами для виготовлення хліба є борошно, вода, дріжджі та сіль. Проте для досягнення стабільної якості, підвищення харчової цінності та поліпшення споживчих властивостей, сучасна хлібопекарська промисловість широко використовує різноманітні харчові добавки та технологічні допоміжні речовини [8, 9].

У процесі приготування тіста відбуваються складні біохімічні реакції, що залежать від складу борошна, активності ферментів, умов замішування, бродіння, вистоювання та випікання. Навіть незначні відмінності у вмісті білків або вологи можуть істотно вплинути на кінцеву якість продукту. Тому для забезпечення стабільності технологічних процесів використовують добавки, які змінюють структуру клейковини, активність ферментів, здатність тіста утримувати газ та інші фізико-хімічні властивості [10].

Харчові добавки можна класифікувати за їхньою функцією:

- окисники (зміцнюють структуру тіста);
- відновники (пом'якшують клейковину);
- емульгатори (покращують однорідність і стабільність);
- ферменти (прискорюють бродіння, розщеплення крохмалю і білків);
- консерванти (запобігають псуванню);
- стабілізатори (зберігають структуру готового продукту);
- підсилювачі аромату та кольору.

Крім харчових добавок, у виробництві хліба застосовують і допоміжні речовини технологічного процесу, які не залишаються в готовому продукті

або залишаються у мінімальних кількостях. До них належать агенти для змащування форм, антипінні засоби, регулятори кислотності, стабілізатори ферментації тощо.

Сучасна тенденція у хлібопеченні полягає в тому, щоб зменшити використання синтетичних хімічних добавок і перейти до природних або ферментативних поліпшувачів, що відповідають очікуванням споживачів щодо безпечності та “чистої етикетки” [9].

Добавки – це добавки, які додаються в меншій кількості для покращення смаку, текстури, зовнішнього вигляду або терміну придатності продукту [11]. Міжнародна система нумерації, заснована Європейським Союзом, присвоює Е-номери всім дозволеним харчовим добавкам. Ці Е-номери служать універсальною системою ідентифікації, прийнятою в багатьох країнах для полегшення розпізнавання та класифікації цих добавок [9, 11].

Таким чином, вивчення ролі харчових добавок і технологічних допоміжних речовин має важливе значення для забезпечення високої якості хліба, ефективності виробництва та здоров'я споживачів.

1.1.2. Характеристика харчових добавок, які використовуються у хлібопеченні

Харчові добавки відіграють критичну роль у формуванні бажаних характеристик тіста та кінцевого хлібного виробу. Вони можуть змінювати фізико-хімічні властивості компонентів борошна, впливати на ферментативну активність, регулювати структуру клейковини та покращувати стабільність тіста під час змішування, вистоювання й випікання [11].

Гідроколоїди довели свою ефективність, універсальність і безпеку в якості цінних добавок при виготовленні пшеничного хліба. Ці харчові добавки служать стабілізаторами, загусниками і гелеутворювачами, впливаючи на стабілізацію емульсій, суспензій і пін, а також впливають на

процес клейстеризації крохмалю. Завдяки специфічній взаємодії, зокрема з глютенними білками, ці добавки можуть позитивно або негативно впливати на реологічні властивості тіста. Вони мають потенціал для збільшення об'єму хліба, пористості м'якушки, утримання вологи, рухливості води, властивостей, що запобігають черствінню, і текстури, в результаті чого продукти мають покращену технологічну якість [8].

Карбоксиметилцелюлоза (КМЦ), отримана з целюлози, піддається хімічній модифікації для введення карбоксиметильних груп у целюлозний скелет, покращуючи розчинність у воді та властивості загущення. Як правило, у порошкоподібній формі КМЦ дозується від 0,1 до 2,0% від маси борошна. Вона демонструє ширшу розчинність у воді при різних рівнях рН, а її сильніша здатність до загущення може призвести до більш щільної текстури м'якушки готового хліба. Високоєфективний зв'язувач води, КМЦ покращує гідратацію тіста та властивості обробки, завдяки чому тісто стає більш м'яким і пластичним під час формування та обробки. Її додавання також покращує розмір клітин і пористість [10]. КМЦ і ксантамова камедь змінюють час формування тіста, при цьому ксантан зменшується, а КМЦ збільшується [13]. Крім того, вони покращують змішування та подовжують термін зберігання, утримуючи вологу та утворюючи бар'єрні покриття під час нагрівання, щоб зменшити втрату води та поглинання олії [13].

Гідроксипропілметилцелюлоза (ГПМЦ, E464), неіонна модифікована целюлоза, включає метил (19-30%) і гідроксипропіл (4-12%) групи в целюлозний ланцюг, підвищуючи її поверхневу активність і чутливість до гідратації та зміни температури [14]. Вона ефективно утворює гідрофільні зв'язки з різними компонентами борошна, такими як рис, кукурудза та картопля, покращуючи поглинання води в хлібі без глютену [15]. Діючи як гелеподібна мережа всередині тіста, ГПМЦ зміцнює його структуру, сприяючи утриманню газу від бродіння дріжджів для кращого підйому тіста та однорідної текстури. Крім того, вона надає тісту більш гладку, щільну консистенцію, зменшуючи липкість і полегшуючи формування різних форм,

таких як батони або булочки. Як правило, використовується окремо або в поєднанні з іншими гідроколоїдами, концентрації ГПМЦ варіюються від 0,5 до 2% на основі ваги борошна, залежно від застосування та бажаних характеристик [15]. Вона служить ефективним засобом, що запобігає черствінню, затримуючи твердіння м'якушки та ретроградацію амілопектину. ГПМЦ сприяє утриманню води, одночасно підвищуючи еластичність тіста і розтяжність, що полегшує формування без розриву [16]. Модифіковані целюлози, включаючи КМЦ і ГПМЦ (0,1%—0,5%), знижують швидкість затвердіння та кінцеву твердість м'якушки [17]. Він створює міжфазні плівки навколо газових осередків, підвищуючи стабільність осередків проти розширення та варіацій обробки.

Ксантова камедь (КК) — це полісахарид, отриманий шляхом бродіння простих цукрів бактерією *Xanthomonas campestris*. Це сипкий порошок від білого до кремового кольору, який розчиняється як у гарячій, так і в холодній воді, але нерозчинний у більшості органічних розчинників. Двома найважливішими характеристиками КК є сильне розрідження при зсуві та висока в'язкість при низьких зсувах. КК забезпечує стабільні властивості суспензії та стійкість до колоїдного розчину завдяки високій в'язкості при низькій швидкості зсуву [18]. Додавання КК підвищує водопоглинаючу та газоутримувальну здатність тіста. КК сприяє стабільності ферментів, зсуву та заморожування-розморожування, зменшує осадження борошна, збільшує утримання газу та забезпечує рівномірне покриття та чудову липкість у мокрому клярі. Типовий рівень використання коливається від 0,5% до 1,5% від загальної ваги борошна [20]. У безглютенових рецептах хліба можуть знадобитися більш високі рівні, щоб компенсувати відсутність глютену. У порівнянні з іншими гідроколоїдами, похідними целюлози, такими як КМЦС і ГПМЦС, вона має меншу здатність утримувати воду, а також пористість недостатньо висока, але порівняно з бобами ріжкового дерева, к-карагенан має кращу здатність до утримання, а також дає хорошу пористість [21, 22]. Однак вона має хороший синергічний ефект з іншими гідроколоїдами для

безглютенового хліба для покращення в'язкості, м'якості м'якушки та покращення утримання води [23].

Карагенани (КА) - це лінійні сульфатовані полісахариди з вмістом сульфату 18-40%, видобуті з червоних морських водоростей. Вони складаються з ланок галактози та 3,6-ангідрогалактози, які можуть бути сульфатованими та нессульфатованими. Ці одиниці з'єднані чергуванням α -(1-3) і β -(1-4)-глікозидних зв'язків [24, 25]. Похідні КА включають гелеутворення κ -КА, йота-КА та нежелуючий λ -КА. На реологічні властивості карагенану впливає кількість сульфатних ефірів, присутніх у кополімерах. Вищі рівні ефіру сульфату призводять до зниження міцності гелю. Отже, карагенан утворює жорсткі гелі, і-карагенан утворює гнучкі гелі, а Х-карагенан не гелеутворює, а дає в'язкі розчини. Серед цих варіантів κ -карагенан є найбільш часто використовуваним заміном [26]. Типові рівні використання коливаються від 0,5% до 3% від загальної ваги борошна та можуть змінюватись залежно від інгредієнтів. Це добре для формування гелів, які мають кращі смакові відчуття та вологість. Карагенан демонструє кращу стабільність при заморожуванні-розморожуванні порівняно з КМЦ, ГПМС і ксантановою камідлю. Цей атрибут має вирішальне значення для збереження структурної цілісності та якості хліба під час зберігання та розподілу, особливо у випадку заморожених або частково випіканих виробів [24]. Порівняно з іншими гідроколоїдами, він не має великого потенціалу для покращення властивостей хліба, таких як твердість і питомий об'єм, особливо в хлібі без глютену [27].

Гуарова камедь, отримана з ендосперму насіння *Cyatopsis tetragonolobus*, є полісахаридом, що складається з D-манози та D-галактози в молекулярному співвідношенні 1,6 до 1, а її молекулярна структура має лінійну основу з одиниць занози [28]. Ця конфігурація робить гуарову камедь високов'язкою при низьких концентраціях і знайшла застосування як ефективний загусник, стабілізатор і зв'язуючий воду агент. Гуарова камедь нерозчинна у вуглеводнях, спиртах, складних ефірах і органічних

розчинниках загалом [28]. З іншого боку, у холодних або гарячих водних розчинах гуарова камедь швидко гідратується та утворює високов'язкі колоїдні розчини, але не утворює гелі, якщо не додати інші полісахариди. У виробництві хліба гуарова камедь відіграє вирішальну роль у покращенні стійкості до змішування, подовженні терміну зберігання за рахунок утримання вологи та запобіганні синерезису в заморожених харчових продуктах [29]. Як правило, гуарова камедь використовується в дозах від 0,3% до 1% від загальної ваги борошна, що сприяє досягненню оптимальної текстури, утримання вологи та загальної якості хлібобулочних виробів. На ефективність гуарової камеді впливають такі фактори, як рН, температура та присутність певних іонів [29].

Камедь бобів ріжкового дерева (КБРД) - природний нейтральний полісахарид, видобутий із насіння ріжкового дерева (*Ceratonia siliqua*). КБРД складається з одиниць D-галактози та D-манози, молекулярне співвідношення яких зазвичай коливається від 73:27 до 86:14, тому вона має властиві загущувати та стабілізувати властивості. Її дозування зазвичай коливається від 0,1 до 3,0% від ваги борошна, і вона демонструє розчинність у воді в широкому діапазоні рН [30]. КБРД не розчиняється повністю в холодній воді; однак при нагріванні вище 80 °C вона повністю розчиняється та утворює псевдопластичні розчини [24]. КБРД демонструє значну здатність синергізувати з карагеном і ксантаном, що призводить до утворення гелів, що характеризуються еластичністю, високою когезією та мінімальним синерезисом. Додавання КБРД до замороженого тіста покращує стійкість до розтягування, покращує питомий об'єм хліба, а також зменшує час розстоювання [27].

Окисники є важливими добавками, які зміцнюють білкову структуру тіста через утворення дисульфідних зв'язків між білковими молекулами клейковини. Це призводить до підвищення еластичності, стійкості та газоутримувальної здатності тіста.

Окисники або агенти дозрівання окислюють тіолову групу глютену та утворюють дисульфідні зв'язки. Ці додаткові дисульфідні зв'язки зміцнюють мережу клейковини, скорочують час змішування, а також збільшують швидкість природного старіння або окислення борошна. Окислювачі також окислюють каротин і пігмент ксантофіл, які відбілюють колір борошна [32]. Окислювачі посилюють процес бродіння, еластичність, підвищують стійкість тіста. В результаті тісто виявило підвищену міцність, більший підйом у печі та більш дрібне зерно м'якушки. Застосування окислювачів залежить від якості борошна, способу приготування та законодавства країни [33].

До найпоширеніших окисників належать аскорбінова кислота (вітамін С), бромат калію, пероксид кальцію, йодат калію, азодикарбонамід (АДА) [33].

Аскорбінова кислота (Е300) є безпечною і широко застосовується як натуральний окисник. Під дією кисню вона перетворюється на дегідроаскорбінову кислоту, яка активує ферментні системи, що утворюють дисульфідні зв'язки. Це підвищує об'єм хліба, покращує його текстуру та колір скоринки [33].

Бромат калію колись вважався високоефективним поліпшувачем, але через його потенційну канцерогенність нині заборонений у більшості країн.

Азодикарбонамід (АДА) застосовується в невеликих кількостях як швидкодіючий окисник і кондиціонер тіста, проте також має обмеження щодо безпечності у деяких регіонах.

Найбільш несвідомо використовуваним окислювачем є молекулярний кисень під час замішування тіста при випічці хліба. Цей кисень потрапляє в тісто на стадії замішування та робить тісто міцнішим завдяки зшиванню клейковини. Замішування тіста в присутності кисню, ніж азоту, призводить до отримання більш міцного тіста з меншою розтяжністю та вищою стійкістю. Гранули гідратованого крохмалю адсорбують кисень на етапі змішування, і він десорбується під час випічки. Отже, сприяння об'єму буханки та сприяння розриву зв'язку S-S призводить до більшої розтяжності

та меншої еластичності тіста. Молекулярний кисень необхідний для реакції деяких хімічних речовин, дії ферментів та інших біологічних реакцій. Брак кисню під час змішування та надмірне змішування призводить до десорбції кисню на ранній стадії, що призводить до зниження якості хліба. Це перший і універсальний окислювач, який використовується в більшості хлібопекарських виробництв [33].

Аскорбінова кислота є найбільш широко використовуваним поліпшувачем в хлібопекарській промисловості. Найбільшою популярністю вона користується в тих країнах, де її використання заборонено. Аскорбінова кислота менш ефективна порівняно з броматом для збільшення об'єму хліба. Зазвичай використовується на рівні від 20 до 150 мг у випічці хліба залежно від сорту та часу зберігання. Вона природно міститься у фруктах і овочах і також відомий як вітамін С. Більшість аскорбінової кислоти, яка використовується в промисловості, виготовляється з глюкози за допомогою ферментації та хімічних методів. L-треоаскорбінова кислота є найефективнішим окислювачем і пригнічує ферменти протеази в тісті. Вважається, що реакція обміну SH/SS між сусідніми білковими ланцюгами, що містять групи SH, є важливим процесом у зростанні глютенової мережі [24]. Аскорбінова кислота підвищує міцність тіста, структуру і колір м'якушки, зменшує липкість тіста. Вона не зменшує об'єм хліба при передозуванні, як у випадку інших оксидантів. Азодикарбонамід (АДА) використовується як відбілюючий агент у борошні зернових культур і кондиціонері для тіста при виготовленні хліба. Ця речовина для посилення ферментації, зазвичай використовується в борошняних продуктах, вона швидко окислює доступні тіольні групи (- SH) у білках борошна, тим самим підвищуючи міцність тіста. Цей процес особливо ефективний у зміні характеристик тіста низькоякісного борошна шляхом покращення як процесу обробки, так і властивостей утримання газу. Додавання АДА в тісто змінює реологію тіста шляхом збільшення модуля зберігання та модуля втрат.

Консистенція тіста, коефіцієнт розтяжності та міцність тіста зростають із збільшенням рівня АДА [35, 36].

Окисники зазвичай застосовуються в малих дозах - від 10 до 50 мг на 1 кг борошна, і їх дієвість залежить від типу борошна та рецептури.

Відновники виконують протилежну функцію до окисників: вони зменшують дисульфідні зв'язки у клейковині, роблячи тісто м'якшим і більш розтяжним. Це особливо важливо при виробництві хлібобулочних виробів, де потрібно уникнути надмірної жорсткості тіста [35].

Найчастіше використовуються:

- L-цистеїн (E920) - амінокислота, яка полегшує розтягування тіста, скорочує час замішування;
- глутатіон, який може надходити з дріжджів або соєвого борошна;
- сульфіти (E220–E228) - мають також антимікробні властивості.

Відновники застосовують у дуже малих концентраціях, оскільки їхній надлишок може призвести до надмірної слабкості тіста та втрати структури.

Емульгатори - це сполуки, які мають як гідрофільні, так і гідрофобні властивості, завдяки чому вони здатні зменшувати поверхневий натяг між жирами та водою. У хлібопеченні вони стабілізують структуру тіста, покращують розподіл жиру, збільшують об'єм виробу. Крім того, емульгатори спрощують процеси обробки та формування тіста, забезпечуючи рівномірне змішування та формування. Вони також сприяють досягненню дрібнішої текстури м'якушки та запобігають передчасному черствінню, тим самим зберігаючи приємність протягом тривалого часу [35].

Найчастіше застосовують:

- моно- та дигліцериди жирних кислот (E471);
- диацетилтартратні ефіри моно- та дигліцеридів (DATEM, E472e);
- лактилати натрію або кальцію (СЛН, СЛК);
- лецитин (E322) – натуральний емульгатор, що отримується з сої або яєць [35].

Емульгатори утворюють комплекси з крохмалем і білками, що уповільнює процес черствіння хліба, робить м'якуш ніжнішим і стійкішим до висихання [31].

Першим емульгатором, який використовувався в хлібопекарській промисловості, був лецитин, натуральна речовина, отримана з кукурудзяної або соєвої олії. Лецитин - це фосфоліпід, який складається з гліцерину з двома групами жирних кислот і фосфатною групою, до якої приєднаний холін. Характерні емульгуючі властивості лецитину обумовлені взаємодією фосфатних і жирних кислот. Як правило, лецитин додається до приготування темнішого хліба та хліба зі змішаним зерном, який демонструє більшу гідратацію води, подовжений термін зберігання, покращене емульгування ліпідів, покращену стабільність клейковини, більший об'єм буханця та покращені хлібопекарські властивості. Залежно від якості борошна найкращий результат досягається при додаванні в борошно 0,2% лецитину. Однак більша кількість лецитину зменшує об'єм хліба, незначну структуру м'якушки та м'якість м'якушки [37]. У випадку безглютенового хліба він може бути вищим – до 9% [38]. У порівнянні з іншими емульгаторами, його природне походження резонує з споживачами, які шукають чисті інгредієнти, а його унікальна здатність збалансувати емульгацію та стабільність глютену покращує загальну якість хлібобулочних виробів. Однак це не дуже вплине на підвищення міцності тіста хліба [38].

Діацетилтарtratні ефіри моно- та дигліцеридів - це складний ефір похідного гліцерину з їстівною жирною кислотою та моно- та діацетилвинною кислотою, який зазвичай використовується в дріжджових дріжджових продуктах, таких як білий хліб. Ідеальна доза DATEM коливається від 0,25 до 0,50% (на основі борошна). DATEM доступний у різних формах, включаючи липку в'язку рідину, як жири або жовтий віск, а також у формі пластівців або порошку. Він демонструє вищу гідрофільність порівняно з моно- та дигліцеридами [33]). Додавання 0,4% DATEM збільшує об'єм буханки приблизно на 10%. DATEM дуже ефективний у збільшенні

об'єму буханки та стабільності тіста, тому він покращує міцність тіста, але менш ефективний у покращенні структури м'якушки та об'єму буханки [7]. Зерно м'якушки може мати більш грубу структуру, демонструючи тенденцію до утворення дірок під час використання слабшого борошна. Ця характеристика робить DATEM особливо ефективним як підсилювач хліба для приготування хрустких сортів хліба. Крім того, його можна застосовувати в рецептах білого хліба для досягнення більш відкритої структури м'якушки [37].

Стеароїл лактилат (СЛ) - це аніонний емульгатор, отриманий із стеаринової кислоти, естерифікованої молочною кислотою в присутності натрію або кальцію, одержаний за допомогою використання жирної кислоти, 88% молочної кислоти та лужного каталізатора, відомого як стеароїллактилат натрію або стеароїллактилат кальцію. Він зазвичай містить натрій або кальцій (3,5-5%), 34% молочної кислоти та число складних ефірів у діапазоні від 150 до 190. СЛ диспергується у воді за нейтрального рН, і розчинність обмежена, якщо значення рН становить 4-5, головним чином через 15-20% вільних жирних кислот у ньому, тоді як СЛН менш диспергований у воді порівняно з СЛК, але краще розчинний у олії [39]. Функціонуючи переважно через взаємодію з білками борошна через неполярні області, СЛ утворює гідрофобні зв'язки, тим самим підвищуючи в'язкопружність тіста. Крім того, включення компонента стеаринової кислоти в помірно неполярну спіральну структуру крохмалю призводить до утворення нерозчинного комплексу, який ефективно протистоїть ретроградації. Цей комплекс сприяє як зміцненню тіста, так і розм'якшенню м'якушки, потенційно збільшуючи час замішування, скорочуючи час вистоювання та сприяючи газоутворенню [39]. Використання СЛ корелює зі збільшенням об'єму буханки, сприяючи формуванню менших і дрібніших повітряних комірок у м'якуші кінцевого продукту. Крім того, це покращує оброблюваність тіста, зменшує твердість м'якушки та черствіння, що в кінцевому підсумку призводить до збільшення питомого об'єму хліба. Слід зазначити, що СЛ демонструє ефективність у

зниженні черствіння хліба шляхом зменшення рухливості води та кристалізації амілопектину [39].

Моно- та дигліцериди (E471). Приблизно 70% харчових емульгаторів, вироблених у всьому світі, складаються з моно- та дигліцеридів та їх похідних. Близько 60% усіх моногліцеридів використовується в пекарнях, 20% - у тортах і бісквітних тістечках і 40% - у хлібі. Моно- та дигліцериди, як правило, отримують шляхом етерифікації (гліцеролізу) тригліцеридів гліцерином, що дає суміш моно-, ди- та тригліцеридів. Завдяки своїй ліпофільній природі моногліцериди розчиняються в олії та стабілізують емульсії вода/олія, утворюючи в олії зворотні міцели. Характеристики диспергування емульгаторів під час замішування тіста визначають функціонування моногліцеридів та інших емульгаторів у пекарнях [33]. Гліцерилмоностеарат має виражений вплив на м'якість, водночас виявляючи порівняно менший вплив на об'єм буханки, що дає дрібну м'якушку зі значною еластичністю. Гліцерилмоностеарат діє, затримуючи ретроградацію крохмалю. Ідеальне дозування становить 0,2% основного борошна [37].

Полісорбат (ПС) є неіонними поверхнево-активними речовинами і являють собою суміші часткових ефірів жирних кислот із сорбітом та його ангідридами. ПС 20, ПС 40, ПС 60 і ПС 80 відносяться до похідних ПС, де основним вуглеводневим хвостом є лаурат, пальмітат, стеарат і олеат відповідно (C12:0, C16:0, C18:0 і C18:1) [40]. ПС 20 (E432), ПС 80 (E433) і ПС 60 (E435) є поширеними емульгаторами, які використовуються в промисловості. Ці емульгатори взаємодіють через водневі зв'язки, утворюючи поперечні зв'язки між глютенем, таким чином покращуючи властивості тіста та хліба, такі як розм'якшення буханки, зміцнення тіста та збільшення об'єму, однак вони не є особливо ефективними для пом'якшення. Ці емульгатори зазвичай проявляють свою дію під час бродіння, обробки тіста, формування та випікання, як і інші зміцнювачі тіста. Крім того, ПС подовжує час стійкості та пригнічує газоутворення [7]. Зменшує час розробки тіста та липкість тіста, підвищує індекс толерантності до перемішування та

потовщує клітинні стінки м'якушки. Слід зазначити, що ПС не зміцнює м'якуш під час зберігання та не сприяє суттєвому розщепленню крохмалю. Рекомендовані дози коливаються від 0,5% до 1% на основі борошна [7].

Ферменти вважаються «біологічними каталізаторами» процесів у тісті. Вони змінюють структуру білків, крохмалю та некрахмальних полісахаридів, сприяючи оптимальним умовам для розвитку дріжджів і покращення структури хліба [33]. Останніми роками застосування ферментів зросло через більш природні компоненти. Ферменти в пшеничному борошні різноманітні і в основному містяться в зародковому та алейроновому шарах. Ферменти використовуються як альтернатива хімічним агентам, таким як гідроколоїди, емульгатори тощо. Деякі ферменти присутні в пшеничному борошні, а деякі додаються. Протеази, оксидоредуктази та амілази є трьома найбільш важливими типами ферментів [41]. Ферменти збільшують об'єм батона та покращують характеристики тіста [33]. Факторами, що впливають на активність ферменту, є температура, рН, активність води та концентрація ферменту.

Основні ферменти, що застосовуються [7, 33]:

- α -амілази - розщеплюють крохмаль на мальтозу, яка є джерелом енергії для дріжджів;
- ксиланази (геміцелюлази) - розщеплюють арабіноксилани, підвищуючи газоутримувальну здатність тіста;
- протеази - гідролізують білки клейковини, роблячи тісто пластичнішим;
- ліпази - взаємодіють із ліпідами, утворюючи сполуки, які діють подібно до емульгаторів;
- глюкозооксидази - зміцнюють білкову мережу шляхом утворення пероксиду водню.

1.1.3. Ензими, які використовуються у хлібопекарській галузі

Черствіння хліба часто є основною проблемою хліба через ретроградацію крохмалю, зокрема амілопектину, який піддається молекулярному упорядкуванню, а трансформація призводить до скорочення терміну зберігання та спричиняє величезні збитки промисловості [42]. Це не лише завдає економічних збитків, а й погіршує репутацію компанії. Щоб впоратися з вищезазначеною проблемою, промисловість використовує ферменти α -амілази (α -1,4-глюканогідролази) для розщеплення крохмалю на низькомолекулярний декстрин і мальтозу. α -амілаза належить до сімейства глікозилгідролаз, гідролізує α -1,4-глікозидні зв'язки ланцюга амілози або амілопектину та перетворює на олігосахариди, такі як мальтоза та мальтотріоза, і декстрин. Ці α -амілази можуть бути отримані з грибків, злаків або бактерій [42]. Термолабільний фермент α -амілаза може бути отриманий з *Bacillus licheniformis*. Фермент стабільний при 90°C. Використання α -амілази знижує твердість м'якушки, покращує структуру м'якушки та об'єм буханки, а також перешкоджає черствінню цілнозернового та білого хліба [7].

Ферменти протеази комерційно використовуються в хлібопекарській промисловості. Протеаза зменшує консистенцію тіста, скорочує час замішування, підвищує однорідність тіста, покращує смак і текстуру хліба. Протеази гідролізують пептидні зв'язки та знижують еластичність клейковини, що зменшує усадку тіста чи пасти після формування та розкладання [42].

Протеази солоду в основному використовуються в слабкому борошні для гідролізу білків клейковини та надання тісту м'якшого вигляду. *Aspergillus oryzae* є джерелом грибової протеази, яка є термолабільною, тому активність обмежена лише фазою тіста. Бактеріальні протеази, отримані в основному з *Bacillus subtilis*, виявляють високу активність і використовуються виключно в Сполучених Штатах для ослаблення сухарів. У ламінованому тісті (для крекерів) бактеріальні протеази допомагають запобігти тріщинам, скручуванням і утворенню бульбашок газу [33].

Ліпази, також звані ацилгідролазами триацилгліцерину, гідролізують триацилгліцерин і утворюють моноацилгліцерин, діацилгліцерин, гліцерин і вільну жирну кислоту. Незважаючи на те, що зерна злаків містять ліпази, але в меншій кількості, що не прогіркає борошно. Порівняно з протеазами та α -амілазами, застосування ліпаз почалося нещодавно [43]. Ліпази підвищують стабільність тіста та клейковину, що покращує якість обробки тіста та оброблюваність. Ліпази також збільшують об'єм батона, зміцнюють тісто та покращують текстуру м'якушки [44].

Глюкозооксидаза (ГОД, ЕС 1.1.3.4) функціонує як оксидоредуктаза, альтернатива окислювачам, ефективний фермент швидкого окислення. Фермент виробляється в основному з *Aspergillus spp.* Фермент каталізує D-глюкозу в глюкон-D-лактон у присутності кисню. Згодом він перетворюється на глюконову кислоту та перекис водню. Перекис водню служить альтернативою перекису кальцію та опосередковано окислює сульфгідрильну групу глютену до дисульфідних зв'язків [46]. Виявляє ефект підсушування хлібного тіста. ГОД знижує стійкість у цільнозерновому тісті, подібно до білого тіста.

Геміцелюлази – це широкий клас гідролізуючих ферментів, які каталізують геміцелюлозу, наприклад арабіноксилан, ксилан, ксилобіоза та арабіногалактан тощо. Арабіноксилан має важливе значення у випіканні хліба, отже, вони є основним центром ферментативної активності. Серед геміцелюлаз ксиланаза або енд-1,4-ксиланаза (4-D-ксилан ксиланогідролаза) є широко використовуваним ферментом, який гідролізує 1,4-D-ксийозидні зв'язки в ксилані та арабіноксилані [47].

Ферменти є природними, безпечними і не залишаються у готовому продукті, оскільки руйнуються під час випікання. Тому їхня популярність зростає як альтернатива синтетичним добавкам.

1.1.4. Розпушувачі для тіста

Розпушувач збільшує об'єм тіста та кляру за рахунок спінювання, щоб пом'якшити та полегшити харчові суміші. У харчових продуктах розпушувачі використовуються як зародки для утворення газу або для сприяння створенню структури та текстури шляхом розширення газу в результаті хімічної реакції. Введення повітря шляхом механічної дії є альтернативою розпушувачу [48].

Використовувати дріжджі у випіканні хліба почали 6000 років тому для бродіння тіста стародавні єгиптяни. Найбільш широко використовуваним штамом дріжджів у випічці хліба є пекарські дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*. Як правило, дріжджі використовуються на рівні 1% базису борошна. Оптимальна температура 34-38 °C і рН 4,5-5,5 є ідеальними для максимальної активності дріжджів. Під час бродіння дріжджі виробляють фермент зимазу для розщеплення зброджуваних цукрів з утворенням етанолу та CO₂. Дріжджі можуть витримувати 15% концентрацію етанолу під час бродіння. Більша частина спирту випаровується під час випікання, а вловлений CO₂ забезпечує кращу структуру м'якушки та збільшення об'єму буханки хліба, але й надає їй характерний смак, колір скоринки та поживну добавку. Цукор міститься в борошні у вигляді крохмалю, додані сахароза та мальтоза внаслідок активності ферментів діють як субстрат для бродіння дріжджів. Сахароза, субстрат для дріжджів, може негативно вплинути, якщо використовувати її в надлишку. Високий осмотичний тиск, створюваний сахарозою, призводить до дегідратації дріжджових клітин, що перешкоджає метаболічній активності дріжджів. Такий же ефект можна спостерігати при додаванні хлориду натрію [48]. Осмотичний тиск хлориду натрію в 12 разів перевищує осмотичний тиск сахарози через його малу молекулярну масу і здатність утворювати подвійні іони. Таким чином, сахарозу та хлорид натрію можна регулювати у рецептурі для регулювання швидкості бродіння, гарантуючи, що воно не буде ні надто швидким, ні надто повільним [48, 49].

Пекарські дріжджі доступні в різних формах, але головною відмінністю між ними є вміст води. Пресовані дріжджі є найсильнішими за своєю розпушувальною здатністю. Зазвичай вони містять приблизно 67-71% води. Вони є нестійкі при високих температурах через високий вміст води. Однак при зберіганні в холодильнику (2-7 °C) вони залишаються відносно стабільними протягом 3-4 тижнів [48]. Сухі дріжджі по суті ідентичні пресованим дріжджам, але доступні в гранульованій формі. Активні сухі дріжджі містять вологість 4-8 % і готуються зі спеціальної форми дріжджів. Вони стабільні під час висихання, тому мають термін зберігання 2-12 місяців при кімнатній температурі і кілька місяців в охолоджених умовах. Перед додаванням в тісто їх необхідно розчинити в теплій воді [49].

Висновки з огляду

Дослідники та хлібопекарська промисловість прагнуть покращити властивості тіста, об'єм буханця, текстуру, сенсорні якості та термін придатності цільнозернового хліба, щоб підвищити як ефективність виробництва, так і сприйняття цільнозернових продуктів споживачами. Додавання функціональних інгредієнтів – це найпростіший спосіб змінити властивості тіста та хліба, оскільки це не вимагає спеціального обладнання, інтенсивного навчання працівників або тривалого часу. Ці інгредієнти зазвичай можна додавати безпосередньо до борошна.

1.2. Матеріали і методи досліджень

1.2.1. Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження

Метою роботи є наукове обґрунтування та розроблення технології пшеничного хліба підвищеного мінерального складу шляхом збагачення його гречаним і гарбузовим борошном у різних співвідношеннях. .

Об'єкт дослідження – процес виробництва пшеничного хліба з додаванням гречаного та гарбузового борошна.

Предмет дослідження: вплив гречаного та гарбузового борошна на мінеральний склад, фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні показники хліба підвищеного біологічного спрямування..

Методи досліджень: аналітичні (ознайомлення з літературою щодо нетрадиційних видів борошна багатих на мінеральні речовини, їх можливість додавання у рецептуру хліба); фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні, статистичні.

Схема досліджень представлена на рисунку 1.1.

1.2.2. Методи досліджень

Для проведення експериментальних досліджень використовували основну сировину: борошно пшеничне вищого ґатунку, борошно гречане та борошно гарбузове, отримане шляхом тонкого помелу гречки та гарбуза. Усі види борошна відповідали вимогам чинних стандартів України за показниками вологості, кислотності, зольності та мікробіологічної безпеки. Допоміжними компонентами виступали дріжджі пресовані хлібопекарські, сіль кухонна, цукор та вода питна.

Дослідження проводили у три етапи.

Перший етап передбачав визначення поживного, мінерального та вітамінного складу пшеничного, гречаного та гарбузового борошна. Для цього використовували аналітичні дані літератури [7, 33].



Рисунок. 1.1. – Схема досліджень за кваліфікаційною роботою

Другий етап включав розроблення рецептур хліба “Мінерального” із частковою заміною пшеничного борошна гречаним та гарбузовим у різних співвідношеннях (5 – 15 %). Контрольним зразком слугував хліб зі 100 % пшеничного борошна. Замішування тіста здійснювали за класичною безопарною схемою. Оцінювали бродильну активність за динамікою зміни кислотності протягом 4 годин ферментації.

Третій етап був присвячений дослідженню фізико-хімічних і органолептичних властивостей готових виробів хліба «Мінерального».

Визначення показників здійснювали за стандартними методиками, прийнятими у хлібопекарській промисловості: питомий об’єм хліба (см³/г) визначали згідно з ДСТУ 7045:2009 «Хліб, булочні та борошняні кондитерські вироби. Методи визначення фізико-хімічних показників» методом насипної щільності шляхом вимірювання об’єму виробу зерном проса або ріпаку та подальшим розрахунком на одиницю маси [51].

Пористість м’якушки (%) визначали за тим же стандартом (ДСТУ 7045:2009) методом планіметрії з використанням зразків м’якушки товщиною 10 – 15 мм [51].

Кислотність м’якушки (°Н) визначали титруванням водної витяжки 0,1 н розчином гідроксиду натрію у присутності фенолфталеїну згідно з довідником інженера-технолога хлібопекарського виробництва [52].

Органолептичну оцінку проводила дегустаційна комісія з п’яти осіб за п’ятибальною шкалою відповідно до вимог навчального підручника та посібника [53, 54]. Оцінювали зовнішній вигляд, колір кірки та м’якушки, смак, запах, пористість і консистенцію.

Результати фізико-хімічних і сенсорних досліджень усіх зразків обробляли статистично методом варіаційного аналізу, розраховуючи середні значення та стандартні відхилення. Достовірність різниць між зразками оцінювали за критерієм Ст’юдента при рівні значущості $p \leq 0,05$.

1.3. Результати досліджень та їх обговорення

1.3.1. Актуальність збагачення мінеральними інгредієнтами пшеничного борошна у технології хліба підвищеного мінерального складу

Хліб і хлібобулочні вироби традиційно є основою харчового раціону населення України. За статистичними даними, вони забезпечують до 35 – 40 % добової енергетичної потреби людини, а для окремих соціальних груп – навіть більше [7]. Водночас, незважаючи на високу енергетичну цінність, сучасний пшеничний хліб характеризується недостатнім вмістом біологічно активних речовин, зокрема мінеральних елементів, які відіграють ключову роль у підтриманні нормального функціонування організму.

Під час виробництва пшеничного борошна вищого ґатунку видаляється до 80 % оболонкових часток зерна, у яких зосереджена основна кількість магнію, калію, фосфору, заліза, цинку, марганцю та інших мікроелементів. Унаслідок цього харчова та біологічна цінність такого борошна значно знижується [1, 2, 33]. Регулярне споживання хліба з рафінованого борошна сприяє дефіциту мінеральних речовин у раціоні, що може стати одним із чинників розвитку анемії, остеопорозу, серцево-судинних захворювань і порушення обміну речовин [7].

Одним із перспективних напрямів удосконалення технології хлібобулочних виробів є збагачення пшеничного борошна природними джерелами мінеральних речовин. Наукові дослідження останніх років підтверджують ефективність використання борошна з нетрадиційної сировини – гречаного, гарбузового, кукурудзяного, вівсяного, амарантового тощо – для підвищення мікронутрієнтного потенціалу хліба. Такі добавки не лише покращують мінеральний склад, але й позитивно впливають на фізико-хімічні, органолептичні та функціональні властивості готових виробів [3, 7].

Зокрема, гречане борошно є цінним джерелом магнію, заліза, цинку та марганцю, а також містить біофлавоноїди (рутін), які мають антиоксидантну дію. Його введення у рецептуру хліба підвищує вміст мінералів у 2 – 5 разів, збагачує білковий склад і надає готовим виробам приємного горіхового присмаку [19]. Гарбузове борошно, у свою чергу, відзначається високим вмістом фосфору, калію, магнію, кальцію та селену, а також природних каротиноїдів, що зумовлюють виражені антиоксидантні властивості. Додавання гарбузового борошна у помірній кількості покращує колір, аромат і біологічну цінність хліба, продовжує термін його зберігання за рахунок уповільнення процесів черствіння [19].

Ураховуючи тенденції сучасного ринку, споживачі дедалі частіше надають перевагу продуктам оздоровчого та функціонального призначення, які не лише задовольняють енергетичні потреби, а й сприяють профілактиці дефіциту життєво важливих нутрієнтів [6, 7]. Тому створення рецептури пшеничного хліба з підвищеним мінеральним складом на основі комбінування традиційного та альтернативних видів борошна є актуальним напрямом як для наукових досліджень, так і для практики хлібопекарської промисловості.

Важливим завданням при цьому є визначення оптимальних співвідношень пшеничного, гречаного та гарбузового борошна, що забезпечать збагачення продукту мінеральними елементами без погіршення його структурно-механічних і сенсорних характеристик. Дослідження впливу таких добавок на фізико-хімічні властивості тіста, показники якості та харчову цінність готового хліба має вагоме наукове та практичне значення.

Отже, актуальність теми зумовлена необхідністю розроблення технології виробництва пшеничного хліба підвищеного мінерального складу шляхом використання борошна з природних рослинних джерел мікроелементів. Реалізація цього підходу сприятиме поліпшенню харчової структури населення, розширенню асортименту функціональних

хлібобулочних виробів та підвищенню конкурентоспроможності української продукції на внутрішньому й зовнішньому ринках.

1.3.2. Характеристика поживного, мінерального, вітамінного складу пшеничного, гречаного та гарбузового борошна

Враховуючи сировинний потенціал нашого регіону, в якому гречка (гречанне борошно) та гарбузи є надзвичайно доступні для споживання і проблем у сировині не повинно бути, нами запропоновано використовувати борошно із гречки та гарбузове у технології виробництва хліба з підвищеним мінеральним складом. Тому у першій частині експериментальних досліджень було зроблено порівняльний аналіз за поживними інгредієнтами трьох видів борошна: пшеничного, гречаного та гарбузового.

Таблиця 1.1 подає порівняльну характеристику харчової цінності пшеничного, гречаного та гарбузового борошна, що дозволяє оцінити їхні відмінності за основними показниками поживної цінності та функціональними властивостями.

Таблиця 1.1. – Порівняльна характеристика харчової цінності пшеничного, гречаного та гарбузового борошна [19]

Показники	Середнє значення		
	пшеничне (вищий ґатунок)	гречане	гарбузове
Білки, %	11,3 ± 1,7	12,8 ± 1,2	37,2 ± 3,3
Незамінні амінокислоти, мг/100 г	46,2 ± 1,9	4500 ± 300	30000 - 35000
Перетравність протеїну, %	77,1 ± 1,6	85,0 ± 5,0	82 ± 3,0
Віміст клейковини, %	36,8 ± 0,5	—	—
Розтяжність	14,5 ± 0,4	—	—

клейковини, см			
Вуглеводи (загальні), %	$75,5 \pm 2,5$	$72,5 \pm 2,5$	$12,5 \pm 2,5$
Жири, %	$1,0 \pm 0,1$	$3,0 \pm 0,5$	$11,1 \pm 1,0$
Клітковина (харчові волокна), %	$2,6 \pm 0,4$	$2,5 \pm 0,5$	15 – 20
Кислотність, °	$2,9 \pm 0,2$	$3,7 \pm 0,3$	$5,2 \pm 0,4$
Енергетична цінність, ккал	334 – 342	335 – 340	400 – 420

Як видно з аналізу даних табл. 1.1, вміст білка у гарбузовому борошні становить $37,2 \pm 3,3$ %, що майже утричі перевищує показники пшеничного ($11,3 \pm 1,7$ %) та гречаного ($12,8 \pm 1,2$ %) борошна ($p \leq 0,05$). Це свідчить про високу біологічну цінність білкової фракції гарбузового насіння. Крім того, загальна кількість незамінних амінокислот у гарбузовому борошні сягає 30 000 – 35 000 мг/100 г білка, що значно перевищує аналогічний показник для гречаного (≈ 4500 мг/100 г) та пшеничного ($46,2 \pm 1,9$ мг/100 г) борошна ($p \leq 0,05$).

Перетравність протеїну найвищою є у гречаному борошні ($85,0 \pm 5,0$ %), дещо нижчою – у гарбузовому ($82 \pm 3,0$ %), тоді як у пшеничного вона становить лише $77,1 \pm 1,6$ %. Це свідчить про кращу засвоюваність білків гречки та гарбуза порівняно з пшеничними.

У пшеничному борошні спостерігається наявність клейковини ($36,8 \pm 0,5$ %), що забезпечує еластичність тіста, оскільки її розтяжність становила $14,5 \pm 0,4$ см. У гречаному та гарбузовому борошні клейковина відсутня, що визначає їхню безглютенову природу та обмежує використання у традиційних хлібопекарських технологіях.

За вмістом вуглеводів домінує пшеничне борошно ($75,5 \pm 2,5$ %), трохи поступається гречане ($72,5 \pm 2,5$ %), тоді як у гарбузовому цей показник суттєво нижчий і становить $12,5 \pm 2,5$ % ($p \leq 0,05$), що пояснює його підвищену білково-жирову спрямованість.

Вміст жиру у гарбузовому борошні становить $11,1 \pm 1,0 \%$, що перевищує показники гречаного – $3,0 \pm 0,5 \%$ – і пшеничного – $1,0 \pm 0,1 \%$ у декілька разів ($p \leq 0,05$), що обумовлено наявністю в насінні гарбуза значної кількості ненасичених жирних кислот.

Клітковини найбільше у гарбузовому борошні (15 – 20 %), тоді як у гречаному та пшеничному її вміст становить лише близько 2,5 %, тобто в 6 – 8 разів більше ($p \leq 0,05$). Це визначає високу функціональну цінність гарбузового борошна як джерела харчових волокон.

Відносно кислотності, то гарбузове борошно має найвищий показник – $5,2 \pm 0,4 ^\circ$, що вказує на високий вміст органічних кислот у ньому, але в поєднанні із пшеничним воно не повинно впливати технологічні показник і інтенсианість бродіння тіста.

Найвищу енергетичну цінність має гарбузове борошно, калорійність його 400 – 420 ккал/100 г, що зумовлено поєднанням значної кількості білків і жирів. Показники для пшеничного та гречаного борошна є практично однаковими і становили 334 – 342 ккал та 335 – 340 ккал, відповідно.

Отже, проведений аналіз свідчить, що гарбузове борошно суттєво переважає пшеничне та гречане за білковим, жировим і клітковинним складом, проте не містить клейковини. Завдяки цьому воно має перспективне використання у виробництві дієтичних і функціональних продуктів, особливо у поєднанні з іншими видами безглютенового борошна, або збагачення пшеничного хліба білком та харчовими волокнами.

Крім харчової цінності важливе значення мали дані аналізу мінерального складу цих трьох видів борошна, оскільки вони дозволяють зробити висновок про цінність за тим чи іншим елементом борошна та кількості, яку необхідно додавати до рецептури хліба для підвищення в ньому есенціальних нутрієнтів.

Дані табл. 1.2 подають порівняльну характеристику мінерального складу пшеничного (вищого гатунку), гречаного та гарбузового борошна.

Таблиця 1.2. – Порівняльна характеристика мінерального складу пшеничного, гречаного та гарбузового борошна [19, 7]

Показники	Середнє значення у 100 г борошна		
	пшеничне (вищий ґатунок)	гречане	гарбузове
Калій (K), мг	107 ± 2,5	460 ± 30*	833 ± 53*
Фосфор (P), мг	108 ± 3,3	337 ± 28*	480 ± 35*
Магній (Mg), мг	23 ± 1,1	231 ± 15*	590 ± 23*
Кальцій (Ca), мг	1,5 ± 0,2	23 ± 1,5*	36,3 ± 5,1*
Залізо (Fe), мг	1,6 ± 0,2	4,0 ± 0,5*	9,6 ± 2,2*
Цинк (Zn), мг	0,5 ± 0,1	12,2 ± 1,2*	10,3 ± 2,5*
Марганець (Mn), мг	0,2 ± 0,1	1,5 ± 0,2*	7,4 ± 2,1*
Селен (Se), мкг	0,03 ± 0,01	4,0 ± 0,2*	4,5 ± 0,2*
Натрій (Na), мг	2,1 ± 0,1	4,0 ± 1,0*	4,3 ± 1,0*
Йод (I), мкг	0,01 ± 0,002	0,5 ± 0,1*	0,8 ± 0,2*

Примітка: * $p < 0,05$ – порівнюючи із вмістом у пшеничному борошні.

Аналіз отриманих даних (табл. 1.2) свідчить про суттєві відмінності у вмісті основних макро- та мікроелементів між дослідженими зразками. Зокрема, пшеничне борошно, яке зазвичай піддається значному ступеню очищення, характеризується найнижчими показниками мінерального складу. Вміст калію, фосфору, магнію та заліза в ньому становить відповідно 107 мг, 108 мг, 23 мг і 1,6 мг на 100 г продукту. Порівняно з ним, у гречаному борошні концентрації цих елементів зростають у 3 – 10 разів, що є статистично вірогідним ($p \leq 0,05$), а саме, кількість калію становила 460 мг, фосфору – 337 мг, магнію – 231 мг, заліза – 4,0 мг.

Найбільшу мінералізацію має гарбузове борошно, у якому спостерігаються максимальні значення калію, зокрема 833 ± 53 мг, фосфору - 480 ± 35 мг та магнію – 590 ± 23 мг. Особливо високим є вміст цинку, який

становив $10,3 \pm 2,5$ мг і марганцю – $7,4 \pm 2,1$ мг, що значно перевищує аналогічні показники у пшеничному зразку ($p \leq 0,05$).

Вміст мікроелементів – селену, натрію та йоду – у всіх видах борошна є невисоким, однак гарбузове та гречане борошно демонструють помітно вищі значення порівняно з пшеничним, що також є вірогідним ($p \leq 0,05$). Зокрема, концентрація селену у них сягає 4,0 – 4,5 мкг/100 г, тоді як у пшеничному – лише 0,03 мкг/100 г.

Таким чином, за сукупністю мінеральних показників гарбузове борошно є найбільш збагаченим джерелом макро- та мікроелементів, тоді як пшеничне має найнижчу мінеральну цінність через високий ступінь рафінування. Гречане борошно займає проміжне положення, поєднуючи високу біологічну цінність із задовільними технологічними властивостями.

Отже, результати підсумовують те, що пшеничне борошно вищого ґатунку характеризується низьким умістом мінеральних елементів, зокрема магнію, заліза, цинку та селену, що зумовлено високим ступенем його очищення від оболонкових часток зерна. Збагачення рецептури хлібобулочних виробів гречаним і гарбузовим борошном є доцільним технологічним прийомом для підвищення мінеральної цінності готової продукції.

Додавання гречаного борошна забезпечує суттєве зростання вмісту магнію, фосфору, заліза та цинку, покращує амінокислотний склад і підсилює антиоксидантні властивості хліба. Гарбузове борошно додатково підвищує рівень калію, магнію, фосфору та марганцю, а також збагачує продукт селеном, що підсилює його біологічну активність і функціональну спрямованість.

Також було проаналізовано й вміст основних вітаміннів наявних у трьох видів борошна.

У таблиці 1.3 подано порівняльну характеристику вітамінного складу пшеничного борошна вищого ґатунку, гречаного та гарбузового борошна.

Аналіз показників засвідчив істотні відмінності у вмісті водорозчинних і жиророзчинних вітамінів між досліджуваними зразками ($p \leq 0,05$).

Таблиця 1.3. – Порівняльна характеристика вітамінного складу пшеничного, гречаного та гарбузового борошна [19, 7]]

Показники	Середнє значення у 100 г борошна		
	пшеничне (вищий гатунок)	гречане	гарбузове
В1 (тіамін), мг/100 г	$0,10 \pm 0,02$	$0,39 \pm 0,02^*$	$0,37 \pm 0,1^*$
В2 (рибофлавін), мг/100 г	$0,11 \pm 0,02$	$0,80 \pm 0,02^*$	$0,28 \pm 0,04^*$
В3 (ніацин), мг/100 г	$0,85 \pm 0,1$	$5,3 \pm 1,4^*$	$11,4 \pm 1,5^*$
В5 (пантотенова кислота), мг/100 г	$0,25 \pm 0,05$	$0,33 \pm 0,1$	$0,35 \pm 0,1$
В6 (піридоксин), мг/100 г	$0,07 \pm 0,01$	$0,28 \pm 0,1^*$	$0,14 \pm 0,05^*$
В9 (фолієва кислота), мкг/100 г	$31,5 \pm 7,3$	$35,2 \pm 6,1$	$0,2 \pm 0,02$
Е (токоферол), мг/100 г	$1,92 \pm 0,07$	$2,0 \pm 0,02$	$45,5 \pm 4,8^*$
К (філохінон), мкг/100 г	$0,2 \pm 0,03$	$0,5 \pm 0,1$	$20,3 \pm 3,1^*$
С (аскорбінова кислота), мкг/100 г	$0,28 \pm 0,2$	$0,25 \pm 0,2$	$6000 \pm 2\,000^*$
Бета-каротин, мкг/100 г	сліди	сліди	$23,5 \pm 7,8^*$

Примітка: $*p \leq 0,05$ – порівнюючи із вмістом у пшеничному борошні.

Встановлено (табл. 1.3), що зокрема, вміст тіаміну (В1), рибофлавіну (В2), ніацину (В3) та піридоксину (В6) був достовірно вищим у гречаному борошні порівняно з пшеничним ($p \leq 0,05$). Найвищий рівень ніацину виявлено в гарбузовому борошні – $11,4 \pm 1,5$ мг/100 г, що перевищує відповідний показник пшеничного зразка більш ніж у 13 разів ($p \leq 0,05$).

Гарбузове борошно суттєво вирізняється високим вмістом жиророзчинних вітамінів: токоферолу ($45,5 \pm 4,8$ мг/100 г), філохінону ($20,3$

$\pm 3,1$ мкг/100 г) та бета-каротину ($23,5 \pm 7,8$ мкг/100 г), які або відсутні, або містяться у незначних кількостях у пшеничному та гречаному борошні. Особливо примітним є надзвичайно високий рівень аскорбінової кислоти (вітамін С) у гарбузовому борошні – 6000 ± 2000 мкг/100 г, що робить його потенційним джерелом антиоксидантів у раціоні.

Вміст фолієвої кислоти (В9) був співставним у пшеничному та гречаному борошні ($31,5 \pm 7,3$ та $35,2 \pm 6,1$ мкг/100 г відповідно), проте у гарбузовому – значно нижчий ($0,2 \pm 0,02$ мкг/100 г).

Отже, гречане та гарбузове борошно можуть слугувати альтернативними джерелами вітамінів групи В, а гарбузове – додатково вирізняється високим вмістом антиоксидантних сполук, що підвищує його функціональну цінність у складі харчових продуктів, зокрема у технології хлібобулочних виробів. До того ж з технологічної точки зору, введення 10 – 30 % гречаного та/або гарбузового борошна до пшеничного сприяє покращенню харчової цінності хліба без істотного погіршення його органолептичних показників. Таким чином, комбінування різних видів борошна є науково обґрунтованим і перспективним напрямом удосконалення технології виробництва хлібобулочних виробів підвищеної біологічної цінності.

1.3.3. Розробка рецептури хліба підвищеного мінерально-вітамінного складу та оцінка бродильних властивостей тіста

Наступною частиною кваліфікаційного дослідження було розробити рецептури хліба «Мінерального» із додаванням борошна багатого на мінеральні речовини – гречаного та гарбузового.

Таблиця 1.4 подає рецептурний склад дослідних зразків хліба «Мінерального», сформованих шляхом часткової заміни пшеничного борошна вищого ґатунку на гречане та гарбузове. Контрольний зразок (№1) містив 100 % пшеничного борошна і слугував еталоном для порівняння

фізико-хімічних, органолептичних та мінеральних показників дослідних зразків.

Таблиця 1.4 – Основні інгредієнти дослідних зразків рецептурного складу хліба «Мінерального»

Дослідні зразки	Віміст (%) пшеничного (вищий гатунок), гречаного та гарбузового борошна		
	пшеничне	гречане	гарбузове
Контроль (№1)	100	–	–
№2	85	10	5
№3	85	5	10
№4	80	10	10
№5	80	15	5

У рецептурах №2 – №5 пшеничне борошно заміщувалося на 15–20 % сумішшю гречаного та гарбузового борошна в різних пропорціях. Так, у зразку №2 використано 10 % гречаного та 5% гарбузового борошна, у зразку №3 – 5 % гречаного та 10 % гарбузового. Зразок №4 характеризується рівним співвідношенням гречаного і гарбузового борошна (по 10 %), тоді як у зразку №5 переважає гречане (15 %) при 5 % гарбузового.

За вказаними рецептурними інгредієнтами та співвідношенням борошна між собою, згідно традиційної технологічної схеми (рис. 1.1) було замішено тісто та виміряно його показники кислотності на початку й протягом усього процесу віброджування.

Технологія виробництва хліба «Мінерального» з використанням пшеничного, гречаного та гарбузового борошна була класична.

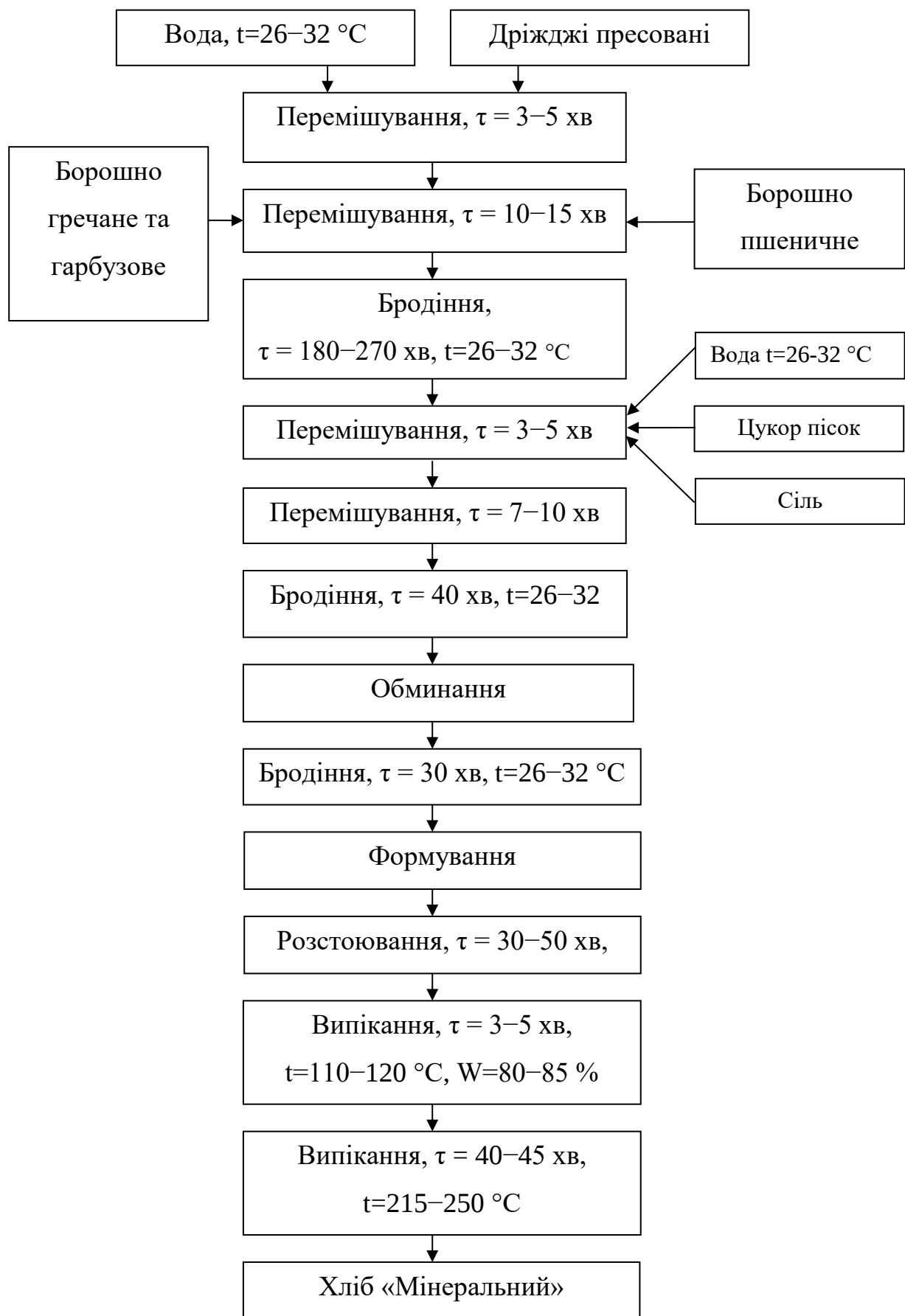


Рис. 1.1. Векторна схема технології дослідних зразків хліба «Мінерального» з нетрадиційними видами борошна

На рисунку 1.2 наведено значення показників кислотності у всіх зразках тіста за час бродіння.

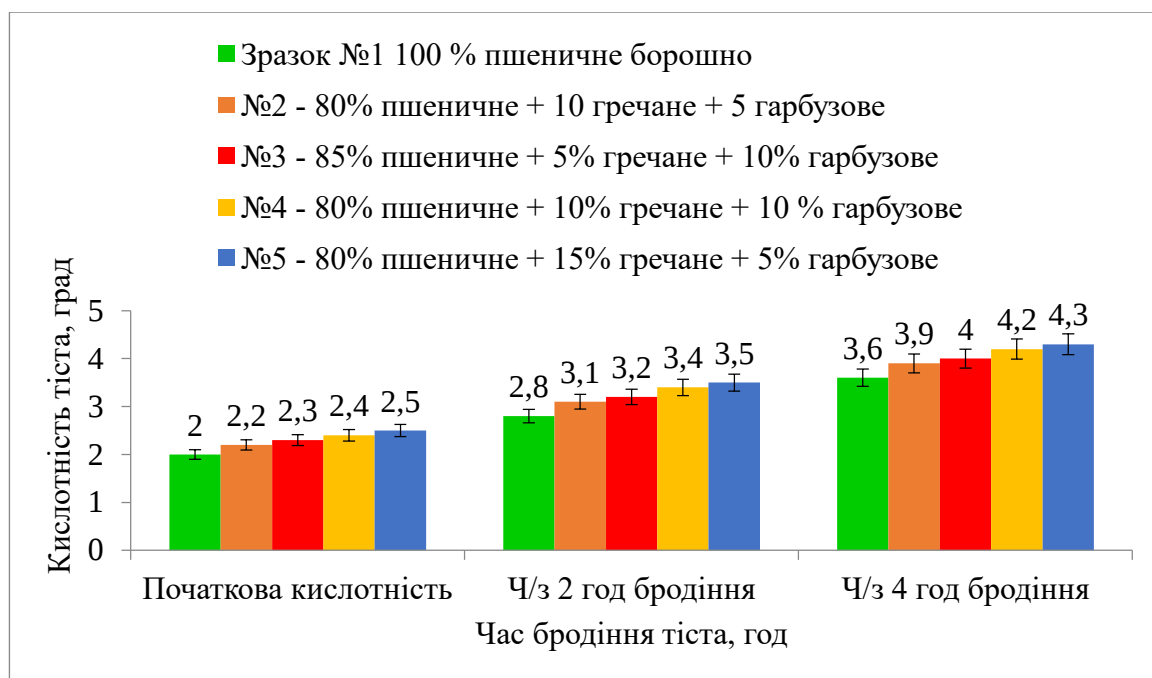


Рисунок 1.2. Показники кислотності тіста (експериментальних зразків) під час бродіння хліба «Мінерального», n=5

Дослідження показали, що під час бродіння тіста для хліба «Мінерального» кислотність поступово зростає в усіх дослідних зразках (рис. 1.5). Найнижчі значення кислотності спостерігалися у контрольному зразку, виготовленому з борошна пшеничного вищого ґатунку ($3,6 \pm 0,1$ °Н після 4 годин бродіння).

У зразках, де частину пшеничного борошна було замінено на гречане та гарбузове, відзначено більш інтенсивне підкислення. Це пояснюється тим, що гречане борошно містить більшу кількість ферментів, зокрема амілаз, які активізують молочнокисле бродіння, а гарбузове борошно збагачує середовище природними органічними кислотами та цукрами, що також стимулюють ріст дріжджової мікрофлори [20].

Збільшення частки гречаного борошна (до 15 %) у зразку №5 призвело до найвищого показника кислотності – $4,3 \pm 0,2$ °Н, що свідчить про посилення активності бродіння та накопичення кислот. Подібна тенденція

спостерігалася і в зразках №3 та №4, де сумарна кількість нетрадиційної сировини (гречаної та гарбузової) становила 15 – 20 %.

Отже, включення до рецептури хліба «Мінерального» гречаного та гарбузового борошна сприяє оптимізації кислотності тіста, що може позитивно впливати на смак, аромат і мікробіологічну стабільність готового виробу. Найраціональнішим співвідношенням виявлено комбінацію 80 % пшеничного, 15 % гречаного та 5 % гарбузового борошна (зразок №5), за якої досягається збалансований рівень кислотності без надмірного підкислення.

1.3.4. Дослідження зразків готових виробів хліба «Мінерального» з пшеничним, гречаним та гарбузовим борошном

Наступна частина кваліфікаційного дослідження передбачала оцінку готових виробів – хліба «Мінерального», зокрема на рис. 1.3 подано дані щодо питомого об'єму зразків мінерального хліба.

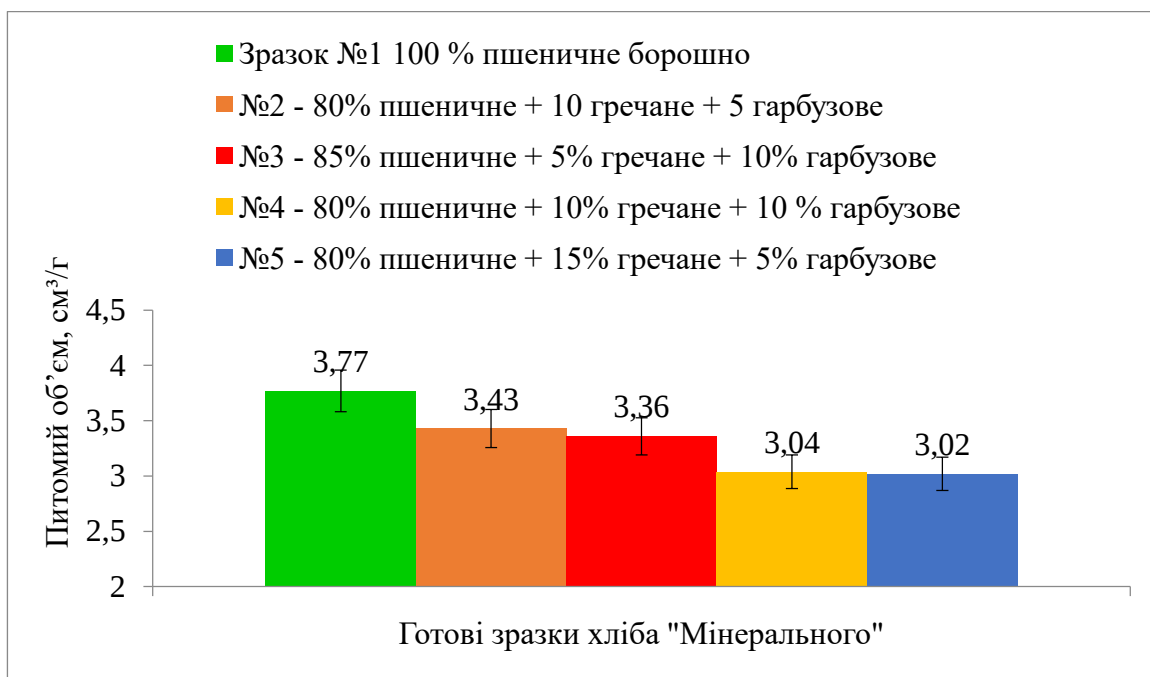


Рисунок 1.3. Оцінка питомого об'єму готових виробів дослідних зразків хліба «Мінерального», n=5

Аналіз (рис. 1.3) виявив, що контрольний зразок (100 % пшеничне борошно) продемонстрував найбільший питомий об'єм $3,77 \pm 0,12$ см³/г. Водночас виявлено, що додавання гречаного та/або гарбузового борошна призводить до зниження питомого об'єму хліба внаслідок ослаблення клейковинної матриці. Зокрема, гречане борошно, будучи безглютеновим, знижує здатність тіста утримувати гази. Зі збільшенням частки гречаного борошна у експериментальних зразках №2 – №5 відбувається помітне падіння питомого об'єму зі $3,43 \pm 0,14$ до $3,02 \pm 0,17$ см³/г. Це особливо видно при 15 % заміні пшеничного борошна на гречане у зразку №5.

Також відмічаємо, що гарбузове борошно додає поживних речовин і вологи, але також містить клітковину і пектин, що змінюють в'язкість і газоутримуючу здатність клейковини. Порівняння зразка №2 у якому 10 % гречаного + 5 % гарбузового борошна і №3 зі вмістом 5 % гречаного + 10 % гарбузового, показує, що при однаковій сумарній долі заміни питомий об'єм трохи нижчий у варіанті з більшим вмістом гарбуза – зразок №3 у якому питомий об'єм становить $3,36 \pm 0,13$ см³/г, що свідчить про суттєву роль клітковини та вільної вологи від гарбузового борошна.

Натомість найменший питомий об'єм відмічено у зразках №4 і №5, який складав $3,04 \pm 0,15$ та $3,02 \pm 0,17$ см³/г, відповідно, який пов'язаний із сумарною високою часткою нетрадиційних борошен (сумарно 20 % у №4 і 20 % у №5). На наш погляд це комбінований ефект зниження клейковинної якості та збільшення вмісту розчинної/нерозчинної клітковини.

Отже, для отримання збалансованого продукту з підвищеною харчовою цінністю, а саме за вмістом мінеральних речовин, але прийнятною об'ємністю, найбільш оптимальним є експериментальний зразок виробу під №2 (85/10/5), що на нашу думку є компромісним рішенням.

Для ґрунтовнішого оцінювання було визначено пористість зразків мінерального хліба із гречаними та гарбузовим борошном (рис. 1.4).

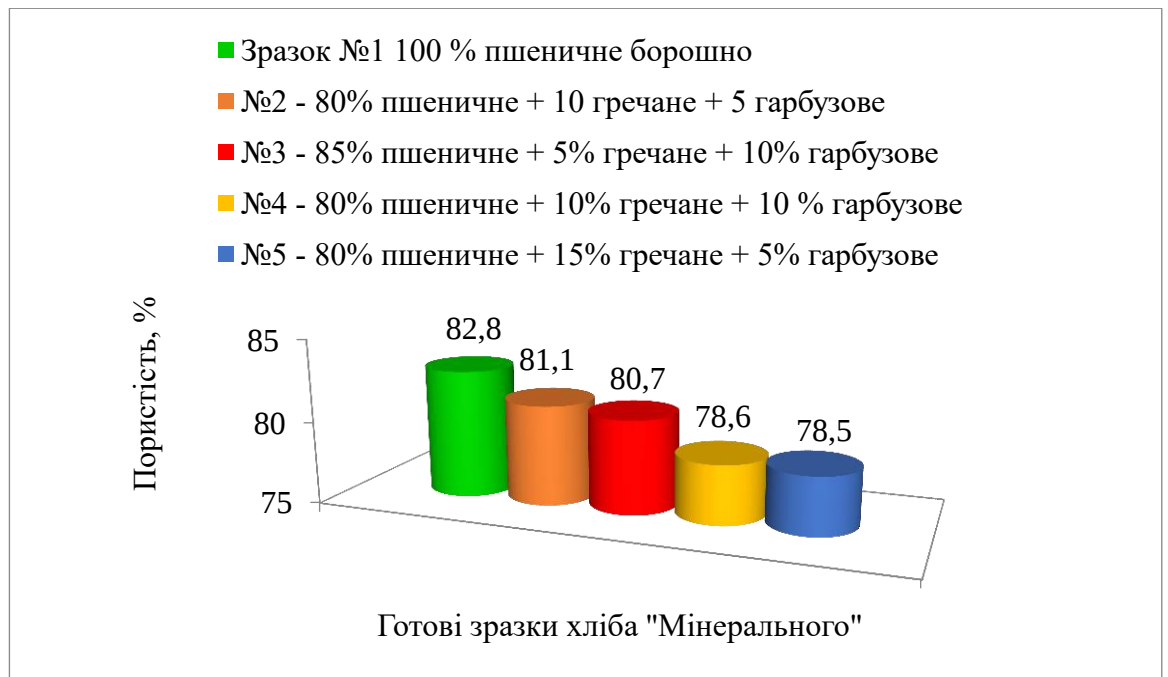


Рисунок 1.4. Оцінка пористості готових виробів дослідних зразків хліба «Мінерального, n=5

З аналізу рис. 1.4 видно, що контрольний зразок із пшеничного борошна має найвищу пористість $82,8 \pm 0,2$ %. Заміни частини пшеничного борошна гречаним і гарбузовим призводять до зниження пористості, зокрема найнижчі значення спостерігаються у зразках №4 і №5 – $78,6 \pm 0,2$ та $78,6 \pm 0,2$ %, відповідно. На наш погляд, механізм змін зниження пористості пов'язано зі зниженням газоутримуючої здатності тіста при введенні безглютенової гречки та клітковинного гарбузового борошна: менше стабільних газових бульбашок спричиняє менший загальний поровий об'єм на одиницю маси. Це узгоджується з попередніми спостереженнями щодо питомого об'єму.

Оцінюючи вплив рецептури на значення пористості відзначаємо, що зразок №2 (10 % гречаного + 5 % гарбузового борошна) зберігає відносно високу пористість – $81,1 \pm 0,2$ %) і може розглядатися як компроміс між підвищеною харчовою цінністю й прийнятною структурою. Зразки з сумарною заміною 20 % (№4, №5) мають помітно нижчу пористість, що може впливати на текстуру, м'якість і органолептичні властивості.

Водночас усі дослідні зразки хліба мали пористість більше 70 %, що відповідає вимогам ДСТУ на цей виріб.

1.3.5. Органолептичні властивості та бальна оцінка дослідних зразків хліба «Мінерального» з борошна пшеничного, гречаного й гарбузового»

У таблиці 1.5. та рис. 1.5 наведено дані щодо оцінювання зразків хліба за органолептичними властивостями.

Таблиця 1.5 – Органолептичні властивості дослідних зразків хліба «Мінерального» з борошна пшеничного, гречаного й гарбузового

Дослідний зразок	Зовнішній вигляд	Колір м'якушки	Запах	Смак	Консистенція та пористість
Контроль, Зразок №1 –100 % пшеничне борошно	Правильної форми, поверхня рівна, світло-коричнева	Світло-кремовий	Характерний пшеничний	Приємний, без сторонніх присмаків	М'якушка еластична, пори рівномірні
№2 - 80% пшеничне + 10 гречане + 5 гарбузове	Злегка темніша кірка, рівномірно випечена	Кремово-бежевий	Легкий аромат гречки	Приємний, із ледь відчутним горіховим присмаком	М'якушка помірно еластична, середньопориста
№3 - 85% пшеничне + 5% гречане + 10% гарбузове	Рівна поверхня, кірка з помаранчевим відтінком	Світло-жовтий	Легкий гарбузовий аромат	Солодкуватий, ніжний	М'яка, добре пропечена, пори середні
№4 - 80% пшеничне + 10% гречане + 10 % гарбузове	Темно-золота кірка, ароматний вигляд	Жовто-бежевий	Виразний аромат гречки та гарбуза	Насичений, приємний смак	Еластична, пористість середня, структура рівномірна
№5 - 80% пшеничне + 15% гречане + 5%	Темніша кірка, щільніший вигляд	Бежево-коричневий	Інтенсивний аромат гречки	Виражений гречаний смак, трохи гіркуватий	М'якушка щільніша, пори дрібні

Проведена органолептична оцінка (табл. 1.5 та рис. 1.5) показала, що всі дослідні зразки хліба «Мінерального» мали привабливий зовнішній вигляд, однак внесення гречаного та гарбузового борошна суттєво вплинуло на колір, аромат, смак і консистенцію виробів.

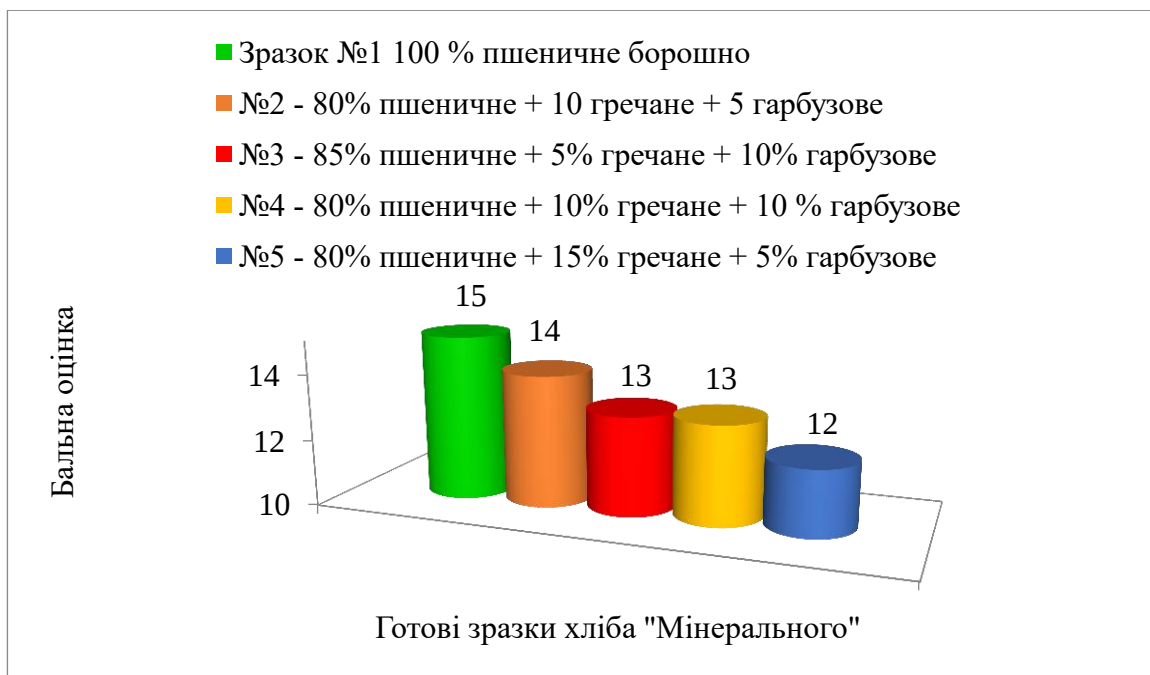


Рисунок 1.5. Органолептична бальна оцінка дослідних зразків хліба «Мінерального, n=5

Контрольний зразок №1, виготовлений зі 100 % пшеничного борошна, характеризувався типовим для пшеничного хліба світло-коричневим кольором кірки, світло-кремовим м'якушем, приємним ароматом і ніжним смаком без сторонніх присмаків. М'якушка еластична, рівномірно пориста. Цей зразок отримав найвищу бальну оцінку – 15 балів, що свідчить про його найкращі органолептичні властивості.

Додавання 10 % гречаного та 5 % гарбузового борошна (зразок №2) надало хлібу злегка темнішу кірку й приємний горіховий присмак. Колір м'якушки став кремово-бежевим, аромат – легким і гармонійним. Консистенція залишалася досить еластичною, із середньою пористістю. Зразок отримав 14 балів, що вказує на високу якість із незначними змінами у структурі.

Зразки №3 та №4, у яких збільшено частку гарбузового або гречаного борошна, мали більш виражений аромат добавок і насиченіший колір м'якушки – від світло-жовтого до жовто-бежевого. Їхній смак був приємним,

з гармонійним поєднанням легкого солодкуватого та зернового відтінків. Однак через невелику щільність м'якушки ці зразки отримали по 13 балів.

Зразок №5, до складу якого входило 15 % гречаного та 5 % гарбузового борошна, вирізнявся темнішою кіркою, інтенсивним гречаним ароматом і гіркуватим присмаком. М'якушка була щільнішою з дрібними порами. Через ці особливості зразок набрав 12 балів, що є найнижчим показником серед досліджених.

Отже, оптимальним варіантом за поєднанням зовнішнього вигляду, смаку, аромату та консистенції можна вважати зразок №2 (80 % пшеничного, 10 % гречаного, 5 % гарбузового борошна). Він має приємний аромат, збалансований смак і задовільну текстуру, при цьому відзначається підвищеною харчовою цінністю завдяки внесенню гречаного та гарбузового борошна.

Узагальнюючи відзначаємо, що внесення до рецептури хліба «Мінерального» гречаного та гарбузового борошна впливає на зовнішній вигляд, колір, аромат і консистенцію готових виробів. Усі дослідні зразки характеризуються задовільними споживчими властивостями, проте зі збільшенням частки гречаного борошна спостерігається потемніння м'якушки та поява більш вираженого гречаного присмаку. Таким чином, оптимальним співвідношенням добавок для отримання хліба з покращеними смаковими властивостями та підвищеною поживною цінністю є поєднання 10 % гречаного та 5 % гарбузового борошна.

РОЗДІЛ II

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

2.1. Вибір, обґрунтування і опис технологічної схеми

Технологія приготування хліба «Січковий» базується на використанні закваски, що забезпечує формування характерного кислуватого смаку, тривалого терміну зберігання та покращених органолептичних властивостей.

Вибір саме заквасного способу приготування тіста обумовлений такими факторами:

- природне збагачення тіста молочнокислими бактеріями та дріжджами;
- поліпшення структури м'якуша та еластичності готового хліба;
- зменшення використання промислових поліпшувачів;
- подовження терміну зберігання завдяки природному кислотному середовищу.

Закваска готується шляхом багаторазового оновлення, що дозволяє досягти стабільного мікробіологічного складу. Після дозрівання закваски готується тісто шляхом замішування з рештою сировини. Бродіння тіста проходить у дві фази: основне бродіння та розстоювання перед випічкою. Випікається хліб при температурі 220–230 °С.

Такий технологічний підхід забезпечує виробу традиційний смак, щільний, але пружний м'якуш, хрустку ароматну скоринку – все те, що характерно для хлібів на заквасці.

Хліб «Сонячний»

Для хліба «Сонячний» застосовується опарний спосіб приготування тіста без додавання будь-яких сторонніх інгредієнтів, таких як молочні продукти, жири чи цукор. Це дозволяє зберегти класичний хлібний смак та аромат.

Вибір опарної технології обґрунтований такими перевагами:

- забезпечення кращого розвитку клейковини;
- посилення бродильних процесів;
- формування однорідної пористої структури м'якуша;
- покращення об'єму та зовнішнього вигляду виробу.

Процес починається з приготування опари з частини борошна, води та дріжджів. Після дозрівання опари в неї додається решта сировини, і готується тісто. Бродіння тіста триває 1,5–2 години, після чого тісто формують, розстоюють і випікають при температурі 220–230 °С.

Такий спосіб дає змогу отримати хліб з ніжною текстурою, приємним ароматом і рівномірним м'якушем – саме ті характеристики, які очікує споживач від хліба «Сонячний».

2.2. Опис апаратурно-технологічних схем ліній з виробництва продукції

Опис технологічної схеми для хліба «Січовий»

Поживне середовище для рідкої закваски готується у заварочній машині ХЗМ-300, де змішують частину житнього обдирного борошна, всю кількість води та частину раніше підготовленої закваски. Інгредієнти дозуються через дозатори: борошно – Ш2-ХДА, вода – АВБ-100, а закваска подається або з витратної ємності, або безпосередньо з чанів бродіння. Закваску з вологістю 72% перемішують 8–10 хвилин, після чого насосом подають у чани ХЄ-47, де вона бродить 2,5–3 години до набуття потрібної кислотності, об'єму і аромату. Половину вибродженої маси використовують у тісто, решту – оновлюють для наступного циклу.

Тісто замішується у спіральній тістомісильній машині ТОPOS Т-180. Сировину (решту борошна, дріжджі, сіль, цукор, воду, закваску) дозують з відповідних механізмів. Заміс триває близько 8 хвилин, після чого тісто бродить 45–60 хвилин у діжах до досягнення кислотності 8,0°Т.

Бродиле тісто подається діжоперекидачем НК 1200 до тістоподільника SD-180 (Sveba-Dahlen). Там тісто розділяється на порції та

транспортується до машини МО-300, де формуються овальні заготовки. Після цього заготовки укладаються в колиски вистійної шафи Т1-ХР-2А-48, де протягом 50–60 хвилин проходить остаточне бродіння за температури 35–40 °С та вологості 75%.

Випікання відбувається у печі Г4-ХПЛ-16, де хліб випікається при зволоженні камери протягом 52 хвилин. Готові вироби транспортуються до циркуляційного столу для охолодження, відбраковування та пакування.

Остаточна упаковка здійснюється на термоусадочному автоматі ТПЦ-200М з продуктивністю до 1200 пак./год.

Опис технологічної схеми для хліба «Сонячний»

Тісто для хліба «Сонячний» готують на основі опари з пшеничного борошна вищого сорту. Після зважування, борошно подається з допомогою системи Спіроматик до виробничого бункера ХЄ-63В, а далі — через пружинно-транспортну систему до вагових дозаторів ДВУ-1, з яких дозована кількість надходить у тістомісильну машину Х-12. Одночасно у тістоміс подається дріжджова суспензія та сольовий розчин із відповідних збірників через станцію ВНИИХП-0-6. Вода, як холодна, так і гаряча, дозується з баків через бачок АВБ-100. Опара бродить 220 хвилин у кориті ХТР при температурі 28 °С до досягнення кислотності 2,5°Т. Потім її перекачують шнековим нагнітачем у тістомісильну машину Х-12, де замішується тісто без додавання води (вологість 46%). До машини також подається решта борошна та сольовий розчин із черпачкового дозатора.

Тісто бродить 70 хвилин до кислотності 4,0°Т у кориті ХТР, після чого його подають у тістоподільник КТМ-300. Потім тісто проходить округлення в машині МО-300 та вистоюється в шафі Т1-ХР-2А-48 при температурі 38 °С протягом 70 хвилин.

Випікання здійснюється в тунельній печі Г4-ХПЛ-16 тривалістю 45 хвилин. Готовий хліб охолоджується в кулері КВЛ-1, після чого надходить на нарізку в машину SIMPLEX, упаковується на лінії FUJI MACHINERY і доставляється у хлібосховище за допомогою експедиційних вагонеток.

РОЗДІЛ III

ПРОЄКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Технологічні розрахунки виробництва запроєктованого асортименту

Таблиця 3.1 – Вихідні дані до розрахунків

Показники та одиниці вимірювання	Умовне позначення	Хліб «Січковий»	Хліб «Сонячний»
Стандарт	-	ДСТУ 4583-2006	ДСТУ 7517:2014
Маса, кг	m	0,6	0,8
Масова частка вологи, %, не більше	W _в	48,0	46,0
Кислотність, град	K	8,0	3,0
Пористість, %, не менше	B	46,0	68,0
М. ч. ц. на СР, %	W _ц	-	-
М. ч. ж. на СР, %	W _ж	-	-
Розмір виробів, мм	l×d	260×120	200×200
Вихід хліба, %	Впл	139	136,5

Таблиця 3.2 – Рецепт на 100 кг борошна

Сировина	Хліб «Січковий»	Хліб «Сонячний»
Борошно пшеничне вищого сорту	-	100,0
Борошно пшеничне першого сорту	60,0	-
Борошно житнє обдирне	40,0	-
Дріжджі хлібопекарські пресовані	0,5	1,2
Сіль кухонна харчова	1,8	1,5
Цукор білий	1,5	-
Разом	103,8	102,7

Таблиця 3.3 – Технологічні режими і показники

Показники, одиниці вимірювання	Хліб «Січковий»	Хліб «Сонячний»
Вологість тіста, %	48,0	46,0
Вологість опари, %	72,0	70,0
Час за який відбувається бродіння тіста, хв.	45...60	70
Час за який відбувається бродіння опари, хв.	150...180	220
Тривалість вистоювання тістових заготовок, хв	50...60	70
Початкова температура опари, °C	23...24	28
Початкова температура тіста, °C	25...28	30
Спосіб приготування	Рідка закваска	Рідка опара
Спосіб випікання	У формі	У формі
Час випікання	45...55	30/45?
Плановий вихід	139	136,5
Задана концентрація розчину солі, %	25	25
Співвідношення розведення дріжджів водою	1:3	1:3
Кислотність тіста, град	8,0...9,0	3,0
Розмір поду печі, мм	8750×2000	8750×2000
Марка печі	Г4-ХПЛ-16	
Кількість печей	1	1

3.2. Розрахунок продуктивності печі

Для випікання хліба «Січковий» та «Сонячний» ми використовуємо універсальну піч Г4-ХПЛ-16, розміри якої є 8,75×0,2 м, площа 17,5.

Щоб обчислити продуктивність печі за годину (P_n кг/год) використовуємо формулу:

$$P_n = \frac{N \times n \times g \times 60}{t} \quad (3.1)$$

де, N – кількість хліба, що розташовується по довжині поду, шт;

n – кількість хліба, що розташовується по ширині поду, шт;

g – задана вага хліба, кг;

t – час потрібний для випікання заданого хліба, хв

Розрахунок хліба по ширині проводимо за формулою (n, шт)

$$n = \frac{D-e}{d+e} \quad (3.2)$$

де, D – ширина поду печі, мм;

d – ширина (діаметр) виробу, мм;

e – проміжок між виробами, мм.

Кількість хліба по ширині поду:

$$n = \frac{8750-30}{120+30} = 51,13, \text{ приймаємо } 51 \text{ шт}$$

Для розрахунку хліба по довжині використовуємо формулу (N, шт)

$$N = \frac{L-e}{l+e} \quad (3.3)$$

L – розмір (довжина) поду печі, мм;

l – розміри виробу, довжина або діаметр, мм;

e – відстань між виробами, мм.

Кількість хліба за довжиною поду:

$$N = \frac{2000-30}{260+30} = 6,79, \text{ приймаємо } 6 \text{ шт}$$

При розрахунку добової продуктивності печі ($P_{\text{доб}}$, кг/добу) використовуємо формулу

$$P_{\text{доб}} = Pn + \tau \quad (3.4)$$

τ – час (годин) роботи печі на добу.

Для подальших розрахунків дані брали з довідників.

Продуктивність за годину:

$$P_{\text{год}} = \frac{51 \times 6 \times 0,6 \times 60}{52} = 211,85 \text{ кг/год}$$

$$P_{\text{доб}} = 212 \times 23 = 4876 \text{ кг/доб}$$

Хліб «Сонячний» 0,8 кг

Кількість хліба по ширині поду:

$$n = \frac{8750-30}{200+30} = 37,91, \text{ приймаємо } 37 \text{ шт}$$

Кількість хліба по довжині поду:

$$N = \frac{2000-30}{200+30} = 8,57, \text{ приймаємо } 8 \text{ шт.}$$

Продуктивність за годину становить:

$$P_{\text{год}} = \frac{37 \times 8 \times 0,8 \times 60}{30} = 473,6 \text{ кг/год}$$

Визначаємо продуктивність за добу:

$$P_{\text{доб}} = 473,6 \times 23 = 10902 \text{ кг/год}$$

3.3. Розрахунок пофазних рецептур

Пофазна рецептура хліба «Січковий»

Згідно нормативних вимог приготування тіста для хліба «Січковий» виконується на рідкій заквасці. Кінцева кислотність тіста становить 8,0 град, час за який відбувається бродіння тіста становить 45 хвилин.

Таблиця 3.4. – Маса сухих речовин у тісті для хліба «Січковий»

Сировина, кг	Вага сировини, кг	Стала вологість сировини, %	Маса сухих речовин, кг
Борошно пшеничне першого сорту	60,0	14,5	51,3
Борошно житнє обдирне	40,0	14,5	34,2
Дріжджі хлібопекарські пресовані	0,5	75,0	0,12
Сіль кухонна харчова	1,8	-	1,8
Цукор білий	1,5	0,15	1,5
Разом	103,8	-	88,92

Розрахунок виходу тіста G_T , кг виконуємо за формулою:

$$G_T = \frac{G_{с.р} \times 100}{100 - W_T} \quad (3.5)$$

де $G_{с.р}$ – кількість сухих речовин у тісті, кг;

W_T – вологість тіста, %

Вологість тіста становить $W_T = 48\%$, отже

$$G_T = \frac{88,92 \times 100}{100 - 48} = 171 \text{ кг}$$

Потрібна кількість води G_B , кг на замішування тіста розраховується за формулою:

$$G_B = G_T - G_{сир} \quad (3.6)$$

$$G_B = 171,0 - 103,8 = 67,2 \text{ кг}$$

Визначаємо кількість розчину солі $G_{р.с}$, кг за формулою:

$$G_{p.c} = \frac{G_c \times 100}{C_{p.c}} \quad (3.7)$$

$C_{p.c}$ – концентрація розчину солі, % становить 25 %

$$G_{p.c} = \frac{100 \times 1,8}{25} = 7,2 \text{ кг}$$

Маса води $G_{в.с.р}$, кг у сольовому розчині визначається за формулою:

$$G_{в.с.р} = G_{p.c} - G_c \quad (3.8)$$

$$G_{в.с.р} = 7,2 - 1,8 = 5,4 \text{ кг}$$

В дріжджовій суспензії співвідношення води до дріжджів дорівнює 3:1 відповідно, тому для визначення кількості дріжджової суспензії використовуємо формулу:

$$G_{др.с} = \frac{G_{др} \times G_b \times (1+b)}{100} \quad (3.9)$$

де $G_{др}$ – кількість дріжджів хлібопекарських по рецептурі

b – кількість розведень, ($b=3$)

$$G_{др.с} = \frac{0,5 \times 100 \times (1+3)}{100} = 2,0 \text{ кг}$$

Кількість води в дріжджовій суспензії становить:

$$G_{в.др.с} = 2,0 - 0,5 = 1,5 \text{ кг}$$

Маса розчину цукру $G_{p.ц}$, розраховуємо за формулою:

$$G_{p.ц} = \frac{G_c \times 100}{C_{p.ц}} \quad (3.10)$$

$C_{p.ц}$ – концентрація цукрового розчину, 50 %

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

Кількість води в розчині цукру:

$$G_{в.р.ц} = 3,0 - 1,5 = 1,5 \text{ кг}$$

Розраховуємо кількість води, яка є в тісті $G_{в.1т}$, кг за формулою:

$$G_{в.1т} = G_b - (G_{в.др.с} + G_{в.с.р} + G_{в.р.ц}) \quad (3.11)$$

$$G_{в.1т} = 67,2 - (1,5 + 5,4 + 1,5) = 58,8 \text{ кг}$$

Всю кількість води приймаємо на приготування закваски рідкої

Масу борошна в заквасці розраховуємо за формулою:

$$G_3^b = \frac{G_3^B \times (100 \times w_3)}{w_3 - w_6} \quad (3.12)$$

де G_3^B – маса води в заквасці, кг

w_3, w_6 – масова частка вологи закваски та борошна відповідно, %

$$G_3^B = \frac{58,8 \times (100 - 72)}{72 - 14,5} = 28,63 \text{ кг}$$

Загальна кількість закваски:

$$G_3 = 58,8 + 28,63 = 87,43 \text{ кг}$$

Розраховуємо загальну кількість борошна в тісті, за винятком борошна, яке входить в закваску:

$$G_6 = 100,0 - 28,63 = 71,37 \text{ кг}$$

Таблиця 3.5. – Пофазна рецептура приготування закваски

Сировина і н/ф	Всього	Стигла закваска	Живильна суміш	Виробнича закваска
Борошно житнє обдирне	28,63	14,31	14,32	-
Живильна суміш	-	-	-	43,72
Стигла закваска	-	-	-	43,71
Вода	58,8	29,4	29,4	-
Всього	87,43	43,71	43,72	87,43

Отримані результати розрахунків заносимо в таблицю пофазної рецептури на 100 кг борошна

Таблиця 3.6. – Пофазна рецептура приготування тіста на 100 кг борошна

Сировина і напівфабрикати	Всього	В рідку закваску	В тісто	На оброблення
Борошно пшеничне першого сорту	60,0	-	60,0	-
Борошно житнє обдирне	40,0	28,63	10,37	1,0
Дріжджова суспензія	2,0	-	2,0	-
Розчин солі	7,2	-	7,2	-
Розчин цукру	3,0	-	3,0	-
Вода	58,8	58,8	-	-
Рідка закваска	-	-	87,43	-
Всього	171,0	87,43	170,0	1,0

Пофазана рецептура приготування хліба «Сонячний»

Приготування даного виду хліба відбувається опарним способом з борошна пшеничного вищого сорту. Маса хліба становить 0,8 кг

Таблиця 3.7. – Маса сухих речовин хліба «Сонячний»

Сировина, кг	Вага сировини, кг	Стала вологість сировини, %	Маса сухих речовин, кг
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0	14,5	85,5
Дріжджі хлібопекарські пресовані	1,2	75,0	0,3
Сіль кухонна харчова	1,5	-	1,5
Всього	102,7	-	87,3

Розраховуємо вихід тіста за формулою (3.5), при тому що вологість тіста становить 46%

$$G_T = \frac{87,3 \times 100}{100 - 46} = 161,67 \text{ кг}$$

Потрібна кількість води, яка потрібна на замішування тіста розраховується за формулою (3.6)

$$G_B = 161,67 - 102,7 = 58,97 \text{ кг}$$

Кількість дріжджової суспензії $G_{др.с}$ в кг розраховуємо за формулою (3.9), кратність розведень дріжджів водою становить 1:3.

$$G_{др.с} = 1,2 + 3 \times 1,2 = 4,8 \text{ кг}$$

Маса води в дріжджовій суспензії становить $G_{в.др.с}$ формулою:

$$G_{в.др.с} = 4,8 - 1,2 = 3,6 \text{ кг}$$

Кількість розчину солі $G_{р.с}$ розраховуємо за формулою (3.7)

$$G_{р.с} = \frac{100 \times 1,5}{25} = 6 \text{ кг}$$

Маса води в р-ні солі $G_{в.р.с}$ в кг розраховуємо за формулою (3.8)

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

Маса води, яку додають під час замішування тіста $G_{в.1т}$ в кг, формула (3.11)

$$G_{в.1т} = 58,97 - 3,6 - 4,5 = 50,87 \text{ кг}$$

Кількість борошна в опарі в кілограмах, при умові що всю воду вносять в опару по рецептурі визначаємо за формулою:

$$G_{\text{б. в опарі}} = \frac{G_{\text{в.т}}(100 - W_{\text{о}}) + G_{\text{др}}(W_{\text{др}} - W_{\text{о}})}{W_{\text{о}} - W_{\text{т}}} \quad (3.13)$$

$$G_{\text{б. в опарі}} = \frac{50,87 \times (100 - 70) + 1,2 \times (75 - 70)}{70 - 14,5} = 27,61 \text{ кг}$$

Загальна вага опари становить:

$$G_{\text{о}} = 50,87 + 27,61 + 4,8 = 83,28 \text{ кг}$$

Таблиця 3.8. – Маса сухих речовин в опарі

Сировина, кг	Вага, кг	Стала вологість	Розрахована вага сухих речовин
Борошно пшеничне вищого сорту	27,61	14,5	23,61
Дріжджі хлібопекарські пресовані	1,2	75,0	0,3
Всього	28,81	-	23,91

Проводимо розрахунок маси опари $G_{\text{о}}$, кг, вологість опари становить 70%:

$$G_{\text{о}} = \frac{G_{\text{с.р}} \times 100}{100 - W_{\text{о}}} \quad (3.14)$$

$$G_{\text{о}} = \frac{23,91 \times 100}{100 - 70} = 79,7 \text{ кг}$$

Масу води в опарі $G_{\text{в. о}}$ розраховуємо за формулою:

$$G_{\text{в.о}} = G_{\text{о}} - G_{\text{с}} \quad (3.15)$$

$$G_{\text{в. о}} = 79,7 - 28,81 = 50,89 \text{ кг}$$

Окремо обчислюємо воду, що вноситься без води з дріжджовою суспензією:

$$G_{1\text{в. о}} = G_{\text{в. о}} - G_{\text{в. др. с}} \quad (3.16)$$

$$G_{1\text{в. о}} = 50,89 - 3,6 = 47,29 \text{ кг}$$

Кількість чистої води, що вносяться на заміс тіста $G_{\text{в}}^{\text{т}}$, кг становить:

$$G_{\text{в}}^{\text{т}} = G_{\text{в}} - G_{\text{в. др. с}} - G_{\text{в. р. с}} \quad (3.17)$$

$$G_{\text{в}}^{\text{т}} = 58,97 - 3,6 - 4,5 = 50,87 \text{ кг}$$

Таблиця 3.9. – Пофазна рецептура хліба «Сонячний»

Сировина і напівфабрикати	Всього, кг	Опара, кг	Тісто, кг
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0	27,61	72,39
Сольовий розчин	6,0	-	6,0
Дріжджова суспензія	4,8	4,8	-
Вода	50,87	50,87	-
Опара	-	-	83,28
Разом	161,67	83,28	161,67

3.4. Розрахунок виходу виробів

Цей розрахунок включає в себе велику кількість аспектів, наприклад затрати та витрати, які використовуються при приготування закваски або опари, а пізніше і самого тіста. Тому формула виходу хліба має вигляд:

$$Vx = Gt - (Vt + Vb + 3бр + 3обр + 3уп + 3укл + 3ус + Vкр + Vбр + Vшт), \% \quad (3.18)$$

де, Vt – втрати тіста та борошна від початку замішування до початку випікання;

Vb – втрати борошна до замішування н/ф;

$3бр$ – затрати за час бродіння;

$3обр$ – затрати за час оброблення тіста;

$3уп$ – затрати за час упікання;

$3укл$ – кількість зменшення маси хліба за час його перевезення від печі та укладання в контейнери;

$3ус$ – затрати за час усихання (зберігання) хліба;

$Vкр$ – втрати хліба у вигляді лому та крихт;

$Vбр$ – втрати від переробки браку;

$Vшт$ – втрати за неточності маси виробу, що відбуваються при приготуванні штучних виробів.

Для визначення середньо зволоженої вологості сировини потрібно використати таку формулу

$$W_c = \frac{G_b \times W_b + G_{др} \times W_{др} + G_{солі} \times W_{солі} + G_{ц} \times W_{ц}}{G_b + G_{др} + G_{солі} + G_{ц}} \quad (3.19)$$

$$W_c = \frac{60,0 \times 14,5 + 40,0 \times 14,5 + 0,5 \times 75,0 + 1,8 \times 0 + 1,5 \times 0,15}{60,0 + 40,0 + 0,5 + 1,8 + 1,5} = 14,33 \%$$

Розраховуємо масу тіста G_T , кг за формулою

$$G_T = \frac{G_{\text{сир}}(100 - W_c)}{100 - W_T} \quad (3.20)$$

де $G_{\text{сир}}$ – кількість сировини з 100 кг борошна в тісті

$$G_T = \frac{103,8 \times (100 - 14,33)}{100 - 48} = 171,01 \text{ кг}$$

Витрати та затрати, що розраховуємо, виражаємо у перерахунку на масу тіста відсотках

Розраховуємо втрати борошна в тісті B_6 , % за формулою

$$B_6 = \frac{g_6(100 - W_6)}{100 - W_T} \quad (3.21)$$

g_6 – коефіцієнт втрати борошна до замішування напівфабрикатів, (0,02-0,06)

$$B_6 = \frac{0,05 \times (100 - 14,5)}{100 - 48} = 0,08 \%$$

Визначаємо втрати тіста та борошна від початку замішування до початку випікання B_T , % за формулою

$$B_T = \frac{g_T \times (100 - W_{\text{сп1}})}{100 - W_T} \quad (3.22)$$

g_T – коефіцієнт втрати борошна до замішування напівфабрикатів (0,03-0,05)

$W_{\text{сп1}}$ – вологість відходів

Вологість відходів $W_{\text{сп1}}$, % розраховуємо з формулою

$$W_{\text{сп1}} = \frac{G_T \times W_T + 100 \times W_6}{G_T + 100} \quad (3.23)$$

$$W_{\text{сп1}} = \frac{171,01 \times 48 + 60,0 \times 14,5 + 40,0 \times 14,5}{171,01 + 60,0 + 40,0} = 35,64 \%$$

$$B_T = \frac{0,05 \times (100 - 35,64)}{100 - 48} = 0,06 \%$$

Визначаємо затрати під час бродіння $Z_{\text{бр}}$ %

$$Z_{\text{бр}} = \frac{C_{\text{сух}} \times 0,96 \times (G_{\text{сир}} - g_{\text{обр}})(100 - W_c)}{1,96 \times 100(100 - W_T)} \% \quad (3.24)$$

$C_{\text{сух}}$ – затрати сухих складників на бродіння

$g_{\text{обр}}$ – затрати борошна під час оброблення, % (0,6-1,0)

$$З_{бр} = \frac{3,3 \times 0,95 \times (103,8 - 1,0) \times (100 - 35,64)}{100 \times 1,96 \times (100 - 48)} = 2,03 \%$$

Затрати на оброблення тіста $З_{обр}$, % визначаємо за формулою

$$З_{обр} = \frac{g_{обр}(W_T - W_6)}{100 - W_T} \% \quad (3.25)$$

$g_{обр}$ – затрати на оброблення (0,5-0,8)

$$З_{обр} = \frac{0,7 \times (48 - 14,5)}{100 - 48} = 0,45 \%$$

Затрати при упіканні $З_{уп}$, %

$$З_{уп} = \frac{g_{уп}[G_T - (B_6 + B_T + З_{бр} + З_{обр})]}{100} \% \quad (3.26)$$

де $g_{уп}$ – затрати на упікання % до маси тістових заготовок (6,0-12,0)

$$З_{уп} = \frac{12,0 \times [171,01 - (0,08 + 0,06 + 2,03 + 0,45)]}{100} = 20,21 \%$$

Затрати, які є під час укладання $З_{укл}$, %

$$З_{укл} = \frac{g_{укл}[G_T - (B_6 + B_T + З_{бр} + З_{обр} + З_{уп})]}{100} \quad (3.27)$$

де $g_{укл}$ – затрати за час укладання гарячого хліба, % до маси гарячого хліба (0,5-0,8)

$$З_{укл} = \frac{0,4 \times [171,01 - (0,08 + 0,06 + 2,03 + 0,45 + 20,21)]}{100} = 0,6 \%$$

Затрати при усиханні $З_{ус}$, %

$$З_{ус} = \frac{g_{ус}[G_T - (B_6 + B_T + З_{бр} + З_{обр} + З_{уп} + З_{укл})]}{100} \quad (3.28)$$

де $g_{ус}$ – затрати при усиханні, % до маси гарячого хліба (2,5-4,0)

$$З_{ус} = \frac{4,0[171,01 - (0,08 + 0,06 + 2,03 + 0,45 + 20,21 + 0,6)]}{100} = 5,9 \%$$

Втрати при неточності штучних виробів $B_{шт}$, %

$$B_{шт} = \frac{g_{шт}[G_T - (B_6 + B_T + З_{бр} + З_{обр} + З_{уп} + З_{укл} + З_{ус})]}{100} \quad (3.29)$$

де $g_{шт}$ – втрати при відхиленні маси хліба, % до маси гарячого хліба (4,0-5,0)

$$B_{шт} = \frac{0,4[171,01 - (0,08 + 0,06 + 2,03 + 0,45 + 20,21 + 0,6 + 5,9)]}{100} = 0,57 \%$$

Витрати від лому і крихт, $B_{кр}$ %

$$B_{кр} = \frac{g_{кр}[G_T - (B_6 + B_T + З_{бр} + З_{обр} + З_{уп} + З_{укл} + З_{ус} + B_{шт})]}{100} \quad (3.30)$$

де $g_{кр}$ – втрати у вигляді лому та крихт, % до маси борошна (0,03)

$$B_{кр} = \frac{0,03[171,01-(0,08+0,06+2,03+0,45+20,21+0,6+5,9+0,57)]}{100} = 0,042 \%$$

Втрати від переробки браку, $B_{бр}$, %

$$B_{бр} = \frac{g_{бр}[G_t - (B_6 + B_t + 3_{бр} + 3_{обр} + 3_{уп} + 3_{укл} + 3_{ус} + B_{шт} + B_{кр})]}{100} \quad (3.31)$$

де $g_{бр}$ – втрати від переробки бракованих виробів, % до маси борошна (0,03)

$$B_{бр} = \frac{0,03[171,01-(0,08+0,06+2,03+0,45+20,21+0,6+5,9+0,57+0,042)]}{100} = 0,03$$

Передбачений вихід хліба «Січковий» розраховуємо за формулою

$$B_x = 171,01 - (0,08 + 0,06 + 2,03 + 0,45 + 20,21 + 0,6 + 5,9 + 0,57 + 0,042 + 0,03) = 141,0$$

Таблиця 3.10. – Загальна таблиця втрат та витрат для розрахунку виходу хліба «Січковий»

Перелік втрат і затрат при заданих умовах	Коефіцієнти витрат і затрат для розрахунку виходу хліба	Затрати і витрати у перерахунку до тіста	
	Умовне позначення та обрана величина	Умовне позначення	Кінцевий результат
Вихід тіста	$G_t = 171,01$ кг	-	-
Визначаємо втрати борошна в тісті	$g_6 = 0,05$ %	B_6 , %	0,08
Визначаємо втрати тіста та борошна від початку замішування до початку випікання	$g_t = 0,05$	B_t , %	0,06
Визначаємо затрати під час бродіння	$C_{сух} = 3,3$	$3_{бр}$, %	2,03
Затрати на оброблення тіста	$g_{обр} = 0,7$	$3_{обр}$, %	0,45
Затрати при упіканні	$g_{уп} = 12,0$	$3_{уп}$, %	20,21
Затрати, які є під час укладання	$g_{укл} = 0,4$	$3_{укл}$, %	0,6
Затрати при усиханні	$g_{ус} = 4,0$	$3_{ус}$, %	5,9
Втрати при неточності штучних виробів	$g_{шт} = 0,4$	$B_{шт}$, %	0,57
Витрати від лому і крихт	$g_{кр} = 0,03$	$B_{кр}$, %	0,042
Втрати від переробки браку	$g_{бр} = 0,02$	$B_{бр}$, %	0,03
Всього затрат і витрат у розмірності виходу хліба	-	-	29,97

Розрахунок виходу хліба «Сонячний»

Для визначення середньої зволоженості сировини використовуємо формулу (3.19)

$$W_c = \frac{100,0 \times 14,5 + 1,2 \times 75,0 + 1,5 \times 0}{102,7} = 15 \%$$

Знаходимо масу тіста G_T , кг за формулою (3.20)

$$G_T = \frac{102,7 \times (100 - 15)}{100 - 46} = 161,66 \text{ кг}$$

Визначаємо втрати борошна в тісті, B_6 , % за формулою (3.21)

$$B_6 = \frac{0,03 \times (100 - 14,5)}{100 - 46} = 0,05 \%$$

Втрати борошна для тіста від початку замішування до посадки тістових заготовок в піч B_T , % за визначаємо формулою (3.22)

Для визначення B_T , % потрібно розрахувати вологість відходів за формулою (3.23)

$$W_{cp1} = \frac{(161,66 \times 46 + 100,0 \times 14,5)}{161,66 + 100,0} = 33,96 \%$$

$$B_T = \frac{0,05 \times (100,0 - 33,96)}{100,0 - 46} = 0,06 \%$$

$$W_{cp1} = \frac{(161,66 \times 46 + 100,0 \times 14,5)}{161,66 + 100,0} = 33,96 \%$$

$$B_T = \frac{0,05 \times (100,0 - 33,96)}{100,0 - 46} = 0,06 \%$$

Затрати, які є під час бродіння $Z_{бр}$, % розраховуємо за формулою (3.24)

$$Z_{бр} = \frac{3,3 \times 0,96 \times (102,7 - 1,0) \times (100 - 33,96)}{1,96 \times 100 \times (100 - 46)} = 2,01 \%$$

Затрати на оброблення тіста $Z_{обр}$, % визначаємо за формулою (3.25)

$$Z_{обр} = \frac{0,7 \times (46 - 14,5)}{100 - 46} = 0,14 \%$$

Втрати при упіканні $Z_{уп}$, % визначаємо за формулою (3.26)

$$Z_{уп} = \frac{8,5 \times [161,66 - (0,05 + 0,06 + 2,01 + 0,14)]}{100} = 13,55 \%$$

Затрати при укладанні $Z_{укл}$, % становлять (3.27)

$$Z_{укл} = \frac{0,8 \times [161,66 - (0,05 + 0,06 + 2,01 + 0,14 + 13,55)]}{100} = 1,17 \%$$

Затрати при усиханні хліба $Z_{ус}$, % розраховуємо (3.28)

$$Z_{yc} = \frac{5,0 \times [161,66 - (0,05 + 0,06 + 2,01 + 0,14 + 13,55 + 1,17)]}{100} = 7,23 \%$$

Втрати в штучному хлібі внаслідок відхилення від нормативної маси $V_{шт}, \%$

$$V_{шт} = \frac{0,02 \times [161,66 - (0,05 + 0,06 + 2,01 + 0,14 + 13,55 + 1,17 + 7,23)]}{100} = 0,03 \%$$

Втрати в вигляді крихт і лому $V_{кр}, \%$ за формулою (3.30)

$$V_{кр} = \frac{0,4 \times [161,66 - (0,05 + 0,06 + 2,01 + 0,14 + 13,55 + 1,17 + 7,23 + 0,03)]}{100} = 0,55 \%$$

Зменшення маси при переробці браку $V_{бр}, \%$ за формулою (3.31)

$$V_{бр} = \frac{0,02 \times [161,66 - (0,05 + 0,06 + 2,01 + 0,14 + 13,55 + 1,17 + 7,23 + 0,03 + 0,55)]}{100} = 0,03 \%$$

Вихід хліба V_x , розраховуємо за формулою (3.18)

$$V_x = 161,66 - (0,05 + 0,06 + 2,01 + 0,14 + 13,55 + 1,17 + 7,23 + 0,03 + 0,55 + 0,03) = 136,84$$

Таблиця 3.11. – Загальна таблиця втрат та витрат для розрахунку виходу хліба «Сонячний»

Перелік втрат і затрат при заданих умовах	Коефіцієнти витрат і затрат для розрахунку виходу хліба	Затрати і витрати у перерахунку до тіста	
	Умовне позначення та обрана величина	Умовне позначення	Кінцевий результат
Вихід тіста	$G_t = 161,66 \text{ кг}$	-	-
Визначаємо втрати борошна в тісті	$g_b = 0,03 \%$	$V_b, \%$	0,05
Визначаємо втрати тіста та борошна від початку замішування до початку випікання	$g_t = 0,05$	$V_t, \%$	0,06
Визначаємо затрати під час бродіння	$C_{сух} = 3,3$	$З_{бр}, \%$	2,01
Затрати на оброблення тіста	$g_{обр} = 0,7$	$З_{обр}, \%$	0,14
Затрати при упіканні	$g_{уп} = 8,5$	$З_{уп}, \%$	13,55
Затрати, які є під час укладання	$g_{укл} = 0,8$	$З_{укл}, \%$	1,17
Затрати при усиханні	$g_{ус} = 5,0$	$З_{ус}, \%$	7,23
Втрати при неточності штучних виробів	$g_{шт} = 0,02$	$V_{шт}, \%$	0,03
Витрати від лому і крихт	$g_{кр} = 0,4$	$V_{кр}, \%$	0,55
Втрати від переробки браку	$g_{бр} = 0,02$	$V_{бр}, \%$	0,03
Всього затрат і витрат у розмірності виходу хліба	-	-	24,82

3.5. Розрахунок виробничих рецептур

Виробнича рецептура хліба «Січковий»

Для даного виду хліба тісто готується на рідких заквасках. Поживне середовище для закваски замішується в заварочній машині ХЗМ-300, тому розраховуємо коефіцієнт перерахунку сировини:

$$K = \frac{V}{G_3} \quad (3.32)$$

де V – робочий об'єм заварочної машини, л

G_3 – маса заварки відповідно до пофазної рецептури

$$K = \frac{250}{87,43} = 2,86$$

Тісто для хліба «Січковий» замішується в двошвидкісній спіральній тістомісильній машині періодичної дії марки ТОPOS Т-180, яка має діжу об'ємом 293 дм³, відповідно до її технічної характеристики. Для розрахунку кількості тіста, що можна приготувати за один цикл, застосовується коефіцієнт перерахунку тіста (K_T), який визначається за спеціальною формулою з урахуванням особливостей рецептури та властивостей сировини.

$$K_T = \frac{V \times q}{100 \times 100} \quad (3.33)$$

$$K_T = \frac{293 \times 35}{100 \times 100} = 1,0, \text{ приймаємо } 1 \text{ шт}$$

Таблиця 3.12 – Виробнича рецептура приготування тіста для хліба «Січковий»

Сировина напівфабрикати	Фаза технологічного процесу		
	Рідка закваска на 1 заміс, кг	Тісто на 1 заміс, кг	На оброблення
Борошно пшеничне першого сорту	-	60,0	1,0
Борошно житнє обдирне	40,37	10,37	-
Дріжджова суспензія	-	2,0	-
Розчин солі	-	7,2	-
Розчин цукру	-	3,0	-
Вода	82,57	-	-
Рідка закваска	122,94	87,43	-
Всього	245,88	170,0	1,0

Маса тістової заготовки розраховуємо за формулою

$$G_{т.з} = \frac{G_B \times 100 \times 100}{(100 - q_{уп})(100 - q_{ус})} \quad (3.34)$$

G_B – вага виробу, кг

$q_{уп}$, $q_{ус}$ – втрати при упіканні та усиханні відповідно

$$G_{т.з} = \frac{0,6 \times 100 \times 100}{(100 - 12) \times (100 - 4)} = 0,710 \text{ кг}$$

Таблиця 3.13. – Технологічний режим приготування хліба «Січковий»

Параметри процесу	Одиниці вимірювання	Рідка закваска	Тісто
Початкова температура	°C	23..24	25..28
Тривалість бродіння	хв	150..180	45..60
Кінцева кислотність	Град	8,6..9,5	8,0..9,0
Масова частка вологи	%	72,0	48,0
Маса шматка тіста	Кг	-	0,710
Тривалість вистоювання	Хв.	-	50..60
Температура вистійний шафі	°C	-	35..40
Тривалість випікання	Хв.	-	52
Температура пекарної камери	°C	-	240..250

Розрахунок виробничої рецептури для хліба «Сонячний»

Годинні витрати борошна $G_6^{год}$, кг/год розраховуємо за формулою

$$G_6^{год} = \frac{P_{год} \times 100}{B_x} \quad (3.35)$$

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

B_x – розрахунковий вихід хліба, %

$$G_6^{год} = \frac{476 \times 100}{136,84} = 347,85 \text{ кг/год}$$

Коефіцієнт перерахунку пофазної рецептури на виробничу знаходиться за формулою

$$K_{хв} = \frac{G_6^{год}}{60 \times 100} \quad (3.36)$$

$$K_{хв} = \frac{347,85}{60 \times 100} = 0,06$$

Розраховуємо масу борошна в тісті за 1 хв, кг

$$0,06 \times 72,39 = 4,34 \text{ кг/хв}$$

Маса борошна в опарі за 1 хв, кг становить

$$0,06 \times 27,61 = 1,66 \text{ кг/хв}$$

Маса дріжджової суспензії за 1 хв, кг

$$0,06 \times 4,8 = 0,29 \text{ кг/год}$$

Маса розчину солі в тісті за 1 хв, кг

$$0,06 \times 6,0 = 0,36 \text{ кг/хв}$$

Кількість води в опарі за 1 хв, кг

$$0,06 \times 50,87 = 3,05 \text{ кг/хв}$$

Масу опари в тісті за 1 хв, кг

$$0,06 \times 83,28 = 5,0 \text{ кг/хв}$$

Таблиця 3.14. – Виробнича рецептура приготування тіста для хліба «Сонячний»

Сировина і напівфабрикати	Фази технологічного процесу	
	Опара, на 1 заміс, кг	Тісто, на 1 заміс, кг
Борошно пшеничне вищого сорту	1,66	4,34
Дріжджова суспензія	0,29	-
Розчин солі	-	0,36
Вода	3,05	-
Опара	-	5,0
Разом	5,0	9,7

Температура води для замішування опари розраховуємо за формулою

$$t_{\text{в}}^{\text{н/ф}} = t_{\text{н/ф}} + \frac{G_{\text{б}}^{\text{н/ф}} \times C_{\text{б}} (t_{\text{н/ф}} - t_{\text{б}})}{G_{\text{в}}^{\text{н/ф}} \times C_{\text{в}}} + n \quad (3.37)$$

де, $t_{\text{н/ф}}$ – температура напівфабрикату (опари), °C; $t_{\text{н/ф}} = 26^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{б}}$ – температура борошна, °C $t_{\text{б}} = 20^{\circ}\text{C}$

$C_{\text{б}}$ – теплоємність борошна кДж/кгК, $C_{\text{б}} = 1,257 \text{ кДж/кгК}$

$C_{\text{в}}$ – теплоємність води кДж/кгК, $C_{\text{в}} = 4,19 \text{ кДж/кгК}$

n – поправка, яка в залежить від пори року, літом приймають 0-1 °C

$$t_{\text{в}}^{\text{н/ф}} = 28 + \frac{27,61 \times 1,257 \times (30 - 21)}{50,87 \times 4,19} + 1 = 30,5^{\circ}\text{C}$$

Температуру води на замішування тіста визначаємо з формули:

$$t_B^T = t_T + \frac{G_6^T \times C_6 \times (t_T - t_6)}{G_B \times C_B} + \frac{G_H/\phi \times C_H/\phi (t_T - t_H/\phi)}{G_B^{H/\phi} \times C_B} \quad (3.38)$$

де, G_6^T – кількість борошна в тісті, кг;

t_T – температура тіста задана, °C $t_T = 27^\circ\text{C}$

C_H/ϕ – теплоємність напівфабрикату кДж/кгК

G_H/ϕ – кількість напівфабрикату, кг

G_{BH}/ϕ – кількість води внесеної в тісто, кг

Теплоємність напівфабрикату розраховуємо за формулою:

$$C_H/\phi = \frac{G_6^{H/\phi} \times C_6 + G_B^{H/\phi} \times C_B}{G_H/\phi} \quad (3.39)$$

де, G_{BH}/ϕ – маса борошна в напівфабрикаті, кг

G_{BH}/ϕ – кількість води, що внесли в напівфабрикаті, кг

G_H/ϕ – кількість напівфабрикату, кг

$$C_H/\phi = \frac{27,61 \times 1,257 + 50,87 \times 1,257}{83,28} = 1,184 \text{ Дж}$$

$$t_B^T = 30 + \frac{72,39 \times 1,257 \times (30 - 21)}{4,19 \times 50,87} + \frac{83,28 \times 1,189 \times (30 - 28)}{27,61 \times 4,19} = 35,6^\circ\text{C}$$

Маса тістової заготовки в кілограмах розраховується за формулою (3.34)

$$G_{T.3} = \frac{0,8 \times 100 \times 100}{(100 - 8,5) \times (100 - 5)} = 0,92 \text{ кг}$$

Таблиця 3.15. – Параметри технологічного процесу виробництва хліба «Сонячний»

Параметри процесів	Одиниці вимірювання	Опара	Тісто
Вологість	%	70,0	46,0
Тривалість бродіння	хв	220	70
Початкова температура	°C	28,0	30,0
Кінцева кислотність	град	2,5	3,0
Тривалість вистоювання	хв	-	70
Тривалість випікання	хв	-	30
Маса шматка тістової заготовки	кг	-	0,92

3.6. Розрахунок витрат сировини і площ для її зберігання

Для хліба Січового добова витрата борошна розраховується за формулою:

$$G_6^{\text{доб}} = \frac{P_{\text{доб}} \times 100}{B_x} \quad (3.40)$$

$$G_6^{\text{доб}} = \frac{10,948 \times 100}{139} = 7,88 \text{ т}$$

З них борошно пшеничне першого сорту за формулою

$$G_{\text{сир}}^{\text{доб}} = \frac{G_6^{\text{доб}} \times m_{\text{сир}}}{100} \quad (3.41)$$

$$G_6^{1\text{с}} = \frac{7,88 \times 60,0}{100} = 4,73 \text{ т/доб}$$

Борошно житнє обдирне

$$G_6^{\text{жит}} = \frac{7,88 \times 40,0}{100} = 3,15 \text{ т/доб}$$

Добові витрати сировини розраховують за формулами

Витрати дріжджів хлібопекарських пресованих становлять:

$$G_{\text{д.п}}^{\text{доб}} = \frac{7,88 \times 0,5}{100} = 0,04 \text{ т/доб}$$

Для розрахунку добової витрати кухонної солі, розраховуємо показник витрати товарної солі до маси борошна, по формулі

$$G_{\text{т.с}}^{\text{в}} = \frac{m_{\text{с}} \times 100}{(100 - w_{\text{с}}) \times \frac{100 - 0,85}{100} - 0,6 \times 0,85} \quad (3.42)$$

$$G_{\text{т.с}}^{\text{в}} = \frac{1,8 \times 100}{(100 - 0,25) \times \frac{100 - 0,85}{100} - 0,6 \times 0,85} = 1,82$$

$$G_{\text{т.с}}^{\text{доб}} = \frac{7,88 \times 1,82}{100} = 0,14 \text{ т/доб}$$

Витрати цукру білого становлять

$$G_{\text{ц}}^{\text{доб}} = \frac{7,88 \times 1,5}{100} = 0,12 \text{ т/доб}$$

Розрахунок витрат сировини для хліба «Сонячний»

Добові витрати борошна розраховуємо за формулою (3.40)

$$G_6^{\text{год}} = \frac{476,0 \times 100}{136,84} = 347,85 \text{ кг/год} = 0,3 \text{ т/год}$$

$$G_6^{\text{доб}} = 347,85 \times 23 = 8000,55 = 8,0 \text{ т/доб}$$

Кількість дріжджів хлібопекарських пресованих розраховуємо за формулою:

$$G_{д.п}^{доб} = \frac{8,0 \times 4,8}{100} = 0,4 \text{ т/доб}$$

Розраховуємо показник витрат товарної кухонної солі до маси борошна за формулою

$$G_{т.с}^B = \frac{6,0 \times 100}{(100 - 0,1) \times \frac{100 - 0,85}{100} - 0,6 \times 0,85} = 6,09$$

$$G_{т.с}^{доб} = \frac{8,0 \times 6,09}{100} = 0,5 \text{ т/доб}$$

Кількість води розраховуємо за формулою:

$$G_B^{доб} = \frac{8,0 \times 50,87}{100} = 4,1 \text{ т/доб}$$

Таблиця 3.16. – Загальна таблиця добових витрат сировини на підприємстві

Сировина, т/доб	Хліб «Січковий»	Хліб «Сонячний»	Разом
Борошно пшеничне вищого сорту	-	8,0	8,0
Борошно пшеничне першого сорту	4,73	-	4,73
Борошно житнє обдирне	3,15	-	3,15
Дріжджі хлібопекарські пресовані	0,04	0,4	0,44
Сіль харчова	0,14	0,5	0,64
Цукор білий	0,12	-	0,12

Площі для зберігання сировини

На підприємстві борошно зберігається безтарним способом у спеціальних силосах, термін зберігання борошна становить 5 діб. Дріжджі хлібопекарські пресовані зберігають у герметичній тарі не більше 3 діб, сіль харчову та цукор білий зберігають у мішках протягом 15 діб.

Перед розрахунком площ для зберігання сировини розраховуємо сумарний запас сировини для виробництва хлібобулочних виробів.

Розрахунок площі складських приміщень для тарного зберігання сировини розраховуємо за формулою

$$F_c = \frac{G_{зап.с}}{q} \quad (3.43)$$

де $G_{\text{зап.с}}$ – потрібний запас сировини, т

q – норма завантаження сировини на 1 м²

Для борошна пшеничного вищого сорту:

$$F_{\text{пш.в.с}} = \frac{40,0}{0,65} = 61,54 \text{ м}^2$$

Таблиця 3.17. – Сумарний запас сировини для виробництва

Назва сировини	Добові витрати, т/доб	Спосіб зберігання	Термін зберігання, діб	Потрібний запас сировини, т
Борошно пшеничне вищого сорту	8,0	Безтарний	5	40,0
Борошно пшеничне першого сорту	4,73	Безтарний	5	23,65
Борошно житнє обдирне	3,15	Безтарний	5	15,75
Дріжджі хлібопекарські пресовані	0,44	Герметична тара	3	1,32
Сіль харчова	0,64	У мішках	15	9,6
Цукор білий	0,12	У мішках	15	1,8

Для борошна пшеничного першого сорту:

$$F_{\text{пш.1 с}} = \frac{23,65}{0,65} = 36,38 \text{ м}^2$$

Для борошна житнього обдирного:

$$F_{\text{ж.о}} = \frac{15,75}{0,65} = 24,23 \text{ м}^2$$

Для дріжджів пресованих:

$$F_{\text{др.п}} = \frac{1,32}{0,54} = 2,44 \text{ м}^2$$

Для солі харчової:

$$F_{\text{с.х}} = \frac{9,6}{0,8} = 12,0 \text{ м}^2$$

Для цукру білого:

$$F_{\text{ц}} = \frac{1,8}{0,8} = 2,25 \text{ м}^2$$

Розрахунок площ хлібосховища та експедиції:

$$S_{\text{хл}} = S_1 \times P_n \quad (3.43)$$

де S_1 – нормативна площа хлібосховища та експедиції на 1 т продуктивності підприємства

Таблиця 3.18. – Площі складів зберігання сировини

Вид сировини	Розрахований запас сировини, т	Норма завантаження, т/м ²	Площа для зберігання сировини, м ²
Борошно пшеничне вищого сорту	40,0	0,65	61,54
Борошно пшеничне першого сорту	23,65	0,65	36,38
Борошно житнє обдирне	15,75	0,65	24,23
Дріжджі хлібопекарські пресовані	1,32	0,54	2,44
Сіль кухонна	9,6	0,8	12,0
Цукор білий	1,8	0,8	2,55
Разом	-	-	139,14

P_n – добова потужність підприємства по кожному виду продукції, т/доб

Для хліба «Січковий» площа хлібосховища становить:

$$S_{\text{хл}} = 10 \times 4,88 = 48,8 \text{ м}^2$$

Для хліба «Сонячний» площа хлібосховища становить:

$$S_{\text{хл}} = 10,9 \times 10 = 109 \text{ м}^2$$

Загальна площа хлібосховища становить:

$$S_{\text{хл.з}} = 48,8 + 109 = 157,8 \text{ м}^2$$

Площа експедиції розраховується за формулою

$$S_{\text{екс}} = \frac{20\% \times S_{\text{хл.з}}}{100} \quad (3.44)$$

$$S_{\text{екс}} = \frac{20\% \times 157,8}{100} = 31,56 \text{ м}^2$$

3.7. Підбір технологічного обладнання

Розрахунок місткостей для зберігання сировини

Кількість силосів для безтарного зберігання борошна розраховується за формулою:

$$N_6 = \frac{G_6^{\text{доб}} \times 5}{V_6} \quad (3.45)$$

де, $G_6^{\text{доб}}$ – добові витрати борошна, т

V_6 – об’єм бункера, т

Для борошна вищого сорту:

$$N_6 = \frac{8,0 \times 5}{22} = 1,81 \text{ приймаємо 2 шт}$$

Для борошна пшеничного першого сорту

$$N_6 = \frac{4,73 \times 5}{22} = 1,1 \text{ приймаємо 2 шт}$$

Для борошна житнього обдирного

$$N_6 = \frac{3,15 \times 5}{22} = 0,72 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Отже, для зберігання борошна приймаємо 5 силосів марки ХБГ-2.

Розрахунок обладнання для підготовки розчинів сировини

Розраховуємо об’єм ємності для добового запасу розчинів:

$$V = \frac{G_{\text{сир}}^{\text{доб}} \times 100 \times K}{A \times \rho} \quad (3.46)$$

де, $G_{\text{сир}}^{\text{доб}}$ – добові витрати сировини, т/доб

K – коефіцієнт збільшення об’єму рідини внаслідок піноутворення та механічного оброблення ($K=1,2$)

A – концентрація рідини, %

ρ – густина рідини, т/м³

Для розчину солі потрібний об’єм ємності становить

$$V = \frac{0,64 \times 100 \times 1,2}{25 \times 1,2} = 2,56 \text{ м}^3$$

Встановлюємо два солерозчинника, марки Т1-ХСУ-2, ємність якого 2000 л

Для розчину цукру

$$V = \frac{0,12 \times 100 \times 1,2}{50 \times 1,32} = 0,2 \text{ м}^3$$

Отже, приймаємо 1 ємність марки ХЄ-48, об’єм якої становить 0,3 м³

З дріжджів пресованих готується дріжджова суспензія, яка перекачується у витратну ємність, де приймаємо змінний запас сировини.

Розраховуємо об’єм ємності за формулою

Для дріжджової суспензії:

$$V = \frac{0,44 \times 11,5 \times 1,2}{23 \times 0,5} = 0,53 \text{ м}^3$$

Приймаємо 1 ємність марки ХС-46, об'ємом 1,0 м³

Розрахунок обладнання для силосно-просіювального відділення

Кількість борошняних ліній окремо кожного виду борошна розраховуємо за формулою:

$$N_{б.л} = \frac{G_6^{доб}}{T \times Q} \quad (3.47)$$

$G_6^{доб}$ – добові витрати борошна, т

T – тривалість використання борошна, год

Q – потужність борошняної лінії, т/год

Для борошна вищого сорту:

$$N_{б.л} = \frac{8,0}{23 \times 1,5} = 0,23 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Для борошна пшеничного першого сорту:

$$N_{б.л} = \frac{4,73}{23 \times 1,5} = 0,14 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Для борошна житнього обдирного:

$$N_{б.л} = \frac{3,15}{23 \times 1,5} = 0,09 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Потрібно 3 борошняні лінії системи Spiromate з просіювачем марки П1-1500 потужністю 0,5-1,5 т/год. Встановлюємо виробничі бункери для зберігання підготовленого борошна до виробництва, запас борошна становить 2 год.

Приготування хліба Січового відбувається у дві технологічні фази. Перша фаза - це рідка закваска, друга – тісто.

Годинні витрати борошна при виробництві хліба «Січовий»:

$$G_6^{год} = \frac{211,85 \times 100}{139} = 152,41 \text{ кг/год}$$

Для борошно житнього обдирного (для рідкої закваски 28,63%)

$$V_{в.б} = \frac{73,11 \times 8,0}{650} = 0,9 \text{ м}^3$$

Для борошна житнього обдирного (для тіста 11,37%)

$$V_{в.б} = \frac{28,75 \times 11,5}{650} = 0,5 \text{ м}^3$$

Для борошна пшеничного першого сорту (для тіста 60%)

$$V_{в.б} = \frac{143,37 \times 4,0}{650} = 0,9 \text{ м}^3$$

Приймаємо 3 виробничі бункери ХЄ-63В, об'ємом 1,0 м³

Для хліба «Сонячний»

3 борошна пшеничного вищого сорту розраховуємо кількість виробничих бункері

Для опари:

$$V_c = \frac{148 \times 2}{650} = 0,46 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Для тіста:

$$V_c = \frac{200 \times 2}{650} = 0,62 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Приймаємо 2 виробничі бункери ХЄ-63В, об'ємом 1,0 м³

Розраховуємо тривалість заповнення одного силосу t , хв

$$t = \frac{V_{в.б} \times \rho \times 60}{Q_{бл}^{год}} \quad (3.48)$$

$$t = \frac{1,0 \times 650 \times 60}{1500} = 26,0 \text{ хв}$$

Розрахунок обладнання відділення рідких напівфабрикатів

Для хліба «Січковий» готується рідка закваска з $w_o = 72\%$

Загальний об'єм ємкостей для зберігання закваски:

$$V_{нф} = \frac{G_{нф} \times t \times (1+x)}{\sigma} \quad (3.49)$$

де, $G_{нф}$ – витрати напівфабрикати, кг/хв

t – час бродіння напівфабрикатів, хв

x – коефіцієнт, який враховує збільшення об'єму

σ – об'ємна маса напівфабрикату, кг/м³

$$V_{нф} = \frac{3,51 \times 150 \times (1+0,5)}{0,7} = 1128,21 \text{ дм}^3$$

Кількість ємкостей $N_{нф}$, шт для бродіння закваски розраховується так:

$$N_{нф} = \frac{V_{нф}}{V_{міст}} \quad (3.50)$$

$$N_{\text{нф}} = \frac{1128,21}{550} = 2,1 \text{ приймаємо 3 шт}$$

Маса закваски $G_{\text{нф}}$, кг в одному чані розраховують за формулою:

$$G_{\text{нф}} = \frac{3,51 \times 150}{3} = 175,5 \text{ кг}$$

Кількість замісів для однієї місткості $N_{\text{м.зам}}$, шт. розраховуємо:

$$N_{\text{м.зам}} = \frac{G_{\text{нф}}}{V_{\text{х.зм}} \times 0,6 \times 1,05} \quad (3.51)$$

$$N_{\text{м.зам}} = \frac{175,5}{250 \times 0,6 \times 1,05} = 1,11 \text{ приймаємо 2 шт}$$

Ритм замішування закваски $\text{Ч}_{\text{зам}}$, хв розраховуємо за формулою

$$\text{Ч}_{\text{зам}} = \frac{\text{Ч}_0}{N_{\text{м.зам}}} \quad (3.52)$$

$$\text{Ч}_{\text{зам}} = \frac{60}{2} = 30 \text{ хв}$$

Отриманий ритм не менший допустимого тому однієї машини ХЗМ-300 буде достатньо. Отже, потрібно 1 заварювальну машину ХЗМ-300 та 3 чани (один з них запасний) марки ХЄ-47, місткістю 550 л.

Розрахунок обладнання для замішування і бродіння напівфабрикату

Хліб «Січовий»

Для даного виду хлібу застосовується двошвидкісна спіральна тістомісильна машина періодичної дії марки ТОPOS Т-180, об'єм діжі 293 дм³ та тістомісильна машина ТОPOS Т-120 в кількості 2 шт

Завантаження діжі борошном $G_{\text{д}}^{\text{б}}$, кг розраховується за формулою:

$$G_{\text{д}}^{\text{б}} = \frac{V \times q}{100} \quad (3.53)$$

де, V – об'єм діжі, л

q – кількість борошна на 100 л геометричного об'єму, кг

$$G_{\text{д}}^{\text{б}} = \frac{293,0 \times 35}{100} = 102,6 \text{ кг}$$

Годинні витрати борошна $G^{\text{год}}$, кг розраховуються за формулою:

$$G^{\text{год}} = \frac{P_n^{\text{год}} \times 100}{\text{Впл}} \quad (3.54)$$

де, $P_n^{\text{год}}$ – потужність печі, кг/год

Впл – плановий вихід, %

$$G^{\text{год}} = \frac{211,85 \times 100}{139} = 152,41 \text{ кг}$$

Кількість діж для годинної роботи печі D_T , шт розраховуємо за формулою:

$$D_T = \frac{G^{\text{год}}}{G_D^6} \quad (3.55)$$

$$D_T = \frac{152,41}{102,6} = 1,48 \text{ шт}$$

Ритм замішування тіста r , хв розраховуємо за формулою

$$r = \frac{60}{D_T} \quad (3.56)$$

$$r = \frac{60}{1,48} = 40,54 \text{ хв}$$

Розраховуємо ритм перевищує максимально допустимий ритм замішування – 30 хвилин. Приймаємо максимально допустимий ритм і перераховуємо уточнене завантаження діжі борошном за формулою:

$$G_{6,y} = \frac{G_D^6 \times r_{\text{max}}}{r} \quad (3.57)$$

$$G_{6,y} = \frac{102,55 \times 30}{41} = 75,0 \text{ кг}$$

Перераховуємо кількість діж для годинної роботи печі D_T , шт за формулою (3.55) і ритм r , хв за формулою (3.56)

$$D_T = \frac{152,41}{75,0} = 2,03 \text{ шт}$$

$$r = \frac{60}{2,03} = 29,56 \text{ хв}$$

Тривалість зайнятості діжі T , хв розраховуємо за формулою:

$$T = t_3 + t_{6p} + t_{\text{ін}} \quad (3.58)$$

$$T = 7 + 60 + 5 = 72 \text{ хв}$$

Кількість діж на технологічний цикл D_T , шт розраховуємо за формулою:

$$D_T = \frac{T}{r} \quad (3.59)$$

$$D_T = \frac{72}{29,56} = 2,43 \text{ приймаємо } 3 \text{ шт}$$

Тривалість зайнятості машини T_3 , хв розраховуємо за формулою:

$$T_3 = t_{\text{зам}} + t_{\text{заг}} \quad (3.60)$$

$$T_3 = 7 + 5 = 12 \text{ хв}$$

Кількість тістомісильних машин $N_{\text{т.м}}$, шт розраховуємо за формулою:

$$N_{\text{т.м}} = \frac{T_3}{r} \quad (3.61)$$

$$N_{\text{т.м}} = \frac{12}{29,56} = 0,4 \text{ шт}$$

Отже, приймаємо 1 тістомісильну машину марки ТОПОС Т-180 і 3 діжі об'ємом 293 дм³

Для хліба «Сонячний»

Продуктивність тістомісильної машини безперервної дії для опари розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{м}} = g_{\text{нф}} \times K \quad (3.62)$$

$$P_{\text{м}} = 9,7 \times 1,07 = 10,37 \text{ кг/год}$$

Кількість тістомісильних машин для замішування опари обчислюємо за формулою:

$$n = \frac{P_{\text{м}}}{P} \quad (3.63)$$

$$n = \frac{10,37}{30} = 0,35 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Продуктивність тістомісильної машини безперервної дії для хліба «Сонячний» для тіста розраховуємо за формулою (3.62)

$$P_{\text{м}} = 14,7 \times 1,07 = 15,73 \text{ кг/год}$$

Кількість тістомісильних машин для замішування тіста обчислюється за формулою (3.63)

$$n = \frac{15,73}{30} = 0,52 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Отже, на лінії приймаємо до встановлення 2 тістомісильні машини Х-12

Розраховуємо годинні витрати борошна на приготування хліба Сонячного, формула:

$$G_6 = \frac{100 \times 1270,06}{136,5} = 930,45 \text{ кг}$$

$$G_o = \frac{27,61 \times 930,45}{100} = 256,9 \text{ кг}$$

Об'єм для бродіння напівфабрикату в агрегатах безперервної дії та бункерах над тісто подільною машиною, визначається за формулою:

$$V = \frac{G_o^{\text{год}} \times t_{\text{брод}} \times 100}{g} \quad (3.64)$$

Тому підбираємо необхідний об'єм корита типу ХТР

Для бродіння опари:

$$V_o = \frac{256,9 \times 3,6 \times 100}{23} = 4021,0 \text{ дм}^3$$

Для бродіння тіста:

$$V_t = \frac{930,45 \times 1,17 \times 100}{30} = 3628 \text{ дм}^3$$

За отриманими об'ємами V_o і V_t відповідно до технічних характеристик підбираємо корита агрегату ХТР.

Приймаємо для бродіння опари та тіста корита агрегату ХТР марки Х-13, об'єм $V = 5060 \text{ дм}^3$

Розрахунок обладнання для оброблення напівфабрикатів

Для хліба Січового з суміші борошна пшеничного першого сорту та борошна житнього обдирного, маса хліба 0,6 кг подового овальної форми, кількість тісто подільників визначається за формулою:

$$N_d = \frac{P_n^{\text{год}} \times x}{g_v \times n_d \times 60} \quad (3.65)$$

де, $P_n^{\text{год}}$ – годинна продуктивність печі, кг/год

x – коефіцієнт запасу на зупинку ($x=1,05$)

g_v – маса виробу, кг

n_d – продуктивність тісто подільника, шт/хв

$$N_d = \frac{211,85 \times 1,05}{0,6 \times 60 \times 12,5} = 0,49 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Кількість робочих колисок в шафі остаточного вистоювання розраховується за формулою

$$N_{p.k} = \frac{Nn \times t_{k.v}}{t_{\text{вип}}} \quad (3.66)$$

де, Nn – кількість рядів виробів в печі, шт.

$t_{к.в}$ – тривалість кінцевої ви стійки, хв.

$t_{вип}$ – тривалість випікання, хв.

$$N_{р.к} = \frac{48 \times 50}{52} = 46 \text{ коликосок}$$

Отже, приймаємо тісто подільник SD-180, формуючу машину марки МО-300 та шафу остаточного вистоювання Т1-ХР-2А-48 з кількістю робочих коликосок – 48 штук.

Для хліба «Сонячний»

Кількість тісто подільних машин в штуках розраховується за формулою (3.65)

$$N_{д} = \frac{473,6 \times 1,05}{0,92 \times 40 \times 60} = 0,2$$

Приймаємо тісто подільник КТМ-300

Кількість робочих коликосок в шафі остаточного вистоювання $N_{р.к}$ в штуках визначаємо за формулою

$$N_{р.к} = \frac{P_n^{год} \times x}{g_{в} \times 60 \times 8} \quad (3.67)$$

$$N_{р.к} = \frac{473,6 \times 70}{0,92 \times 60 \times 8} = 48 \text{ шт}$$

Приймаємо, шафу остаточного вистоювання Т1-ХР-2А-48

Розраховуємо масу хліба у кулері охолоджувачі за час охолодження в ньому продукції

$$G_{хл} = P_n^{год} \times \tau \quad (3.68)$$

$$G_{хл} = 473,6 \times 0,5 = 236,8 \text{ кг}$$

Також, розраховуємо кількість одиниць продукції $N_{шт}$, шт за час її перебування в кулері за формулою:

$$N_{шт} = \frac{G_{хл}}{g_{в}} \quad (3.69)$$

$$N_{шт} = \frac{236,8}{0,9} = 263 \text{ шт}$$

Приймаємо кулер КВЛ-1 в кількості 1 шт, продуктивність якого 1500 шт/год

Кількість пакувальних машин розраховуємо за формулою:

$$N_{п.м} = \frac{N_{шт}}{N_{пак}} \quad (3.70)$$

$$N_{п.м} = \frac{263}{2000} = 0,13 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Отже, на даному підприємстві встановлюємо 1 пакувальну машину FUJI MACHINERY

Розрахунок обладнання для охолодження та пакування готової продукції

$$N_{шт} = 263 + 46 = 309 \text{ шт}$$

$$N_{маш} = \frac{309}{1200} = 0,26 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Приймаємо термоусадочний автомат марки ТПЦ-200М продуктивністю 250-1200 уп/год

3.7.8 Розрахунок тара-обладнання

Кількість лотків за годину для зберігання одного виду виробів розраховуємо за формулою:

$$Л = \frac{P_n^{год}}{n \times g} \quad (3.71)$$

де, $P_n^{год}$ – продуктивність печі, кг/год

n – місткість лотка, кг

g – маса одного виробу, кг

$$Л = \frac{211,85}{7,0 \times 0,6} = 50 \text{ шт}$$

Кількість вагонеток (контейнерів) $N_{год}$, шт за годину для зберігання одного виду виробів розраховується за формулою:

$$N_{год} = \frac{Л}{К} \quad (3.72)$$

де, $К$ – кількість лотків на вагонетці, шт

$$N_{год} = \frac{50}{7} = 7 \text{ контейнерів}$$

Ритм заповнення контейнеру $Ч$, хв розраховується за формулою:

$$Ч = \frac{60}{N_{год}} \quad (3.73)$$

$$Ч = \frac{60}{7} = 8,6 \text{ хв}$$

Таблиця 3.19. – Специфікація основного технологічного обладнання

№	Назва обладнання	Кількість	Марка	Технологічні характеристики
1	Приймальний лоток борошна	2	Ц10-28	700×570×650
2	Силос для зберігання борошна	5	ХБГ-2	22 000 т 3360×3360×5250
3	Бункер	1	А1-ХБУ-26	4000×3220×4850
4	Виробничий бункер	5	ХЄ-53В	2830×1500×2841
5	Дозатор борошна	5	Ш2-ХДА	20-100кг 1540×870×1930
6	Перемикач	1	КСД2-203	3100×2500×2700
7	Просіювач	1	ПТ-1500	1440×540×2330
8	Проміжний бункер	1	А2-ХПИ	1982×668×410
9	Дозатор ваговий	1	ВК-1007	1500×1400×3000
10	Дозувальна станція	3	Ш2-ХДМ	985×920×1640
11	Тістомісильна машина	2	Х-12	1802×977×1725
12	Бродильне корито	2	Х-13	V=5060 дм ³ 3100×1060×3220
13	Транспортер стрічковий	1	А2-ХКИ-1	3200×560×690
14	Тістоподільник	2	SD-180	1800×1370×1155
15	Тісто формувальна	2	МО-300	2290×825×1870
16	Розтоювальна шафа	2	T1-XP-2A-48	6790×3300×4000
17	Піч тупикова	2	Г4-ХПЛ-16	5200×4700×3300
18	Укладач	2	А2-ХМХ-1	3550×4500×3700
19	Контейнери для хліба	124	А2-ХТМ-25	900×836×1737
20	Заварювальна машина	1	Х32М -300	2060×840×1385
21	Чан для бродіння	1	ХЕ-47	1000×1000×1000
22	Тістомісильна машина	2	ТОPOS T-120	1336×1181×1697
23	Діжі	3		905×850×1085
24	Кулер	1	КВП-конвеєр	4500×700×4000
25	Пакувальна машина	1	Flow-pack jv - 28DF	4390×700×4000

Потрібна кількість контейнерів N_k , шт на термін зберігання одного виду хліба розраховується за формулою:

$$N_k = \frac{P_n^{\text{год}} \times K}{n \times g \times k} \quad (3.74)$$

$$N_k = \frac{211,85 \times 8}{7,0 \times 0,6 \times 7} = 57 \text{ контейнерів}$$

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

4.1.1. Мікроклімат виробничих приміщень

Мікроклімат виробничих приміщень – це метеорологічні умови внутрішнього середовища цих приміщень, які визначаються спільною дією на організм людини температури, вологості, швидкості руху повітря та теплового випромінювання [56].

Продуктивність праці та самопочуття працюючих залежать від стану довкілля і передусім від змін температури, швидкості руху повітря, атмосферного тиску, теплового випромінювання [56].

Відповідно до чинних санітарних норм метеорологічні умови робочої зони визначаються на висоті 2 м над рівнем підлоги.

Робоча зона – простір, в якому знаходяться робочі місця постійного або тимчасового перебування працівників [56].

Робоче місце – місце постійного або тимчасового перебування працівника у процесі трудової діяльності.

Оптимальні мікрокліматичні умови – це таке поєднання кількісних показників мікроклімату, які за тривалої і систематичної дії на людину забезпечують збереження нормального теплового стану організму без напруження механізмів терморегуляції. Вони забезпечують почуття теплового комфорту і створюють передумови для високого рівня працездатності.

Людина працездатна і добре себе почуває, якщо амплітуда температури навколишнього повітря – 18-20°C, відносна вологість – 40-60 %, а швидкість руху повітря – 0,1-0,2 м/с.

За високої температури та вологості може трапитися перегрів тіла, навіть тепловий удар. Тепловий удар може бути викликаний також інфрачервоним випромінюванням прямих сонячних променів. Висока

температура у виробничому приміщенні призводить до інтенсивного перерозподілу крові від внутрішніх органів до шкіри. Змінюється діяльність серцево-судинної системи, пульс прискорюється і може досягти 100 ударів на хвилину, що спричинює інтенсивне потовиділення, розширення судин шкіри. Фізична робота в умовах підвищеної температури призводить до різкого прискорення серцебиття. Артеріальний тиск падає, дихання прискорюється [56].

За низької температури може статися переохолодження організму, що може призвести до простудного захворювання. В умовах дії низьких температур поверхневі судини м'язів і шкіри рук, ніг, обличчя звужуються. Це призводить до зниження кровотоку на всіх ділянках тіла людини. Підвищується в'язкість крові, що зменшує її приток до переохолодженої поверхні [56].

Рух повітря здійснює одночасно термічний і механічний вплив. Мінімальна швидкість повітряного потоку, що відчувається людиною, – 0,2 м/с [56].

Показники метеорологічних умов для виробничих приміщень нормовані з урахуванням важкості робіт та інтенсивності виділення теплоти обладнанням.

Усі роботи залежно від фізичного навантаження поділяються на 3 категорії: легкі, середньої важкості та важкі [56].

Легкі фізичні роботи:

категорія 1а – роботи, що проводяться сидячи і супроводжуються незначним фізичним напруженням (окремі професії на підприємствах точного приладо- та машинобудування, на годинниковому, швейному виробництві, у галузі управління тощо);

категорія 1б – роботи, що ведуться сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням і супроводжуються незначним фізичним напруженням (окремі професії в поліграфічній промисловості, на підприємствах зв'язку, контролери,

майстри різних виробництв тощо). Витрати енергії при виконанні легких фізичних робіт не перевищують 150 кКал/год.

Роботи фізичні *середньої* важкості:

категорія 2а – роботи, пов'язані з постійним ходінням, переміщенням дрібних (до 1кг) виробів у положенні сидячи або стоячи, що вимагають відповідного фізичного напруження (окремі професії у механіко-складальному цеху машинобудівних підприємств тощо):

категорія 2б – роботи, пов'язані з ходінням, переміщенням та перенесенням важких речей (до 10 кг), що вимагають помірного фізичного напруження (окремі професії у механізованих ливарних, прокатних, зварювальних цехах машинобудівних та металургійних підприємств тощо).

Витрати енергії при виконанні фізичних робіт середньої важкості – у межах від 151 до 250 кКал/год.

Важкі фізичні роботи – категорія 3 – роботи, пов'язані з постійним перенесенням важких речей (понад 10 кг), такі, що вимагають великих фізичних зусиль (професії у ковальських цехах з ручним куванням, ливарних цехах з ручною набивкою і заливкою машинобудівних та металургійних підприємств тощо). Витрати енергії при виконанні важких фізичних робіт – понад 250 кКал/год.

Заміри показників мікроклімату проводяться на початку, всередині й у кінці холодного і теплого періодів року не менше ніж 3 рази на зміну (на початку, всередині та в кінці).

Температуру, відносну вологість та швидкість руху повітря міряють на висоті 1,0 м від підлоги або робочого майданчика при роботах, що виконуються сидячи, і на висоті 1,5 м — при роботах, що виконуються стоячи [56].

Температуру у виробничому приміщенні заміряють ртутним або спиртовим термометрами. Для вимірювання вологості використовують *гігрометри, гігрографи і психрометри*. Найпоширеніші стаціонарні психрометри Августа й Асмана. Швидкість руху повітря вимірюють здебільшого *анемометрами*. Рівень шкідливих і небезпечних умов праці

на промислових підприємствах, у робочій зоні визначають санітарні лабораторії цих підприємств або лабораторії санітарно-епідеміологічних станцій. Для цього використовують відповідні прилади. Наприклад, рівень вібрації визначають вимірювачами шуму і вібрації (ВИП-2, ИИВ-1, ВШВ-003) тощо [56].

4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1. Оцінка стійкості процесу виготовлення хліба і хлібобулочних виробів в умовах надзвичайного стану

Метою МР є удосконалення технології хліба Домашнього шляхом використання підкислювача – молочна кислота. У разі погіршення показників хімічного і бактеріологічного забруднення навколишнього середовища на перший план виходить проведення заходів щодо запобігання або зниження забруднення (зараження) борошна і хліба отруйними і бактеріологічними (біологічними) засобами, випуск безпечного для споживання продукту.

У загальному організація безперебійного забезпечення населення продовольством, питною водою і предметами першої необхідності - є одним з головних питань у роботі органів цивільного захисту від НС мирного і воєнного часу [57]. Їжа, вода, незаражене повітря, а в холодний час і тепло є основними факторами життєзабезпечення населення взагалі.

Захист продуктів харчування у надзвичайних ситуаціях на підприємствах харчової промисловості, базах, складах, торговельній мережі здійснюється тоді, коли попередньо проведено цілий ряд заходів. До таких заходів відноситься:

- обладнання приміщень для зберігання продуктів харчування герметичними дверима, вікнами. Складають продукти у герметичну тару, накривають брезентом, поліетиленовою плівкою;

- підготовка засобів для проведення знезаражування тари, обладнання і продуктів у випадку їх зараження;

- підготовка транспортних засобів і захисних матеріалів для перевезення продуктів в умовах радіоактивного зараження;

- пристосування лабораторій харчових підприємств і санепідемстанцій до проведення аналізів на забруднення (зараження) продуктів харчування і води радіоактивними, ОР і бактеріальними засобами [57].

Для забезпечення захисту харчової сировини і продовольства проводиться додаткова герметизація складів, сховищ і холодильників, а також широке застосування пакувальних матеріалів і різних видів тари, що відповідають певним санітарно-гігієнічним вимогам та мають захисні властивості від радіоактивних і хімічних речовин та бактеріальних засобів і достатню механічну міцність [57].

Захист продуктів від радіоактивних і отруйних речовин, бактеріологічних (біологічних) засобів при зберіганні, в процесі їх технологічної переробки, транспортування і реалізації, а також вододжерел і систем водопостачання від РР, ОР і БЗ є одним з важливих завдань цивільного захисту в усіх ланках, де розв'язуються ці питання. Це обумовлюється тим, що з зараженими продуктами і водою радіоактивні отруйні речовини і бактеріальні засоби можуть потрапити в організм людини і викликати небезпечні захворювання і ураження. Найбільшу небезпеку створює потрапляння радіоактивних речовин всередину організму з забрудненою їжею і водою, тому що потрапляння їх у кількостях, більших за встановлені, викликає променеву хворобу [57].

Бойові і сильнодіючі отруйні речовини (ОР) являють собою небезпеку для забруднення незахищеного продовольства, води, фуражу в усіх варіантах їх застосування – краплиннорідкому, твердому (у вигляді аерозолів - туману, диму) і у газоподібному (пароподібному) стані [57]. Краплини рідких ОР і аерозолів (останні меншою мірою) проникають у таропакувальні матеріали із дерева на глибину до 5-20 мм, фанери - 3-4 мм і просочують брезент, картон, чотирьох-п'ятишаровий папір, багато з полімерних плівок, мішкову тканину. Розчиняючись і всмоктуючись вони заражують незахищені продукти.

Глибина проникнення ОР у продукти харчування, особливо сипкі, у декілька разів більше, ніж у таропакувальні матеріали, при цьому в твердих жирах, маслі вершковому, комбіжирі, маргарині вона поступово збільшується [57].

Харчові продукти, що знаходяться в осередку бактеріологічного ураження, при зберіганні на відкритих майданчиках і у не герметичних приміщеннях піддаються небезпеці зараження збудниками інфекційних хвороб, перш за все не упаковані в тару або не герметично запаковані продукти харчування. На зараженій території бактеріальні рецептури тривалий час зберігають свої властивості ураження, особливо за низьких температур і у похмуру погоду (декілька тижнів і більше). Вони можуть виживати і на внутрішніх поверхнях приміщень і тари, а також у різних харчових продуктах, де мікроорганізми активно розмножуються. Наприклад, збудник холери зберігається у вершковому маслі - до 20-30 діб. Таким чином, щоб зберегти від зараження радіоактивними, отруйними речовинами і бактеріальними засобами продукти харчування, фураж і воду, необхідно перш за все максимально ізолювати їх від зовнішнього середовища [57].

Захисна тара за своїми захисними властивостями поділяється на три категорії: вища, перша і друга.

До вищої категорії належать тара, що захищає від радіоактивних, отруйних речовин і бактеріальних засобів. Це герметично закрита металева, скляна тара і деякі види дерев'яної і полімерної тари: фляги з гумовою кільцевою прокладкою; діжки сталеві зварювальні і дерев'яні заливні; банки для консервів; банки із кришкою, що знімається, і прокладкою із фольги, яка прокатана; труби алюмінієві; банки скляні, закатані жерстяними кришками; пляшки з вузькою шийкою, герметичне закриті металевими капсулами або закупорені щільними корковими (поліетиленовими) пробками і алюмінієвими ковпачками; пакети із комбінованого матеріалу, паперу, фольги, поліетилену [57].

Тара першої категорії, що захищає продовольство від бактеріальних засобів і радіоактивних речовин: діжки дерев'яні сухо-тарні; ящики дощаті з

поліетиленовими вкладишами, банки і пакети із комбінованого матеріалу (для пакування концентратів круп, молока); пляшки з поліхлорвінілу для рослинної олії та ін.

До другої категорії тари, що захищає продовольство тільки від радіоактивних речовин, належать: ящики; барабани дерев'яні без поліетиленових вкладишів, багат шарові паперові мішки тощо. Найбільш перспективною як покривальний матеріал є відносно дешева плівка із поліетилену високого тиску (низької густини). Вона охороняє продукти від зараження радіоактивних речовин і частково від отруйних речовин і бактеріальних засобів. М'ясо, масло, ковбасу, рибу можна зберегти від зараження в домашніх холодильниках. Для більшої надійності їх укладають у поліетиленові пакети, а вершкове масло - у скляні або металеві банки із кришками, що щільно закриваються. Усі види продуктів, що знаходяться у металевих або скляних консервних банках, а також у посуді, що герметично закривається, зараженню, у тому числі отруйними речовинами і бактеріальними засобами, не піддаються. У випадку необхідності така тара швидко знезаражується [57].

Вживаючи тих чи інших заходів щодо захисту продуктів, треба пам'ятати і додержуватись правил їх зберігання. При герметизації складів підприємств харчової промисловості слід добре затулити всі щілини в фундаменті, підлозі, стелі, стінах, дверях, перегородках і покрівлі. Ушкоджене скло треба замінити новим. Ще краще прикрити вікна щільними дерев'яними щитами, обшитими толем, а зайві віконні прорізи закласти цеглою. Двері необхідно обшити з внутрішнього боку повстю, а зовні – клейонкою, між дверима і коробкою набити гуму або смужки тканини, вати, повсті, зробити пристрої притискування.

Заходи щодо виконання цієї задачі організують і проводять в основному ті ж галузеві і територіальні органи, які здійснюють постачання населення продовольством, питною водою і предметами першої необхідності. Важливі заходи щодо захисту вододжерел і систем

водозберігання проводять інженерна і комунально-технічна служби цивільного захисту та їх формування [57].

Одним із головних способів захисту продуктів харчування є раціональне розміщення запасів і зниження їх концентрації в категоріюваних містах. Надійним способом захисту харчової сировини є ізоляція їх від зовнішнього середовища шляхом герметизації сховищ і складів, застосування захисної тари і відповідних пакувальних матеріалів.

Для забезпечення захисту харчової сировини і продовольства проводиться додаткова герметизація складів, сховищ і холодильників, а також широке застосування пакувальних матеріалів і різних видів тари, що відповідають певним санітарно-гігієнічним вимогам та мають захисні властивості від радіоактивних і хімічних речовин та бактеріальних засобів і достатню механічну міцність [57].

Забруднене (заражене) радіоактивними, хімічними речовинами і бактеріальними засобами вершкове масло підлягає обов'язковому обеззаражуванню і контролю ступеню зараження до відповідних допустимих величин. Велике значення має сучасна підготовка до проведення знезараження продовольства і харчової сировини, у тому числі підготовка об'єктних лабораторій до проведення контролю за зараженістю продуктів, комплектування їх спеціальними приладами і обладнанням, створення і навчання невоєнізованих формувань по знезараженню. Після виникнення надзвичайних ситуацій передбачаються необхідні заходи щодо знезараження продовольства, а також щодо їх знищення у тих випадках, коли вони не підлягають знезараженню [57].

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Сучасний пшеничний хліб, виготовлений із борошна вищого ґатунку, має недостатній рівень мінеральних речовин, оскільки під час помелу видаляється до 80 % оболонкових часток зерна, у яких зосереджено основну кількість макро- та мікроелементів. Це зумовлює необхідність збагачення рецептури природними джерелами есенціальних нутрієнтів.

2. Порівняльна характеристика хімічного складу трьох видів борошна показала, що гречане і гарбузове борошно суттєво переважають пшеничне за вмістом білків, мінералів, жирів, клітковини та біологічно активних речовин. Гречане борошно є цінним джерелом магнію, заліза, цинку, марганцю та вітамінів групи В, а гарбузове – містить підвищені кількості калію, фосфору, магнію, селену, токоферолів і каротиноїдів, що забезпечують антиоксидантну активність і високу біологічну цінність.

3. Розроблено рецептури хліба «Мінерального», у яких частину пшеничного борошна (15 – 20 %) заміщено сумішшю гречаного та гарбузового у різних співвідношеннях. Встановлено, що додавання цих видів борошна активізує молочнокисле бродіння, підвищує кислотність тіста, сприяючи формуванню виразнішого аромату.

4. Збільшення частки безглютенових компонентів (гречаного і гарбузового борошна) зумовлює певне зниження питомого об'єму та пористості хліба, що пояснюється ослабленням клейковинного каркасу.

5. Хліб із додаванням гречаного та гарбузового борошна має приємний зовнішній вигляд, рівномірно випечену кірку від кремово-бежевого до золотисто-коричневого відтінку, виразний аромат і гармонійний смак із легкими горіховими та гарбузовими нотами. Найвищі загальні бальні оцінки отримали контрольний зразок (100 % пшеничне борошно) і зразок №2 (80 % пшеничного, 10 % гречаного, 5 % гарбузового борошна), що поєднує підвищену харчову цінність і збереження приємних сенсорних властивостей.

Оптимальним співвідношенням компонентів для виробництва хліба підвищеного мінерального складу визначено поєднання 80 % пшеничного, 10 % гречаного та 5 % гарбузового борошна. Така рецептура забезпечує підвищення мінеральної, вітамінної та антиоксидантної цінності виробу без суттєвого погіршення фізико-хімічних і органолептичних характеристик.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. 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.
3. 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.
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. 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).
6. 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.
7. Tebben, L., Chen, G., Tilley, M., & Li, Y. (2022). Improvement of whole wheat dough and bread properties by emulsifiers. *Grain & Oil Science and Technology*, 5(2), 59-69.

8. Conte, P., Fadda, C., Drabińska, N., & Krupa- Kozak, U. (2019). Technological and nutritional challenges, and novelty in gluten-free breadmaking— a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 69(1), 5-21.
9. Кухтин, М. (2024). Використання консервантів у харчовій промисловості. *Матеріали VII Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання “*, 303-304.
10. Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M. H., Neyestani, T. R., & Mortazavian, A. M.(2014). Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1812-1818
11. Pressman, P., Clemens, R., Hayes, W., & Reddy, C. (2017). Food additive safety: A review of toxicologic and regulatory issues. *Toxicology Research and Application*, 1, 2397847317723572
12. 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.
13. Ozkoc, S. O., & Seyhun, N. (2015). Effect of gum type and flaxseed concentration on quality of gluten-free breads made from frozen dough baked in infrared-microwave combination oven. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 2500-2506.
14. Morreale, F., Garzón, R., & Rosell, C. M. (2018). Understanding the role of hydrocolloids viscosity and hydration in developing gluten-free bread: A study with hydroxypropylmethylcellulose. *Food Hydrocolloids*, 77, 629-635.
15. Abdollahzadeh, A., Vazifedoost, M., Didar, Z., Haddadkhodapras, M. H., & Armin, M. (2024). Comparison of the effect of hydroxyl propyl methyl cellulose, pectin, and concentrated raisin juice on gluten-free bread based on rice and foxtail millet flour. *Food Science and Nutrition*, 12(1),439-449.

16. Gómez, M., & Román, L. (2018). Role of different polymers on the development of gluten- free baked goods. In T. J. Gutiérrez (Ed.), *Polymers for food applications: News* (pp. 693-724). Springer International Publishing.
17. Ferrero, C. (2017). Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. *Food Hydrocolloids*, 68, 15-22.
18. Kohajdová, Z., & Karovičová, J. (2009). Application of hydrocolloids as baking improvers. In V. Spiwok (Ed.), *Chemical Papers* (pp. 26-38).
19. Приходько, В. О., Громовий, С. М., Свідельська, Н. М., & Башкатова, О. П. (2021). Уміст основних елементів у гречаному борошні залежно від сортових особливостей. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*, (29), 95-102.
20. Kaur, M., Sandhu, K. S., Arora, A., & Sharma, A. (2015). Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 628-632.
21. Maleki, G., & Milani, J. M. (2013). Effect of guar gum, xanthan gum, CMC and HPMC on dough rheology and physical properties of Barbari bread. *Food Science and Technology Research*, 19(3), 353-358. <https://doi.org/10.3136/fstr.19.353>
22. Turabi, E., Sumnu, G., & Sahin, S. (2010). Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. *Food hydrocolloids*, 24(8), 755-762.
23. Mancebo, C. M., San Miguel, M. Á., Martinez, M. M., & Gómez, M. (2015). Optimisation of rheological properties of gluten-free doughs with HPMC, psyllium and different levels of water. *Journal of Cereal Science*, 151, 8-15.
24. Wüstenberg, T. (2014). *Cellose and cellulose derivatives in the food industry: Fundamentals and applications*. John Wiley & Sons.
25. Khalil, H. P., Lai, T. K., Tye, Y. Y., Rizal, S., Chong, E. W., Yap, S. W., Hamzah, A. A., Fazita, M. R., & Paridah, M. T. (2018). A review of

extractions of seaweed hydrocolloids: Properties and applications. *Express Polymer Letters*, f2(4), 269-317.

26. Necas, J., & Bartosikova, L. (2013). Carrageenan: A review. *Veterinami Medicina*, 58(4), 187-205.

27. Salehi, F. (2019). Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: A review. *Food Science and Safety (HFS-200)*, Center for Food Safety Nutrition, 7(11), 3391-3402.

28. Thombare, N., Jha, U., Mishra, S., & Siddiqui, M Z. (2016). Guar gum as a promising starting material for diverse applications: A review. *Journal of Biological Macromolecules*, 88, 361-372.

29. Maity, T., Saxena, A., & Raju, P. S. (2018). Use of hydrocolloids as cryoprotectant for frozen foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(3), 420-435.

30. Chawla, R. P., & Patil, G. R. (2010). Soluble dietary fiber. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(2), 178- 196.

31. 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.

32. Joye, I. J., Lagrain, B., & Delcour, J. A. (2009). Use of chemical redox agents and exogenous enzymes to modify the protein network during breadmaking—A review. *Journal of Cereal Science*, 50(1), 11-21.

33. Gioia, L. C., Ganancio, J. R., & Steel, C. J. (2017). Food additives and processing aids used in breadmaking. In D. N. Karunaratne & G. Pamunuwa (Eds.), *Food additives* (pp. 147-166). InTech.

34. Sahi, S. S. (2014). Ascorbic acid and redox agents in bakery systems. W. Zhou, Y.H. Hui, I. De Leyn, M. A. Pagani, C. M. Rosell, J. D. Selman, N. Therdthai (Eds.), *Bakery Products Science and Technology* pp183-197

35. Beghin, A. S., Ooms, N., Hooyberghs, K., Coppens, E., Pareyt, B., Brijs, K., & J. A. (2022). The influence of varying levels of molecular oxygen on

the functionality of azodicarbonamide and ascorbic acid during wheat bread making. *Food Research International*, 161, 111878.

36. 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.

37. Hui, Y. H., Corke, H., De Leyn, I., Nip, W. K., & Cross, N. A. (Eds.). (2008). *Bakery products: Science and technology*. John Wiley & Sons.

38. Roman, L., Belorio, M., & Gómez, M. (2019). Gluten-free breads: The gap between research and commercial reality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 690-702.

39. Arshad, N., Ahmad, A., Nadeem, M., Amir, R. M., & Arshad, M. S. (2019). Reporting the utilization and perspectives of different surface active agents for bread making. *Food Science and Technology*, 40, 312-321.

40. Nilsson, E. J., Lind, T. K., Scherer, D., Skansberger, T., Mortensen, K., Engblom, J., Kocherbitov, V. (2020). Mechanisms of crystallisation in polysorbates and sorbitan esters. *CrystEngComm*, 22(22), 3840-3853.

41. 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.

42. Miguel, A. M., Martins-Meyer, T. S., Figueiredo, E. V., Lobo, B. W., & Dellamora-Ortiz, G.M. (2013). Enzymes in bakery: Current and future trends. *Food Industry*, 287-321.

43. Melis, S., Morales, W. R., & Delcour, J. A. (2019). Lipases in wheat flour bread making: Importance of an appropriate balance between wheat endogenous lipids and their enzymatically released hydrolysis products. *Food Chemistry*, 298, 125002.

44. Dahiya, S., Bajaj, B. K., Kumar, A., Tiwari, S. K., & Singh, B. (2020). A review on biotechnological potential of multifarious enzymes in bread making. *Process Biochemistry*, 99, 290-306.
45. 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.
46. Bock, J. E. (2015). Enzymes in breadmaking. In R. Y. Yada (Ed.), *Improving and Enhancing Enzymes for Food Quality and Functionality* (pp. 181-198). Elsevier Science.
47. Dhiman, S., & Mukherjee, G. (2018). Recent advances and industrial applications of microbial xylanases: A review. In *Fungi and their role in sustainable development: Current perspectives* (pp. 329-348).
48. Mietton, L., Samson, M. F., Marlin, T., Godet, T., Nolleau, V., Guezenec, S., Segond, D., Nidelet, T., Desclaux, D., & Sicard, D. (2022). Impact of leavening agent and wheat variety on bread organoleptic and nutritional quality. *Microorganisms*, 10(7), 1416.
49. Klemm, D., Schumann, D., Kramer, F., Heßler, N., Homung, M., Schmauder, H. P., Marsch, S. (2006). Nanocelluloses as innovative polymers in research and application. In *Polysaccharides II* (pp. 49- 96).
50. 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.
51. ДСТУ 7045:2009 Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників. Зі зміною та поправкою. К.: Держспоживстандарт України.

52. Дробот В. І. Довідник інженера-технолога хлібопекарського виробництва. К.: Урожай, 2019.

53. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. К.: Логос, 2002.

54. Кухтин, М. Д., & Кравченко, Х. Ю. (2023). Лабораторний практикум з мікробіології молока і молочних продуктів: навчальний посібник. ТНТУ, 157с.

55. Дробот В. І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів. К.: Кондор, 2015

56. Основи охорони праці / Під ред. К.Н. Ткачука, Н.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006. – 448 с

57. 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

Н. А. Куманська, студент, Л. П. Криськова, асистент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ ХЛІБА «МІНЕРАЛЬНОГО» ЗІ ПШЕНИЧНИМ, ГРЕЧАНИМ ТА ГАРБУЗОВИМ БОРОШНОМ

N. A. Kumanska, L. P. Kryskova

INVESTIGATION OF BIOLOGICAL VALUE OF "MINERAL" BREAD WITH WHEAT, BUCKWHEAT AND PUMPKIN FLOUR

На даний час зростає попит на хлібобулочні вироби з підвищеним вмістом поживних елементів і мінеральних речовин. Мета роботи визначити, як додавання гречаного (10 %) і гарбузового (5 %) борошна до стандартного пшеничного (85 %) впливає на біологічну цінність хліба «Мінерального» – зокрема на вміст білка, амінокислот, харчових волокон, мінералів та вітамінів.

Пшеничне борошно вищих сортів – основне джерело білків і вуглеводів, але з обмеженим вмістом деяких мінералів (Zn, Mg, Fe) [1]. Гречане борошно – багате на білок із порівняно кращим амінокислотним профілем, значним вмістом мінералів (зокрема заліза, магнію, фосфору) і харчових волокон [2]. Гарбузове борошно – джерело жиру, білка, мінералів, а також біоактивних речовин (каротиноїдів, антиоксидантів), що можуть покращувати функціональні властивості продукту [3]. Застосування такого рецептурного складу буде сприяти збільшенню загального вмісту білка і амінокислотної повноти через гречане і гарбузове борошно; підвищенню вмісту харчових волокон, що покращує функцію кишківника, сприяє тривалому відчуттю ситості; забезпеченню зростання мінерального складу: кальцій, магній, залізо, фосфор – з гарбузового та гречаного борошна; підвищенню рівня антиоксидантної активності через біоактивні речовини гарбуза.

Однак, за такого рецептурного складу необхідно враховувати технологічні аспекти щодо параметрів тіста через зміни водопоглинання, структури клейковини, часу бродіння і випікання, що можуть виникнути при введенні нем'яких і борошняних компонентів. Врахувати смакові і органолептичні зміни (колір кірки й м'якуша, вологоутримуюча здатність, аромат, пористість) внаслідок гарбузового борошна. Біологічна цінність буде характеризуватися підвищеним вмістом білка, покращеним амінокислотним та хімічним складом (амінокислоти, вуглеводи, жири, вологість, зола), мінералів, харчових волокон.

Отже, хліб «Мінеральний» із запропонованим складом має потенціал бути більш поживним і функціональним та можливістю його використання в дієтичному, зміцнюючому або оздоровчому харчуванні.

Література

1. 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.
2. Гордієнко, Т. В., Семенова, А. Б., Михонік, Л. А., & Дробот, В. І. (2012). Білково-пшеничний хліб із гречаним борошном. *Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]*, (42 (1)), 143-146.
3. Alija, D., Oledzki, R., Nikolovska Nedelkoska, D., Wojciechowicz-Budzisz, A., Xhabiri, G., Pejcz, E., ... & Harasym, J. (2025). The Addition of Pumpkin Flour Impacts the Functional and Bioactive Properties of Soft Wheat Composite Flour Blends. *Foods*, 14(2), 243.