

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)

« »

2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Тимків Анатолій Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Розробка рецептури та удосконалення технології
виробництва пшеничного хліба стійкого до черствіння
з проєктуванням цеху пшеничного хліба**

Керівник роботи Кухтин Микола Дмитрович, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «13» 10 2023 року № 4/7-973

2. Термін подання студентом завершеної роботи грудень 2023 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)

1. Оцінити можливі джерела збагачення пшеничного борошна клітковиною, біологічно цінними речовинами та визначити вплив поліпшувачів на якість виробів.

2. Проаналізувати та дослідити пшеничне борошно та гарбузовий порошок за хімічними показниками.

3. Розробити рецептуру та дослідити зразки хліба пшеничного з гарбузовим порошком, гуаровою камідью та мікробною трансглютаміназою.

4. Провести лабораторну оцінку зразків пшеничного хліба з гарбузовим порошком та поліпшувачами.

5. Оцінити готові запропоновані зразки хліба за органолептичними показниками та під час зберігання.

Розробити інженерно-графічну частину роботи.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

рисунок, таблиці, схеми, діаграми

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Безпека в надзвичайних Ситуаціях			
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналітичний огляд та патентний пошук інформації відповідно до теми магістерської роботи	31.01.23 р. – 25.05.23 р.	
2.	Складання схеми досліджень	19.06.23 р. – 26.06.23 р.	
3.	Опрацювання методики досліджень	03.07.23 р. – 31.07.23 р.	
4.	Виконання експериментальних досліджень (Частина I)	01.08.23 р. – 31.08.23 р.	
5.	Завершення експериментальних досліджень (Частина II)	01.09.23 р. – 18.09.23 р.	
6.	Збір інформації до виконання розділу та «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	19.09.23 р. – 09.10.23 р.	
7.	Закінчення написання розділів	10.10.23 р – 27.11.23 р.	
8.	Подання магістерської роботи до захисту	04.12.23 р	

Студент

_____ (підпис)

Тимків А.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Кухтин М.Д.

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Реферат	6
	Вступ	7
1	Огляд літератури	11
1.1	Актуальність використання поліпшувачів у сучасній хлібопекарській технології	11
1.2	Механізми дії ензимів на борошно – тісто	13
1.3	Ензими, що діють на молекули крохмалю	14
1.4	Деградація клітинної стінки пшениці	15
1.5	Протеази	17
1.6	Ліпази	18
1.9	Поліпшувачі з ефектом розчеплення тіста	19
1.8	Комбіоноване використання поліпшувачів для тіста	22
1.9	Інші комбінації ензимів	26
1.10	Комбінація ензимів і аскорбінової кислоти	27
	Загальний висновок	29
2	Матеріали і методи досліджень	31
3	Результати дослідження та їх обговорення	34
3.1	Шляхи збагачення пшеничного борошна клітковиною та вплив поліпшувачів на якість виробів	34
3.2	Дослідження борошна та гарбузового порошка за хімічними показниками	36
3.3	Розроблення рецептури та дослідження зразків хліба пшеничного з гарбузовим порошком, гуаровою камідію та мікробною трансглютаміназою	41
3.4	Лабораторна оцінка зразків пшеничного хліба з гарбузовим порошком, гуаровою камідію та ензимом	46
3.5.	Оцінка готового хліба за органолептичними показниками та під час зберігання	52

	Висновки і пропозиції виробництву	55
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	56
4.1.1	Аналіз травм і травматизму на підприємствах харчової промисловості	56
4.2.1	Захист підприємств харчової промисловості від пожеж	59
	Список літератури	63
	Додатки	74

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 78 с., 11 рис., 4 табл., 92 джерел.

ПШЕНИЧНЕ БОРОШНО, ПОРОШОК ГАРБУЗА, ГУАРОВА КАМІДЬ, МІКРОБНА ТРАНСГЛУТАМІНАЗА, ТЕХНОЛОГІЯ ХЛІБА

Об'єкт дослідження: пшеничне борошно, гарбузовий порошок, гуарова камідь, мікробна трансглютаміназа, технологія виробництва хліба пшеничного, якість хліба.

Мета роботи – розробити рецептуру з удосконаленням технології пшеничного хліба збагаченого есенціальними речовинами та стійкого до черствіння.

Методи дослідження: інформаційно-оглядові (збір інформації про хімічний склад борошна пшениці та гарбуза, роль поліпшувачів в технології хліба); фізико-технологічні (показники тіста й готового хліба з гарбузом й поліпшувачами); органолептичні (оцінка готових виробів), статистичні.

Розроблено дослідні зразки пшеничного хліба з вмістом гарбузового порошку 4 % - варіант зразку №2; з вмістом гарбузового порошку й гуарової каміди – 1,0 % - зразок №3; з вмістом гарбузового порошку, гуарової каміди та ензимом мікробна трансглютаміназа 10 мкг/кг – варіант №4. Встановлено, що додавання у тісто таких інгредієнтів як порошок гарбуза та мікробної трансглютамінази позитивно впливає на скорочення процесу бродіння (40 й 55 хв), разом з тим гуарова камідь у такому рецептурному складі не впливала вірогідно на даний показник. Найбільший вплив на питомий об'єм буханки хліба має одночасне додавання у борошно під час замісу гарбузового порошку, гуарової каміди та ензиму трансглютамінази (зразок №4). У якому реєстрували збільшення питомого об'єму на 0,22 см³/г, порівнюючи з контрольною буханкою хліба та на 0,10 см³/г, проти буханки зразку №2 який містив гарбузовий порошок. У хлібі зразка №4 кількість крихт була в 1,8 раза менша через 96 год зберігання, ніж у контролі, що вказує на його вищу стійкість до черствіння.

Вступ

Хліб є одним із найважливіших продуктів у щоденному раціоні більшості людей у всьому світі, тому його потрібно досліджувати в будь-якому аспекті. Загально визнано, що погіршення якості свіжоспеченого хліба є результатом складного багатофакторного процесу, який включає фізичне черствіння, а також мікробіологічне, хімічне та сенсорне псування, все це впливає на термін придатності продукту.

Клейковина є найважливішим білком у продуктах з пшеничного борошна, яка відіграє значну роль у текстурі та зовнішньому вигляді кінцевих продуктів, таких як хліб. Вона також відіграє важливу роль у бродильному процесі виробництва хліба через свою частку у в'язко-еластичності, стійкості до змішування, здатності до розтікання тіста, газоутримуючої здатності та добрій структурі кінцевого продукту. Саме з клейковиною пов'язана в'язко-еластичні процеси, текстура тіста та збереження вологи в хлібі після процесу випікання [1, 2].

У літературі наводяться різні дані щодо використання різних інгредієнтів, як природного, так хімічного походження, застосування яких дозволяє знизити процеси черствіння хліба. Найважливіші висновки про роль різноманітних харчових добавок, що додаються до хліба, для зменшення черствіння наступні: додавання альфа-амілази та мальтогенної амілази у подовженні терміну придатності хліба вважається загально визнаним, хоча ґрунтовний механізм дії цих ензимів, що запобігають черствінню, ще далекий від повного розуміння. Вважається, що використання амілаз у хлібопекарстві зменшує твердіть поверхні хліба трьома різними механізмами: зниження ретроградації крохмалю; зниження жорсткості мережі крохмального гелю; зменшення взаємодії крохмаль-білок. До того ж, альфа-амілаза здатна гідролізувати амілопектин і утворювати розчинні полімери з розгалуженим ланцюгом з низькою молекулярною вагою, що в кінцевому етапі знижує черствіння [2]. Використання вуглеводів трегалоза,

декстри, мальтит, ксантанова та гуарова камедь може знизити процеси черствіння хліба і булочних виробів. Вказується, що додавання гуарової камеді значно збільшило питомий об'єм хліба, що призвело до зниження твердості м'якушки в день випічки порівняно з контролем [2]. Хоча з погляду «здорового харчування» вважається більш перспективним використання біологічних розпушувачів – пекарських дріжджів та закваски на основі молочнокислих бактерій. Пропонується проводити селекцію хлібопекарських дріжджів і молочнокислих мікроорганізмів, які виробляють протигрибкові речовини або зі специфічною ферментативною активністю, що впливає на термін зберігання, а також на колір і смак готових виробів.

Мета і завдання досліджень.

Мета роботи – розробити рецептуру з удосконаленням технології пшеничного хліба збагаченого есенціальними речовинами та стійкого до черствіння.

Для виконання запланованої мети визначені наступні завдання:

1. Оцінити можливі джерела збагачення пшеничного борошна клітковиною, біологічно цінними речовинами та визначити вплив поліпшувачів на якість виробів.
2. Проаналізувати та дослідити пшеничне борошно та гарбузовий порошок за хімічними показниками.
3. Розробити рецептуру та дослідити зразки хліба пшеничного з гарбузовим порошком, гуаровою камідью та мікробною трансглютаміназою.
4. Провести лабораторну оцінку зразків пшеничного хліба з гарбузовим порошком та поліпшувачами.
5. Оцінити готові запропоновані зразки хліба за органолептичними показниками та під час зберігання.

Об'єкт дослідження: пшеничне борошно, гарбузовий порошок, гуарова камідь, мікробна трансглютаміназа, технологія виробництва хліба пшеничного, якість хліба.

Предмет дослідження: технологічні параметри тіста й хліба з гарбузовим порошком та поліпшувачами за їх виробництва.

Методи дослідження: інформаційно-оглядові (збір інформації про хімічний склад борошна пшениці та гарбуза, роль поліпшувачів в технології хліба); фізико-технологічні (показники тіста й готового хліба з гарбузом й поліпшувачами); органолептичні (оцінка готових виробів), статистичні.

Наукова новизна одержаних результатів. Додавання у тісто таких інгредієнтів як порошок гарбуза та мікробної трансглютамінази позитивно впливає на скорочення процесу бродіння (40 й 55 хв), разом з тим гуарова камідь у такому рецептурному складі не впливала вірогідно на даний показник. Виявлено, що у хлібі з гарбузом та гуаровою камідью кількість крихт була в 1,8 раза менша через 96 год зберігання, ніж у контролі, що вказує на його вищу стійкість до черствіння.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновано хліб подовженого терміну зберігання та підвищеної біологічної цінності, який містить пшеничне борошно вищого сорту, гарбузовий порошок, гуарову камідь та мікробну трансглютаміназу.

Особистий внесок здобувача. Здобувач-магістр одноосібно проводив інформаційно-оглядовий (збір інформації про хімічний склад борошна пшениці та гарбуза, роль поліпшувачів в технології хліба) аналіз, зробив заплановані дослідження, оформив їх, написав роботу й подала її до захисту.

Апробація результатів. Виступ на II Міжнародній науково-технічній конференції «Якість води: біомедичні, технологічні, агропромислові і екологічні аспекти» 24-25 травня 2023 року / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 24-25 травня 2023 р.). (Додаток А).

Публікації. За матеріалами кваліфікаційної роботи опубліковано одну наукову працю у тезах: Тимків А.В. (2023). Харчові добавки для зниження процесів черствіння хліба. Матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції «Якість води: біомедичні, технологічні, агропромислові і

екологічні аспекти» (м. Тернопіль, 24–25 травня 2023 р.), М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. – С. 47. (Додаток А).

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з: вступу, розділів основної (експериментальної) частини, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, висновків та пропозицій виробництву, переліку літератури та додатків. Магістерська робота має 78 стор. та містить 4 таблиці, 11 рисунків. Перелік літератури складається з 92 джерел.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Актуальність використання поліпшувачів у сучасній хлібопекарській технології

Незважаючи на відсутність чіткого визначення, багато харчових компаній прагнуть надавати своїм клієнтам продукти з «чистою етикеткою» [1]. Більшість інновацій у цій сфері належать до шести сегментів ринку, одним із яких є категорія хлібобулочних виробів [2]. Обмежені дані про те, що споживачі очікують знайти на такій чистій етикетці, свідчать про відсутність сполук із назвами, які «важко вимовити» або «хімічно звучать» (Shelke, 2020) [2]. Виробники можуть коригувати інгредієнти, рецепти та обробку, щоб досягти успіху в розробці товарів, які все ще відповідають вимогам щодо якості.

Традиційно широкий асортимент покращувачів використовуються в хлібопекарській промисловості для компенсації різноманітних недоліків сировини, забезпечення незмінної якості та продовження терміну зберігання. Такі покращувачі можуть знадобитися для прийнятної якості в продуктах, які не ґрунтуються на очищеній пшениці або повинні витримувати умови, які можуть погіршити якість, наприклад цикли заморожування-розморожування [3, 4]. Багато досліджень було присвячено пошуку відповідних варіантів і сумішей «натуральних» інгредієнтів для заміни покращувачів, які можуть не сприйматися як чисті етикетки, наприклад, діацетилвинних ефірів моногліцеридів (Colakoglu & Özkaaya, 2012) [5]. Виробники хлібобулочних виробів можуть відмовитися від інгредієнта, навіть якщо його використання дозволено в певній країні (наприклад, використання бромату калію дозволено в Сполучених Штатах), але заборонено в інших, якщо вони очікують несприятливого сприйняття продукту споживачами через дані інгредієнти (Shanmugavel та ін., 2020) [6]. Для таких цілей ензими стали

популярним вибором як альтернативні покращувачів, хоча мало відомо про те, як споживачі сприймають їх використання [2]. Коли під час нещодавнього опитування прямо запитували, чи вважають вони таку практику використання ензимів природною, споживачі, як правило, відповідали «ні» на варіант «додавання ферментів для покращення текстури (наприклад, борошно, цукор, рис)» [7]. Проте наскільки відомо, не було визначено, чи перевіряють споживачі спеціально етикетки інгредієнтів харчових продуктів, які вони планують або вже придбали, на такі терміни, як «ферменти» – і якщо так, то чи впливає це на їхнє рішення про покупку або наскільки це впливає на сприйняття продукту. Правила щодо того, чи та як ензими відображаються на етикетках інгредієнтів, відрізняються в різних країнах.

Наприклад, в Японії існує перелік затверджених ферментів, більшість (але не всі) ферменти, що використовуються у виробництві харчових продуктів в ЄС, вважатимуться допоміжними речовинами для обробки, тому їх не потрібно буде вказувати в складі продукту [8]. Їхнє використання регулюється національним законодавством держав-членів. Водночас у Сполучених Штатах деякі ферментні препарати були загально визнані безпечними (GRAS, 21 CFR 184), інші класифікуються як харчові добавки (21 CFR 173), а для певної грибової α -амілази, яка використовується в борошні, навіть існує харчовий стандарт (21 CFR 137.105). Ферменти часто використовуються в поєднанні з іншими покращувачами, такими як життєво важливий пшеничний глютен або аскорбінова кислота [2, 4, 9]. Дійсно, для досягнення бажаного результату може знадобитися комбінація покращувачів. Однак тестування широкого спектру покращувачів може бути громіздким, а їх взаємодія не завжди синергетична [10, 11, 12, 13].

Таким чином, основна мета даного розділу огляду літератури полягає в тому, щоб підкреслити, як комбінації покращувачів для тіста, зокрема ферментів, можна успішно використовувати під час розробки хлібобулочних виробів, таких як хліб, і представити сучасні знання про синергетичні взаємодії.

Отже, пошук літератури був зосереджений на дослідженнях, які порівнювали вплив на хлібне тісто та властивості продукту комбінації різних ферментів порівняно з одним ферментом. Дослідження, у яких використовувалася аскорбінова кислота в поєднанні з ферментами, також були включені, оскільки перша зазвичай є частиною чистих сумішей поліпшувачів [2] і має окислювальну дію, подібну до деяких ферментів [9].

1.2. Механізми дії ензимів на борошно – тісто

Основними проблемами для рецептури хлібобулочних виробів є досягнення прийнятної структури та текстури, яка в пшеничному хлібі створюється переважно компонентами глютену, гліадинів та глютенінів. Для поглибленого обговорення утворення білкової сітки в тісті існує ряд літературних джерел [15]. Зокрема, присутність високомолекулярних глютенінів у пшеничному борошні позитивно корелює з хорошою якістю хліба [16].

Таким чином, їх унікальна функціональність повинна бути імітована в продуктах, які не містять глютену або де інші компоненти заважають формуванню стабільної білкової мережі (наприклад, цільнозернове пшеничне борошно або суміші пшениці з іншим борошном) [4]. Для цієї мети було використано кілька добавок, включаючи гідроколоїди, емульгатори та окислювачі або відновники, як розглянуто [17]. Крім того, ферменти, які націлені на основні полімери борошна, тобто амілоза та амілопектин, глютенуотворюючі білки та арабіноксилани можуть бути використані для впливу на властивості тіста та хліба [17]. Результатом даного впливу може стати покращення тіста, якщо деякі компоненти борошна частково гідролізовані (амілазами, ліпазами, протеазами та ксиланазами) або якщо інші полімеризовані (наприклад, через глюкозооксидазу, трансглютаміназу або лакказу).

1.3. Ензими, що діють на молекули крохмалю

Амілази з різних джерел (бактеріальних, грибкових або у формі солоду) використовуються для досягнення двох основних ефектів: утворення цукрів, здатних до бродіння дріжджами, і зменшення ретроградації крохмалю [18]. Деякі ферменти, які гідролізують великі біополімери, такі як амілоза та амілопектин, віддають перевагу внутрішнім зв'язкам (ендоактивні ферменти), тоді як інші переважно атакують зв'язки на кінці ланцюга або поблизу нього (екзоактивні ферменти).

Ендоактивні α -амілази випадковим чином гідролізують α -1,4-глікозидні зв'язки амілози та амілопектину, і їх використання може збільшити газоутворення та об'єм буханки хліба [4, 18]. Крім того, утворені декстрини не ретроградують і можуть навіть затримувати ретроградацію [19]. Подібно до ендоактивних амілаз, екзоактивні амілази можуть забезпечувати цукри для дріжджів і таким чином покращувати об'єм хліба (Cauvain, 2012) [16]. Крім того, мальтогенні α -амілази особливо ефективні проти черствіння хліба внаслідок ретроградації крохмалю, як описано [18], які порівнювали вплив дві ендо- і одна екзоактивна (мальтогенна) α -амілази. Твердість м'якушки після шести днів зберігання була значно знижена мальтогенним і одною із ендоактивною α -амілазою, але мальтогенна α -амілаза більшою мірою вкорочувала бічні ланцюги амілопектину і, таким чином, майже повністю запобігала перекристалізації амілопектину [18], процес, який, як вважають, суттєво сприяє (хоча не виключно) до черствіння хліба (Gray & BeMiller, 2003) [22]. Використання мальтогенних α -амілаз також виявилось ефективним у зниженні твердості текстури цільнозернового хліба протягом тривалого часу зберігання (Tebben et al., 2020) [4].

Екзоактивна амілоглюкозидаза каталізує розщеплення α -1, 4 зв'язки та, меншою мірою, α -1,6 глікозидні зв'язки [16]. Проте амілоглюкозидаза має менш виражений вплив на рівень ферментованого цукру, ніж α -амілаза [23], але може скоротити час випікання та покращити колір м'якушки хліба

завдяки генерованій глюкозі, яка проходить реакцію Майяра. Скорочений час випікання може запобігти пересушуванню, а також впливає на відокремлення крихт у хлібобулочних виробках, таких як багети [16].

1.4. Деградація клітинної стінки пшениці

Серед полісахаридів клітинної стінки пшениці та жита арабіноксилани були найбільш детально вивчені через їх вплив на функціональність борошна та формування тіста [25, 26]. Їх кістяк складається з β -1,4-зв'язаних ксилопіраноз з L-арабінофуранозами, приєднаними в положеннях 2 та/або 3 [27]. Також можуть бути присутніми інші одиниці цукру, особливо d-глюкуронова кислота. Крім того, одиниці арабінози часто є складними ефірами гідроксикоричних кислот, особливо ферулової кислоти. З технологічної точки зору присутність великої кількості арабіноксиланів у пшеничному борошні є небажаною [25, 26], оскільки вони можуть перешкоджати утворенню клейковини в пшеничному тісті за допомогою кількох можливих механізмів. Арабіноксилани можуть розбавляти глютену матрицю, конкурувати з гліадинами та глютенінами за воду [4], а також можуть блокувати асоціацію білків шляхом утворення в'язких шарів [28]. Однак вважається, що в житньому тісті комплекс арабіноксиланів, білків, та крохмаль визначає властивості тіста та текстуру хліба (Grossmann et al., 2016) [29]. Арабіноксилани часто поділяють на арабіноксилани, що екстрагуються водою і арабіноксилани, що не екстрагуються водою. Передбачається, що перші нещільно зв'язані на поверхні клітинної стінки, тоді як пов'язані з іншими арабіноксиланами, білками або молекулами крохмалю [27]. Деградація арабіноксилан, що не екстрагуються водою знижує в'язкість і робить воду доступною для глютену або крохмалю (Leys et al., 2020) [30]. Обробка ксиланазою впливає на вторинні структури білка в хлібному тісті та збільшує частку β -поворотів (Jiang та ін., 2018) [31], що свідчить про краще зволожена клейковина. Позитивний зв'язок між об'ємом

буханки хліба та вмістом β -обороту було продемонстровано, наприклад, у рафінованому холодному тісті [32]. Про збільшення макрополімеру глютеніну також повідомили Jiang et al. (2018) [31]. Макрополімер глютеніну важливий компонент глютену, є високополімеризованим полімер глютеніну, який впливає на реологічні властивості тіста та об'єм буханки хліба.

Хоча ксиланази можуть зробити тісто більш розтяжним, одним із поширених недоліків їх використання є підвищення липкості [34], що виникає через те, що гідроліз арабіноксиланами, що не екстрагуються водою знижує їх водоутримувальну здатність [27]. Крім того, слід уникати гідролізу арабіноксиланами, що екстрагуються водою, оскільки вони можуть бажано функціонувати підвищувати стабільність пін. Коли використовували те саме борошно, ксиланаза, яка віддає перевагу арабіноксиланам, що екстрагуються водою, негативно впливала на властивості тіста та хліба, тоді як ксиланаза, яка розщеплювала, мала протилежний ефект [27]. Завдяки двом основним одиницям цукру, арабінозі та ксилозі, обидві є пентозами, арабіноксилани часто називають пентозанами.

Отже, ферменти, які розщеплюють арабіноксилани, часто взаємозамінно називають ксиланазами, пентозаназами, або, загалом, геміцелюлази (Levine & Slade, 2004) [26]. Ксиланази з різних джерел можуть відрізнятися за діапазоном рН, в якому вони найбільш активні та стабільні, а також у тому, як вони віддають перевагу розчинному субстрату порівняно з нерозчинним, і як ступінь розгалуження субстрату впливає на реакцію (Courtin & Delcour, 2002) [27]. Крім того, навіть комерційні ферментні препарати, включаючи ксиланази, часто мають побічну дію [35].

Часто повідомлялося, що карбогідрози позитивно впливають на текстурні властивості продукту, особливо під час зберігання. Індивідуальне застосування ксиланази та целюлази може зменшити ретроградацію амілопектину і, таким чином, запобігти черствінню хліба, хоча механізм, що лежить в основі цього ефекту, не було повністю з'ясовано [4]. Проте були випадки, коли додавання ксиланази призводило до підвищення рівня

твердості хліба (Bollaín та ін., 2005; Gambaro та ін., 2006) [36]. Деякі з цих досліджень використовували той самий тип (комерційної) ксиланази, але використовували її в різних кількостях. Крім того, відрізнялися тип борошна (рафіноване, цільнозернове або суміші), умови обробки та рецепти хліба, і не всі дослідження повідомляли про аналіз складу. Тому можливо, що відмінності у складі, наприклад, у вмісті та складі арабіноксиланів, вплинули на результати.

Ферменти, відмінні від ксиланаз, можуть бути ефективними в системах, що складаються із борошна злаків, у яких арабіноксилани не є основним некрохмальним полісахаридом. Показано, що для пшеничного/вівсяного композитного хліба, в якому β -глюканаза покращила питомий об'єм буханки та сенсорні оцінки при використанні в оптимальних кількостях [37].

1.5. Протеази

Надто міцне пшеничне борошно може виграти від скорочення часу замішування тіста [16], що стало можливим завдяки гідролізу білків, що утворюють глютен, протеазами. Це зменшує стійкість до розтягування тіста та покращує м'якість та еластичність м'якушки хліба (Caballero та ін., 2007a,b) [39]. У каструльному хлібі покращені властивості плинності тіста завдяки гідролізу білка може полегшити наповнення форм для хліба і, таким чином, покращити форму хліба (Gioia et al., 2017) [17]. Серед різних типів протеаз, ті, які мають свій оптимум рН приблизно від 5 до 8, як правило, є кращими для використання як покращувачів, за винятком продуктів, у яких очікується, що рН буде за межами цього діапазону, як, наприклад, у солоних або содових крекерах (Gioia et al., 2017) [17]. Слід, звичайно, уникати екстенсивного гідролізу білка, оскільки він може не лише призвести до структурного колапсу продукту, але також може призвести до надмірного

потемніння, оскільки звільнені аміногрупи можуть брати участь у реакції Майяра [17].

Різні ефекти додавання протеази до безглютенових систем, які часто оптимізуються різними добавками, як повідомлялося [40]. Включення протеази (нейтрази) до систем хліба з гречки та сорго мало несприятливий вплив на текстуру продукту, оскільки тісто виявляло більш рідку поведінку [41]. Надто сильний ефект пом'якшення, викликаний протеазою, можна віднести до деградації білка, що призводить до неповноцінної білкової мережі з низькою водоутримувальною здатністю. З іншого боку, коричневий рисовий хліб відповів на обробку нейтразою збільшенням об'єму буханки та зниженням твердості продукту [41]. Користь приніс хліб з білого рисового борошна від обробки протеазою термоазою, наприклад, відображення більшого об'єму буханки та більш м'якої м'якушки; але деякі інші протеази, включаючи нейтральна протеаза, не спричиняли той самий ефект, автори це пояснюють різницею в сировині (тобто, білий та коричневий рис) [42]. Azizi та ін. (2020) [44] виявили, що протеаза покращує об'єм хліба з кіноа та зменшує черствіння хліба, і пояснює свої результати модифікацією білково-крохмальних взаємодій, яка була спричинена протеолітичною активністю.

1.6. Ліпази

Ліпази можна класифікувати на триацилгліцеринліпази, фосфоліпази та галактоліпази, і їх застосування в хлібі та тістечках було досліджено та розглянуто [45]. Ліпази генерують поверхнево-активні моно- і діацилгліцероли, і таким чином модифікувати популяцію ендогенних ліпідів [46]. Загальновизнано, що неполярні ліпіди зменшують об'єм буханки хліба, тоді як полярні ліпіди мають протилежний ефект і поведуться подібно до деяких широко використовуваних поверхнево-активних речовин. Такі поверхнево-активні речовини, що використовуються в хлібобулочних виробках, включають стеароїллактилат натрію, моно- та діацилгліцероли,

лецитин і ефіри сахарози, і їх застосування в хлібі було розглянуто у дослідженнях [4]. Амфіфільна природа поверхнево-активних речовин дозволяє їм сприяти взаємодії між ліпідами, білками та крохмалем, і вважається, що ці взаємодії відповідають за зміцнення тіста [3].

Деякі дослідження показали, що додавання ліпази покращує об'єм хліба [45] завдяки більшій кількості полярних ліпідів, таких як фосфоліпіди та галактоліпіди, ніж у хлібі без додавання ліпази [46]. Оскільки термін ліпази відноситься до групи ферментів, що діють на широкий спектр субстратів, гідроліз деяких ліпідів може бути корисним для властивостей тіста та хліба, тоді як інші ліпіди переважно повинні залишатися недоторканими. Таким чином, можна очікувати, що не кожна ліпаза однаково добре працюватиме в певній системі хлібного тіста. Melis і Delcour (2020) [46] узагальнили характеристики ліпаз, пов'язані з успішним використанням у випічці хліба, і наголосили на важливості досягнення збалансованого ліпідного профілю. В ідеалі ліпаза повинна діяти на певні типи полярних ліпідів, а не на триацилгліцерини, дослідники віддають перевагу моногалактозилдіацилгліцеринам і нацилфосфатидилетаноламінам як субстрати над дигалактозилдіацилгліцеролами, а не перетворювати лізоліпіди чи фосфатидилхоліни [46]. В одному дослідженні було виявлено, що ліпаза зменшує об'єм і пружність торта, оскільки вона не покращує газоутримання торта з низьким вмістом жиру, але зменшує твердість продукту [47]. Ефект пом'якшення текстури завдяки ліпазі також може спостерігатися протягом тривалого часу зберігання продукту, особливо в комбінації з α -амілазами.

1.7 Поліпшувачі з ефектом розчеплення тіста

1.7.1 Глюкозооксидаза

Глюкозооксидаза каталізує окислення β -d-глюкози до δ -d-глюконолактону та перекису водню (H_2O_2) (Bankar et al., 2009) [49].

Сформований H_2O_2 використовується ендогенними пероксидазами або для окислення сульфгідрильних груп на високомолекулярних глютенінах або для окислювального зшивання одиниць ферулової кислоти [51]. Ці реакції можуть сприяти гелеутворенню, що збільшує кількість утриманої води, таким чином, надаючи позитивний вплив на характеристики пшеничного тіста та хліба [28]. Першим кроком у цьому типі реакції зшивання є генерація феноксирадикала з ферулової кислоти, яка стабілізується за допомогою кількох резонансних структур. Отриманий неспарений електрон може бути розподілений між кількома атомами, і його розташування на фенокси O, C5 або C8 дозволяє з'єднатися з іншою одиницею ферулової кислоти, яка може реагувати в тих самих позиціях. Також можливо, що в процесі утворюються додаткові, конденсовані 5-кільця з O як одним із членів циклу, які є похідними фурану [51].

Отже, спектр ферул кислотні димери були знайдені в зернових волокнах, хоча в меншій кількості, ніж мономерна етерифікована ферулова кислота. У пшениці димер 8-5' представляє основну дегідродиферулову кислоту в нерозчинній клітковині, тоді як розчинна клітковина містить приблизно рівні кількості 8-5' і 8-8'; інші структури зустрічаються в незначних кількостях [51]. Декілька авторів повідомили, що додавання глюкозооксидази зміцнювало хлібне тісто, що відображалось у підвищеній стійкості до розтягування тіста [52]. Альтернативою глюкозооксидазі можуть бути оксидоредуктази, які каталізують аналог (гексозооксидаза) або подібні (окислення в положеннях крім аномерного вуглецю, опосередкованого піранозоксидазою) реакція на глюкозооксидазу, але приймає ширший діапазон субстратів, у той же час утворюючи H_2O_2 [17]. Ці альтернативні ферменти також можуть відрізнятися від глюкозооксидази своєю спорідненістю до субстратів.

1.7.2 Трансглютаміназа

Завдяки між- та внутрішньомолекулярним ϵ -N-(γ -глутаміл)-лізиновим перехресним зв'язкам трансглутаміназа утворює ізопептидні зв'язки між бічними ланцюгами амінокислот [53], і мікробна трансглутаміназа була використана, наприклад, у пшениці [39], житі [55], суміші пшениці з просо [56] та безглютенових системах [41]. Існують суперечливі повідомлення про вплив трансглутамінази на черствіння хліба та питомий об'єм буханки, і вплив, ймовірно, залежить від дозування та типу борошна [57]. Додавання трансглутамінази до рисового хліба без глютену збільшує питомий об'єм буханки та зменшує черствіння [41], тоді як [58] виявили, що він підвищив сенсорні показники жувальної здатності та м'якості рафінованого або цільнозернового хліба порівняно з показниками хліба без ферментних добавок, але передозування призвело до зменшення об'єму хліба. Хоча використання трансглутамінази було висунуто гіпотезу як можливу причину целиакії (Lerner & Matthias, 2015) [59], застосування трансглутамінази в харчових продуктах все ще є поширеним (Mostafa, 2020) [60], але, враховуючи тяжкість потенційних наслідків, це питання потребує подальших досліджень. Показано, що кількість трансглутамінази, яка зазвичай використовується для випічки, не збільшується кількість імунотоксичних дезамідованих гліадинів. Додаткове включення пептидази може бути можливим способом розщеплення фрагментів глютену, які інакше могли б бути зшиті трансглутаміназою [61].

1.7.3 Лаказе

Лаказа окислює фенольні сполуки, такі як ферулова кислота та (з меншою швидкістю) тирозин, за допомогою радикально індукованого процесу [63], і таким чином сприяє зшиванню полімерів пшеничного борошна, зокрема арабіноксилани. Проте феноксирадикали можуть бути відновлені тіолами, такими як глутатіон або цистеїн, що призводить до утворення дисульфідних зв'язків [63]. Повідомлялося, що лакказы, подібно до глюкозооксидази і трансглутамінази, підвищує стійкість хлібного тіста до

розтягування та зменшує його розтяжність [63]. Однак вчені [64] виявили, що лакказа знижує еластичність хлібного пшеничного тіста. Ці різні ефекти лаккази можуть бути пов'язані з різними дозами та типами ферментів, що використовуються в цих дослідженнях. Також повідомлялося, що лакказа збільшує об'єм хліба та м'якість м'якушки хліба, виготовленого з очищеного пшеничного борошна [63].

1.7.4 Тирозиназа

Тирозиназа може окислювати монофеноли, такі як тирозин, з бічних ланцюгів білків, тим самим сприяючи перехресному зшиванню білків, таких як гліадини в пшениці [63]. Повідомлялося, що тирозиназа посилює полімеризацію глобулінів вівса, що зміцнює результуючу білкову мережу та збільшує питомий об'єм буханця вівсяного хліба [65]. Цей результат вказує на збільшення дисульфідних зв'язків і, як наслідок, більш міцну білкову мережу в цій системі без глютену.

1.7.5 Аскорбінова кислота

Хоча аскорбінова кислота не є ферментом, вона часто використовується для цілей, подібних до ферментів перехресного зшивання, оскільки вона служить окислювачем у системах хлібного тіста. Як правило, аскорбінова кислота є відновником у харчових продуктах, але в пшеничному тісті вона окислюється до дегідроаскорбінової кислоти ендогенною аскорбатоксидазою [66].

Дегідроаскорбінова кислота може окислювати трипептид глутатіон, який перешкоджає в останньому припинити полімеризацію білка, вступаючи в реакцію з і тим самим блокуючи сульфгідрильні групи на глютенінах. Серед міжмолекулярних взаємодій, які стабілізують білкову мережу глютену в хлібному пшеничному тісті, дисульфід містки мають особливе значення, оскільки вони призводять до полімеризації білка. Тому для поліпшення

якості хлібного виробу зазвичай додають аскорбінову кислоту, шляхом окислення сульфгідрильних груп, щоб отримати міцнішу глютену мережу [9]

1.8. Комбіоноване використання поліпшувачів для тіста

Комбіоноване використання двох або більше наповнювачів для хліба може отримати продукти кращої якості порівняно з використанням лише одного. Деякі негативні ефекти в результаті використання одиничного наповнювача для тіста, такий як ксиланаза, що спричиняє підвищену липкість тіста, або один із зшиваючих ферментів, що спричиняє зменшення об'єму буханки хліба через надто посилення пшеничного борошна, можна виправити комбінацією покращувачів хліба.

1.8.1 Одночасний ферментативний гідроліз крохмалю та полісахаридів клітинної стінки

Комбінація крохмалю та ферментів, що руйнують клітинну стінку, часто призводить до зниження твердості текстури свіжоспеченого хліба, а також хлібобулочних виробів, що зберігалися. Вплив комбінацій ксиланози та α -амілази на властивості тіста та хліба, виготовлених із цільнозернового борошна або суміші пшеничного та іншого борошна, досліджували в численних дослідженнях. Нижчу твердість через поєднання цих двох ферментів також спостерігали в замороженому тісті для хліба, для якого підтримка прийнятних текстурних властивостей може інакше бути складним [67]. Було виявлено синергетичний вплив двох ферментів на об'єм буханки та зниження твердості пшеничного хліба, що містить 30% цільнозернове ячмінне борошно [68]. Повідомлялося також, що комбіоноване використання ксиланози та α -амілази зменшує твердість чапаті [69]. Ці ефекти пом'якшення були пов'язані зі зниженим зв'язком між кристалітами в крохмальній фазі матриці продукту, зменшенням розміру кристалів крохмалю та гідролізом арабіноксиланів, пов'язаних із утворенням глютену

білків [69]. У пареному хлібному тісті з додаванням 15% пшеничних висівок суміш ксиланази, α -амілази та целюлази підвищила розтяжність тіста і ступінь розм'якшення, а також підвищення липкості тіста більше, ніж окремі ферменти [37]. Комбінація геміцелюлази та α -амілази збільшила питомий об'єм буханки хліба, виготовленого з додаванням 40% цільнозернового борошна (а також 100 мг аскорбінової кислоти, на основі борошна), ніж у хлібі з рафінованого пшеничного борошна, який використовувався як контроль [34]. Як і очікувалося, контрольний хліб із очищеного пшеничного борошна мав значно світліший колір м'якушки та скоринки, ніж хліб, виготовлений із 40% цільнозернового борошна. Хоча колір м'якушки не відрізнявся серед будь-якого хліба, виготовленого з додаванням цільнозернового борошна на 40%, колір скоринки був найтемнішим і найбільш коричневим для всіх зразків, виготовлених з додаванням ферментів (у комбінаціях, а також окремі ферменти), оскільки генеровані ферментами відновлюючі цукри сприяли більшому потемнінню за Майяром [34]. Подібний ефект спостерігався для замороженого пшеничного тіста, хліб якого набув значно темнішого кольору через додавання α -амілази та ксиланази [67]. Такі результати вказують на важливість оптимізації рівнів використання ферментів, як це було зроблено в дослідженні поверхні виробу цільнозернового хліба, в якому автори попередили, що питомий об'єм хліба зменшується при надмірних рівнях ферментів, особливо коли використовується занадто багато α -амілази [34].

1.8.2 Ксиланази та оксидоредуктази

При оцінці взаємодії між ксиланазами та ферментами, що каталізують окислювальне зшивання, ендоксиланаза сама по собі або в поєднанні з глюкозооксидазою або лакказою підвищила індекс клейковини пшеничного тіста [64]. Більше білка, який не екстрагується додецилсульфатом натрію, була наявність, коли ендоксиланазу додавали до рецептів хліба, що вказує на те, що арабіноксилани запобігали полімеризації пшеничної клейковини до їх

гідролізу [64]. Арабіноксилани викликають підвищену в'язкість тіста [29]; таким чином, їх гідроліз знижує в'язкість систем тіста з пшеничного борошна та підвищує рухливість білка [26]. Прімо-Мартін та ін. (2005) [64] порівняли вплив глюкозооксидази і ксиланази на два сорти пшеничного борошна різної міцності. Вони повідомили, що певний мінімальний рівень ксиланази був необхідний для подолання зниження розтяжності тіста після додавання глюкозооксидази. Коли арабіноксилани, гідролізовані ксиланазою, додавали до тіста разом із глюкозооксидазою у тому самому дослідженні, розтяжність зменшилася порівняно з контрольним тістом, але менше, ніж у разі додавання лише глюкозооксидази, і гідролізовані арабіноксилани не змінилися. Подібним чином додавання ферулової кислоти само по собі або ферулової кислоти в поєднанні з глюкозооксидазою не змінювало розтяжність тіста або стійкість до розтягування [64].

Синергічна дія між глюкозооксидазою і ферментами, що розкладають арабіноксилан, була описана як корекція ксиланази для перехресного зшивання арабіноксиланів через глюкозооксидазу, гідролізуючи їх на фрагменти, які (навіть у разі перехресного зшивання через дегідродиферуляти, які утворюються на пізніх стадіях реакції) досить забезпечують агрегацію білка глютену. Це покращує газоутримуючу здатність клейковини в тісті [64].

Ян та ін. (2021) [55] досліджували вплив булочок з ксиланазою та глюкозооксидазою, виготовлених із цільнозернового борошна, відновленого з крохмалю, клейковини та твердих речовин, попередньо оброблених ксиланазою, не екстрагованих водою. Виявлено, що при більш високих рівнях додавання глюкозооксидази ця комбінація ферментів значно підвищує рівень β -листків і зменшує кількість β -витків. Таке збільшення β -листків після додавання глюкозооксидази узгоджується з результатами інших досліджень і вказує на міцніше тісто з пшеничного борошна (Niu et al., 2018) [71]. Ефект зміцнення тіста також спостерігався в іншому дослідженні, коли додавали або глюкозооксидазу окремо або в поєднанні з ксиланазою [72]. Ці автори

порівняли ефекти тіста, що містить два рівні NaCl і виготовлене з двох різних сортів пшениці. Сама по собі ксиланаза збільшила розтяжність, а також липкість тіста, ефект, якому додані оксидоредуктази змогли протидіяти лише в тісті, виготовленому з одного з двох сортів. Дослідники [72] обговорили, як успішне включення оксидаз дозволило збільшити взаємодію білок-білок, тоді як збільшення липкості тіста через додавання ксиланази само по собі означало більше взаємодії білок-вода, відповідно до відомого впливу цих ферментів на білок вторинні структури.

1.9. Інші комбінації ензимів

Використання більш ніж одного ферменту може бути корисним для гідролізу клітинних стінок. Це було показано для ферментів, що діють на різні субстрати, наприклад, целюлози та арабіноксиланів [35], а також для ферментів, що діють на той самий субстрат, але в різних положеннях [73]. Точки розгалуження в арабіноксиланах є перешкодою для ксиланаз, і, таким чином, використання α -арабінофуранозидази в комбінації з ендоксилазазою призвело до значного збільшення питомих об'ємів буханки та розтяжності тіста порівняно з використанням тіста за відсутності ферменту або використання одного ферменту окремо [73]. У цьому дослідженні пшеничні висівки окремо інкубували з ферментами, що руйнують клітинну стінку, перед їх поєднанням з очищеним пшеничним борошном. Цей підхід також використовували [35], де комбінація ксиланази та целюлази призвела до збільшення обсягів хліба, виготовленого з борошна твердих сортів червоної пшениці. Вони виявили, що їх комбінація ферментів призвела до зниження вмісту нерозчинних харчових волокон, а також зниження твердості свіжого та збереженого хліба. Однак вони повідомили, що ця комбінація ферментів не була завжди ефективніша, ніж використання лише одного з двох

ферментів. Крім того, вони виявили, що обсяги не були збільшені для хліба, виготовленого з твердого білого хліба пшеничного борошна, порівняно з борошном для хліба з додаванням гідратованих висівок без ферментів. Цей результат міг бути наслідком внутрішніх відмінностей у складі харчових волокон двох видів борошна з твердих сортів пшениці. Наприклад, в іншій роботі (Mendis et al., 2013) [74] середній вміст загальних арабіноксиланів був вищим у борошні від твердої білої ярої пшениці, ніж від твердої червоної ярої пшениці, хоча існував широкий діапазон загального вмісту арабіноксилану серед генотипів тієї самої пшениці.

Фосфоліпаза в поєднанні з геміцелюлазою (в основному виявляє активність ксиланази) була ефективною для збільшення питомих об'ємів буханців цільнозернового хліба [52]. Однак збільшення об'єму також спостерігалось при додаванні геміцелюлази без фосфоліпази. Крім того, використання лише геміцелюлази або комбінації фосфоліпаза/геміцелюлаза в низьких кількостях призвело до зменшення втрати вологи під час випічки порівняно з контрольним хлібом без ферментів.

Комбінація трансглютамінази з протеазою та ліпазою покращила деякі параметри безглютенового хліба, в якому рисове борошно було частково замінено на борошно з кіноа [44]. Однак ці ефекти (наприклад, на конкретний об'єм хліба) залежали від рівня використання борошна з кіноа. Показано, що в пшеничному хлібі додана протеаза врівноважує ефект зшивання трансглютамінази, що саме по собі може призвести до надмірної полімеризації білка, таким чином спричиняючи втрату розтяжності тіста [39]. Комбінація цих двох ферментів призвела до збільшення питомих об'ємів буханки, а твердість хліба знизилася, також протягом тривалого зберігання.

У хлібі, виготовленому з борошна з твердих сортів пшениці, яке зазвичай має вищу твердість, ніж рафіноване борошно з червоної або білої пшениці, поєднання ліпази з мальтогенною α -амілазою уповільнює зміцнення м'якушки та краще зберігає жувальну здатність протягом тривалого часу зберігання порівняно з амілазою окремо [75]. Розумно

припустити, що цей синергетичний ефект зумовлюють продукти гідролізу обох ферментів, що утворюють крохмаль/ліпідні комплекси з більшою термічною стабільністю, ніж у відповідних комплексів, які утворюються, коли до такого тіста додається лише ліпаза [74].

1.10. Комбінація ензимів і аскорбінової кислоти

Дослідники [76] повідомили, що водопоглинання та стабільність хлібного тіста значно підвищувалися при використанні комбінації глюкозооксидази й аскорбінової кислоти, незалежно від концентрації глюкозооксидази. Комбінації глюкозооксидази плюс аскорбінова кислота також значно збільшила стійкість тіста до розтягування та зменшила його розтяжність. Вважається, що цей ефект зміцнення тіста можна пояснити утворення дисульфідів, що каталізується як глюкозооксидазою, так і аскорбіновою кислотою [76]. Інші вчені [76] оцінили комбіноване використання глюкозооксидази, аскорбінової кислоти та α -амілази в пшеничному хлібі та спостерігали синергічний вплив на деякі реологічні та текстурні властивості тіста. Вони повідомили, що сама по собі глюкозооксидаза не може повністю замінити аскорбінову кислоту, але на певних рівнях присутність глюкозооксидази призводить до зниження твердості м'якушки хліба, і комбінація цих двох окислювачів були рекомендовані для протидії потенційному ефекту послаблення тіста та його липкості, що спричиняється α -амілазою. М'якший хлібний м'якуш був інтерпретований ними як результат дії глюкозооксидази, що збільшує кількість арабіноксиланів [64]. На відміну від висновків [76], не було виявлено синергетичних ефектів між глюкозооксидазою та аскорбіновою кислотою в системах тіста для хліба зі зниженим вмістом натрію на основі борошна з твердої пшениці різної міцності. Ці автори припустили, що цей результат міг бути наслідком великої кількості аскорбінової кислоти, використаної в їх дослідженні (>2000 мг/% від загальної ваги борошна, тоді

як зазвичай використовується менше ≤ 200 мг/%), що могло спричинити швидке окислення та залишити мало сульфгідрильних груп, які доступні для окислення глюкозооксидазою. Однак, незважаючи на відсутність синергії, вони виявили, що глюкозооксидаза все ж покращує певні властивості тіста, наприклад, знижуючи липкість.

Цікаво, що в дослідженні, яке оцінювало комбінації трансглютамінази, ксиланази та аскорбінової кислоти в пшеничному хлібі, більш високі рівні трансглютамінази призвели до кращої сенсорної оцінки, незважаючи на зменшення об'єму хліба та підвищення твердості хліба [67]. Ці автори використовували аналіз головних компонентів, який припустив, що їхні результати, можливо, були пов'язані з оберненою залежністю між об'ємом хліба та вмістом вологи в хлібі, оскільки рівень води в тісті був постійний при всіх обробках ферментами.

Ксиланаза та аскорбінова кислота, якщо використовувати разом з лимонною кислотою виявляли певний синергетичний вплив на якість хліба, виготовленого з сортів спельти, що відрізняються міцністю борошна [78]. Ці автори повідомили, що додавання ксиланази позитивно вплинуло на обсяг буханки хліба, отриманий із слабшим сортом спельти. Таким чином, два сорти спельти отримали переваги від різних рівнів використання трьох поліпшувачів хліба та різних співвідношень між ними. Проте збільшення питомого об'єму буханки та пружності м'якушки хліба завдяки взаємодії ксиланази/аскорбінової кислоти були більш вираженими для сильнішого спельтового борошна, для якого приріст об'єму був у подібному діапазоні до тих збільшень об'єму, які спостерігали Dagdelen і Gocmen (2007) [76], коли вони комбінували використання глюкозооксидази та аскорбінової кислоти в пшеничному борошні.

Загальний висновок

Ферменти, які гідролізують (карбогідрази, ліпази, пептидази) або зшивають (трансглютаміназа та деякі оксидоредуктази) компоненти борошна, успішно використовуються в хлібі для покращення об'єму буханки, текстурних властивостей та терміну зберігання. Проте включення лише одного типу ферменту може бути недостатнім для досягнення бажаного результату, тоді як комбінація покращувачів може дозволити виробникам краще змінити реологію тіста та підвищити якість хлібобулочних виробів, таких як хліб.

Спостерігався синергічний вплив на реологію тіста та об'єм хліба ксиланаза, що використовується з окислювачами або зшиваючими агентами. Однак більшість таких робіт на сьогоднішній день зосереджено на пшениці, і, таким чином, залишається дослідити, як ширший асортимент борошна відповість на використання таких комбінацій. Параметри продукту, що вказують на черствіння хліба, покращуються шляхом використання комбінації ліпази та α -амілази, або амілаза разом з ксиланазою. Потрібна додаткова робота, щоб краще передбачити правильну комбінацію покращувачів хліба при оптимальних рівнях дозування, особливо в нетрадиційних системах продуктів, таких як ті, що використовують суміші пшеничного та іншого борошна. Комбінації поліпшувачів для тіста часто націлені на різні компоненти борошна, але необхідні додаткові дослідження, щоб з'ясувати, чому, наприклад, міцне та слабке пшеничне борошно часто впливають по-різному, і які молекулярні характеристики борошна найбільше впливають на результати продукту.

Краще розуміння того, як покращувачі хліба взаємодіють один з одним і з пшеничним (або іншим) компонентом борошна під час формування тіста та випікання хліба, може стати цінним керівництвом для світової промисловості хлібобулочних виробів у її зусиллях забезпечити споживачів якісним хлібом та супутніми продуктами, які задовольняють їх споживчі потреби.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основну частину експериментальної роботи проведено магістром у лабораторії «Технологій, аналізу та експертизи харчової продукції і води» кафедри ХБ ТНТУ ім. І. Пулюя. Деяку частину досліджень, яка передбачає використання обладнання відсутнього в університеті щодо методів визначення якості борошна й тіста та готових виробів було проведено в лабораторіях інших установ.

Здійсневши ґрунтовний аналітично-патентний огляд літературних праць щодо можливого використання порошку гарбуза, гуарової каміди та ензимів у технології пшеничного хліба нами було сформовану мету та декілька завдань. Зокрема мета цього магістерського дослідження полягала в наступному: розробити рецептуру з удосконаленням технології пшеничного хліба збагаченого есенціальними речовинами та стійкого до черствіння.

Об'єкт дослідження: пшеничне борошно, гарбузовий порошок, гуарова камідь, мікробна трансглютаміназа, технологія виробництва хліба пшеничного, якість хліба.

Предмет дослідження: технологічні параметри тіста й хліба з гарбузовим порошком та поліпшувачами за їх виробництва.

Методи дослідження: інформаційно-оглядові (збір інформації про хімічний склад борошна пшениці та гарбуза, роль поліпшувачів в технології хліба); фізико-технологічні (показники тіста й готового хліба з гарбузом й поліпшувачами); органолептичні (оцінка готових виробів), статистичні.

Умовно виконання усієї частини кваліфікаційної роботи нами було поділено на декілька етапів (рис. 2.1). Так, як бачимо, що кваліфікаційна робота мала цілісний підхід, який включав від застосування аналітично-теоретичних методів досліджень до експериментальних на всьому відрізку

технології виробництва зразків хліба з гарбузовим порошком та поліпшувачами.

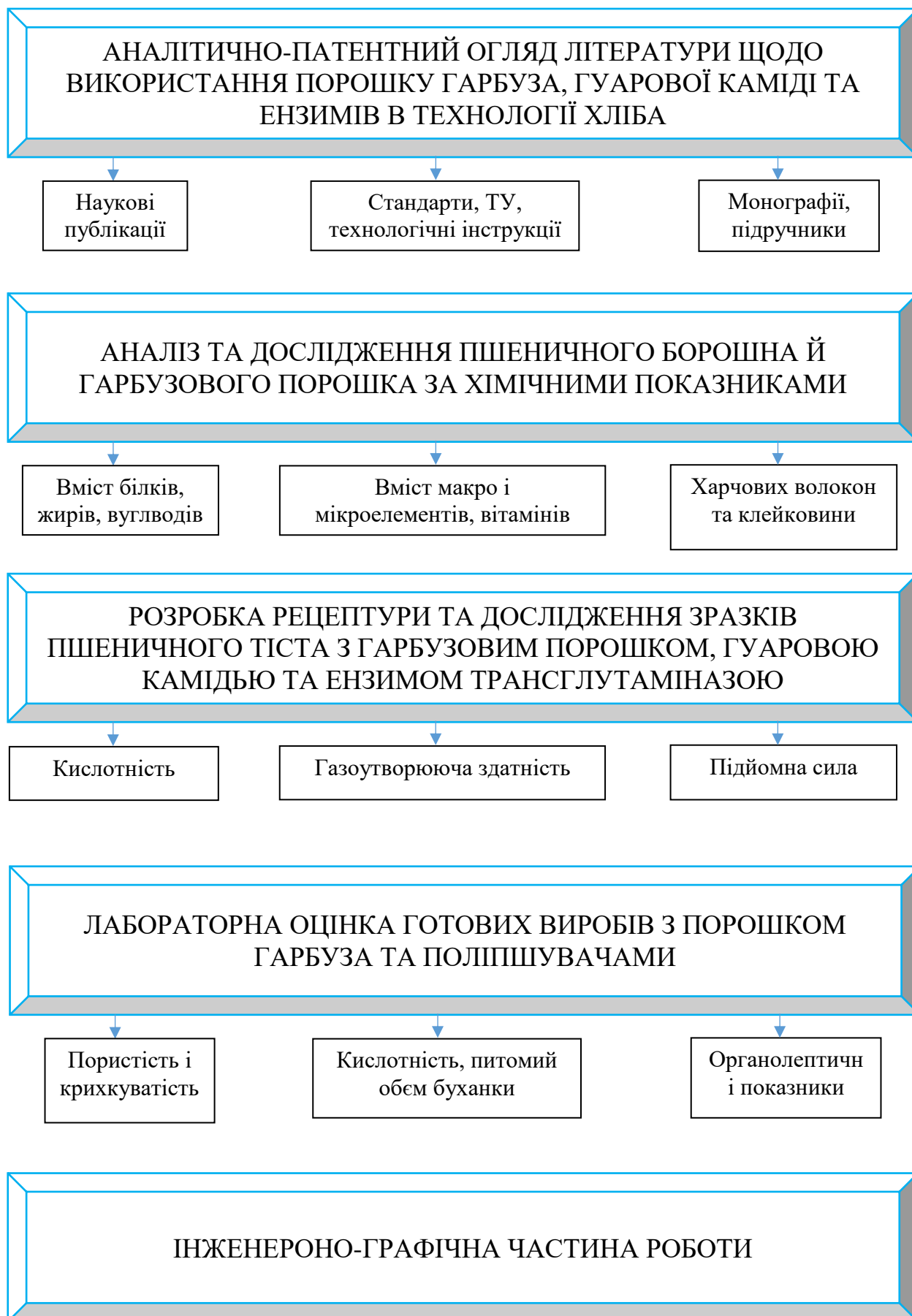


Рис. 2.1. Схема виконання роботи

У магістерській роботі для приготування дослідних зразків хліба використано борошно пшеничне вищого сорту, порошок гарбуза, гуарову камідь та ензим трансглютаміназа, які придбані в Україні. Розроблено дослідні зразки хліба з порошком гарбуза 4 %, гуаровою камідю 1 %, ензимом мікробна трансглютаміназа 10 мкг/кг борошна.

Методи дослідження, які були використані у кваліфікаційній роботі поділялися на: фізико-хімічні, органолептичні та статистичні. При цьому використовувалися загальноживані методики з лабораторних практикумів, довідників та наукових статей [82, 83, 84, 85, 86]. Фізико-технологічні властивості тіста й якість свіжовипеченого пшеничного хліба відповідно ДСТУ 7045:2009 [87].

Усі дослідження здійснювалися у трьох разовій повторюваності та піддавалися методам статистичної обробки на компютері з використанням програмного забезпечення Word Excel. Різницю між досліджуваними величинами приймали за вірогідною, коли $P \leq 0,05$.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Шляхи збагачення пшеничного борошна клітковиною та вплив поліпшувачів на якість виробів

Пшениця є найважливішою в усьому світі та найменш дорогою культурою, доступною для виробництва готової їжі з високим вмістом поживних речовин. За кількістю та різноманітністю продукції, виготовленої з пшениці, представлені традиційні, хлібобулочні, макаронні вироби та готові до вживання закуски.

Однак ці продукти багаті крохмалем, жиром і енергією, але позбавлені клітковини, оскільки ці продукти виготовляються з очищеного борошна/манної крупи. Низьке споживання клітковини в раціоні було пов'язане з проблемами серцево-судинної системи, ожирінням, діабетом, дивертикулярними захворюваннями та проблемами шлунково-кишкового тракту [80]. Для профілактики цих захворювань дієтологи рекомендують дієти з високим вмістом клітковини.

Поінформованість про харчування та освіта населення сприяють збільшенню попиту на продукти з високим вмістом клітковини. Вміст клітковини можна збільшити, використовуючи джерела з високим вмістом клітковини, такі як зернові висівки, лущиння бобових, фрукти та овочі. Дослідження щодо використання рослинної клітковини у пшеничному хлібі недостатні. Водночас, овочі є хорошим джерелом клітковини та містять значну кількість захисних поживних речовин, таких як вітаміни та мінерали, які допомагають запобігти різним захворюванням.

Останніми роками серед дослідників і технологів значно зріс інтерес до досліджень з розробки та оцінки функціональних харчових продуктів для цільової групи населення. Вчені досліджують ігноровані культури, які в іншому випадку є багатим джерелом фітохімічних речовин, що

представляють інтерес для людини для боротьби зі смертельними захворюваннями, такими як рак і серцево-судинні захворювання. Одним із таких овочів, який набуває все більшої популярності, є гарбуз, який за своїми технологічними та поживними характеристиками не поступається, а то й перевершує інші широко культивовані овочі й фрукти.

Гарбуз (*Cucurbita moschata*) є дешевшим овочем і хорошим джерелом β -каротину (попередник вітаміну А), клітковини та мінералів, і його включення вважається багатим матеріалом на β -каротин у раціоні людини, що є важливий економічно ефективний підхід до розв'язання проблем здоров'я, пов'язаних з вітаміном А [81].

Гуарова камедь є важливим джерелом розчинної харчової клітковини, яку застосовують у харчовій промисловості для збереження вологості продукту, м'якого мякуша, привабливого забарвлення, збільшення його об'єму та надання свіжості під час тривалого зберігання.

Застосування ензимів у хлібопекарській галузі, явище не нове, оскільки їх використання спрямоване на покращення якості виробів і можливості використання не завжди відповідної сировини за вмістом природніх поживних речовин. Одним із ензимів, які використовують у технології пшеничного хліба для покращення якості борошна є мікробна трансглютаміназа, роль, якої полягає у моделюванні структури клейковини пшеничного борошна та покращення бродільних властивостей тіста.

Моделювання в'язко-пружних властивостей клейковини в пшеничному тісті здійснюється за допомогою різноманітного борошна та крохмалю (наприклад, рисового, кукурудзяного, маніока та сої), а також можливо за допомогою додавання поліпшувачів: камеді, ензимів, соєвих білків та яєчного білка, органічних кислот.

Отже, покращувачі – це суміші харчових продуктів з добавками призначені для полегшення або спрощення виробництва випічки харчових продуктів, щоб компенсувати зміни властивостей під час обробки через коливання сировини та впливати на якість випічки. Оскільки в літературі

немає вичерпної інформації щодо ролі впливу вище наведених аспектів у технології пшеничного хліба. Тому завданням даного дослідження було дослідити можливості включення гарбузового порошку, гуарової камеді та ензиму трансглютамінази в пшеничне борошно. При цьому визначити вплив включення гарбузового порошку та гуарової камеді та ензиму на реологічні властивості пшеничного борошна, якість тіста та готового продукту за його зберігання.

3.2. Дослідження борошна та гарбузового порошка за хімічними показниками

Приступаючи до роботи у першій експериментальній частині нами було проаналізовано хімічні показники борошна пшениці, гарбуза та гуарової камеді, щоб зрозуміти наскільки важливо є збагачення пшеничного хліба інгредієнтами, які ми задумали. Оскільки пшеничне борошно у технології хліба являється основним компонентом то спершу було проаналізовано його хімічний склад. Адже саме хлібопекарські властивості борошна залежать від якості його основних показників.

Гарбуз споживають підготовленим різними способами, наприклад, свіжим або вареним, а також зберігаючи, заморожуючи чи консервуючи. Водночас необхідно відзначити, що свіжі овочі, той же гарбуз містить велику кількість води тому додавання його у технологію хліба необхідно за певної пробопідготовки. На нашу думку найкраще підходить спосіб збагачення пшеничного хліба даним овочем у вигляді висушеного порошку. На ринку України наявний порошок гарбуза від різних виробників та різного забарвлення від яскраво-жовтого до біло-сірого. Нами у дослід взято гарбузове насіння сірого кольору із золотистим відтінком.

Таким чином було досліджено пшеничне борошно від двох виробників вищого сорту та гарбузовий порошок. Результати дослідження проб борошна представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

**Показники хімічного складу якості борошна пшеничного
використаного в дослідженнях, $M \pm m$, $n=3$**

Показники	Борошно №1	Борошно №2
Вміст клейковини, %	24	25
Вологість, %	$11,4 \pm 0,2$	$10,8 \pm 0,2$
Вміст білка, %	$12,3 \pm 0,1$	$12,7 \pm 0,1$
Вміст жиру, %	$1,3 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,1$
Загальні харчові волокна, %	$10,2 \pm 0,1$	$10,4 \pm 0,1$
Вміст сирової клітковини, %	$1,2 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,1$
Вміст золи, %	$0,65 \pm 0,02$	$0,74 \pm 0,02$

Встановлено (табл. 3.1), що використане для дослідження борошно двох виробників за вмістом основних технологічних показників практично не відрізнялося між собою. Хача у борошні виробника №2 вміст клейковини був на 1 % більший, це є суттєво адже вона впливає на хлібопекарські властивості та якість виробів – хліба.

Основні показники хімічного складу гарбузового насіння за даними виробника і наших експериментальних визначень наступні представлено в табл. 3.2

Таблиця 3.2

**Показники хімічного складу порошка з гарбуза, який використано
в дослідженнях, $M \pm m$, $n=3$**

Показники	Порошок гарбуза
Вологість, %	$13,0 \pm 0,1$
Білка, %	$11,3 \pm 0,1$
Жиру, %	$2,6 \pm 0,1$
Загальні харчові волокна, %	$29,1 \pm 0,2$

Сира клітковина, %	17,5 ± 0,1
Зола, %	6,1 ± 0,1

Встановлено (табл. 3.2), що у гарбузовому порошоків виявляється значно більший вміст таких речовин, які необхідні для споживання людині та яких надзвичайно мало або взагалі відсутні у хлібі з пшеничного хліба вищого сорту як харчових волокон. Вміст харчових волоко у гарбузовому порошоків становив $29,1 \pm 0,2$ %, що в 2,9 раза більший вміст, проти пшеничного борошна. У порошоків з гарбуза кількість сирії клітковини становила $17,5 \pm 0,1$ %, а у борошні вищого гатунку з пшениці – $1,3 \pm 0,1$ %, тобто за вмістм клітковини гарбузовий порошок є значним джерелом, що буде доповнювати пшеничний хліб у даній речовині. За вмістом білку дві досліджувані сировини борошно й порошок гарбуза мали практично однаковий вміст, а за вмістом жиру порошок з гарбуза мав на 1 % більше.

Науковий інтерес також мала інформація щодо порівняння показників хімічного складу двох сировин, які надають біологічної цінності продукту і саме завдяки їм вмісту продукти можуть мати оздоровчі властивості. Дані даного аналізування наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Показники хімічного складу (біологічної цінності) порошоків з гарбуза та пшеничного борошна за даними досліджень [82]

Показники	Порошок гарбуза	Борошно пшеничне (вищий сорт)
Пектин, %	6,9	0
Загальний вміст вуглеводів	57,8	74,2
<i>Макроелементи, мг/100 г</i>		
Кальцій	45	18
Калій	482	122
Сірка	67	70

<i>Мікроелементи, мкг/100 г</i>		
Йод	592	1,5
Залізо	4634	1200
Марганець	168	570
Селен	41	6
Мідь	351	100
Цинк	1112	700
<i>Вітаміни, мг/100 г</i>		
Бета-каротин	19,1	0
РР	1,58	1,2
В2	0,28	0,08
В1	0,36	0,17

Встановлено (табл. 3.3), що вміст речовин, які характеризують біологічну цінність харчового продукту у гарбузовому порошку суттєво переважає, ніж вміст у пшеничному борошні. Зокрема, у порошку наявний близько 7 % полісахарид пектин, в борошні його немає. Такі макроелементи як Кальцій і Калій наявні у гарбузовому порошку в кількості 45 та 482 мг/100 г, що в 2,5 та 3,9 раза відповідно, більший вміст, ніж у пшеничному борошні вищого сорту. Тому додавання даного порошку буде суттєво збагачувати хліб у даних макроелементах.

Серед мікроелементів, особливо звертає увагу Йод, кількість якого в гарбузовому порошку становила 592 мкг/100 г, водночас у борошні кількість цього мікроелемента була мінімальною – 1,5 мкг/100 г. Тому вживання продуктів з гарбуза буде вважатися доброю профілактикою йододефіциту, що є актуальним у нашій державі. Заліза, також у порошку з гарбуза практично в 4 рази більше, ніж у борошні, а Селену в 7 разів. Багатий гарбузовий порошок і на Мідь та Цинк, вміст першого був в 3,5 раза, а другого в 1,5 раза більший за кількості в борошні. Один мікроелемент, який

був менший у гарбузовому порошку в 3,4 раза, порівнюючи з борошном – це Марганець.

Усі порвннювані вітаміни мали в декілька разів більший вміст у гарбузовому порошку проти борошна з пшениці. Проте особливо необхідно звернути на вміст бета-каротину кількість даного провітаміну становила 19,1 мг/100 г в порошку гарбуза, а в борошні його практично немає. Тому споживання гарбуза або порошку вважається надзвичайно актуальним для поповнення організму в даному провітаміні. Крім бета-каротину вітаміни В1, В2 та РР також аналізуються у більшій кількості у гарбузі, ніж в борошні.

Отже, результати щодо складу пшеничного борошна та гарбузового порошку показують, що гарбуз містить значну кількість поживних речовин, які вважаються есенціальними і вкрай необхідні для здорового харчування і функціонування організму. Про подібні результати, що складу гарбузового порошкй й пшеничного борошна повідомляли дослідники [82, 83]. Тому ми вважаємо, що гарбузовий порошок можна додати для збільшення клітковини, золи, кальцію, загальної кількості харчових волокон, жиру та β -каротину в харчових продуктах на основі пшеничного борошна.

Наступний харчовий інгредієнт, який ми плануємо додати в рецептуру хліба – гуарова камідь – це нова агрохімічна речовина, отримана з ендосперму стручкових бобів. Він широко використовується у формі порошку гуарової камеді як добавка в харчовій, фармацевтичній, паперовій, текстильній, промисловості. Промислове застосування гуарової камеді у хлібопекарській промисловості можливо завдяки її здатності утворювати водневі зв'язки з молекулою води, при цьому вироби з даним компонентом менше піддаються черствінню. До того ж гуарова камідь в основному використовується як загусник і стабілізатор. Також вживання гуарової каміді корисно для контролю багатьох проблем зі здоров'ям, таких як діабет, дефекація, хвороби серця та рак товстої кишки.

Для отримання якісного хліба необхідно щоб тісто було еластичне, розтягне, мало добру газоутримуючу здатність. Властивості такого тіста

пояснюються білками глютену, які гідратуються та розвиваються. Для забезпечення таких властивостей у борошно додають різні ензими, зокрема мікробіну трансглютаміназу (протеїн-глутамін-глутамілтрансфераза), яка каталізує реакції ацил-перенесення, вводячи ковалентні зшивки в білках. Між залишками лізину та залишками глутаміну утворюються поперечні зв'язки з утворенням зв'язку $(-Glu)-Lys$ без руйнування поживної якості залишку лізину. Додавання трансглютамінази до борошна сприяє збільшенню кількості білка, екстрагованого у фракції гліадину, як у тісті для хліба, так і різних хлібобулочних виробів.

3.3. Розроблення рецептури та дослідження зразків хліба пшеничного з гарбузовим порошком, гуаровою камідію та мікробною трансглютаміназою

Аналізуючи отримані експериментальні дані щодо хімічного складу борошна та порошка з гарбуза та результати наявні у літературних джерелах нами було розроблено декілька варіантів зразків з вище наведеними інгредієнтами. Результати схематично відображено на схемі.

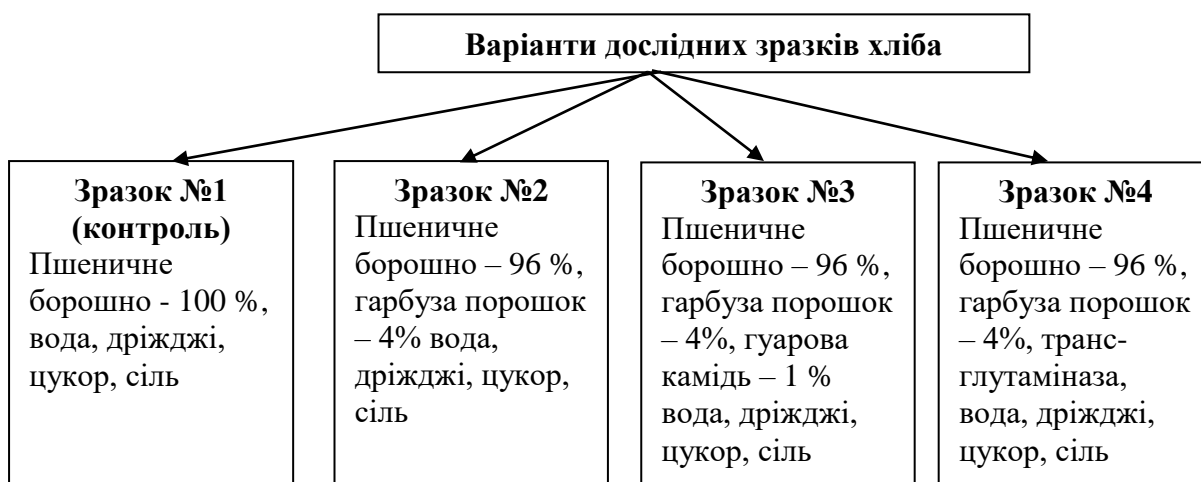


Рис. 3.1. Рецептурна схема дослідних зразків хліба з борошном пшеничним та гарбузовим порошком

Пропонується виготовити три дослідні зразки пшеничного хліба з вмістом гарбузового порошку 4 % - варіант зразку №2; з вмістом гарбузового порошку але у рецептуру додали гуарову камідь – 1,0 % - варіант зразку №3; до зразку №3 пропонується додати ензим мікробна трансглютаміназа 10 мкг/кг – варіант №4; перший зразок був як контрольний без додаткових інгредієнтів. Використовуючи рецептурний склад даних варіантів було приготовлено тісто, яке готували безопарним способом з вологістю приблизно 42 – 43 %.

Оскільки додані нами інгредієнти в технології пшеничного хліба мають вплив в основному на бродильні процеси, ми спостерігали саме за показниками, які свідчать про зміни в тісті. Зразки тіста подавалися оцінці відповідно до загальноновживаних методів. Так результати кислотності свіжоприготовленого тіста й на завершальному етапі бродіння наведено на рис. 3.2.

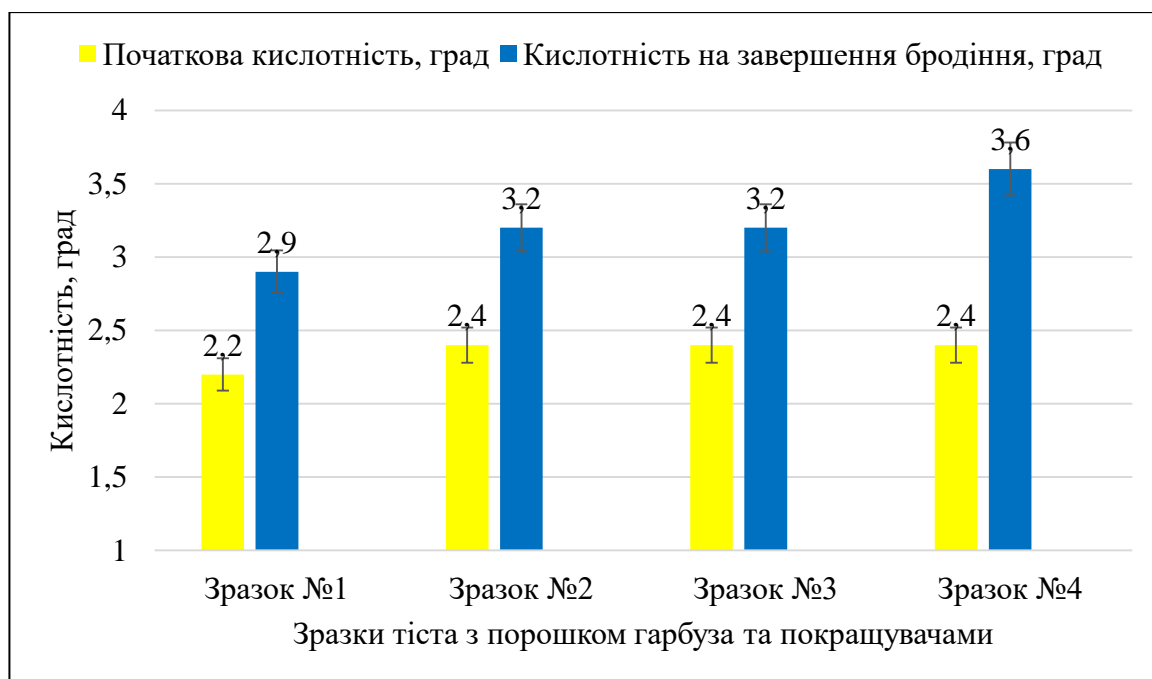


Рис. 3.2. Кислотність у тісті з гарбузовим порошком та поліпшувачами на початку та завершення бродіння

У контрольному зразку тіста (рис. 3.2) кислотність у свіжоприготовленому тісті виявилася найнижча (2,2 град) якщо порівнювати

з дослідними зразками (2,4 град). У процесі бродіння закономірно відбувалися біохімічні зміни, які призводили до зростання кислотності в ньому. Водночас спостерігаємо, що у контрольному тісті без добавок на завершальному етапі бродіння кислотність реєструвалася найнижча – $2,9 \pm 0,1$ град. Разом з тим у контрольних зразках №2 й №3 вона була більша на 0,3 град і становила 3,2 град. Це на нашу думку є свідченням того, що наявність порошку з гарбуза у рецептурі сприяє посиленню розвитку дріжджової мікробіоти та інтенсифікації біохімічних змін, які призводять до швидшого накопичення органічних кислот, які є продуктами бродіння. До того ж можна відзначити, що у зразку №3 крім доданого нами порошку гарбуза наявна в рецептурі гуарова камідь, проте у цьому тісті кислотність не відрізнялася від зразка тіста №2 без каміді. Це вказує, що камідь не впливає на активність мікробіоти, а очевидно й на біохімічні процеси, які призводять до збільшення кислотності.

Найвищу кислотність дослідного тіста на завершальному етапі бродіння нами виявлено у зразку №4 у склад якого крім доданого порошку гарбуза, гуарової каміді ще нами введено мікробну трансглютаміназу для збільшення азотистих речовин у хлібі. У даному тісті (№4) кислотність на завершальній бродіння складала – $3,6 \pm 0,1$ град, така величина на 0,7 град більша, проти тіста в контролі, та на 0,4 град проти тіста в зразках під №2 й №3. Такі зміни в даному тісті очевидно вказують на роль мікробної трансглютамінази у ферментативних процесах з розчеплення білка борошна до пептидів, які краще засвоюються мікрофлорою, що в кінцевому значенні сприяє посиленню біохімічних змін і кислотності тіста.

З кислотністю тіста тісно взаємопов'язаний такий етап, як його готовність до подальших технологічних процесів, тобто за величиною кислотності визначають його готовність. На рис. 3.3 відображено готовність виробу до використання за величиною кислотності.

Виявлено, що найдовший технологічний процес виробництва пшеничного хліба буде за використання у тісті лише самого пшеничного

борошна (рис. 3.3), в цьому разі процес бродіння триватиме, в середньому 175 хв. При тім у зразках тіста №2 та №3, які містии гарбузовий порошок процес бродіння становив 135 й 130 хв, відповідно, це на 40 – 45 хв менший час бродіння, ніж у тісті-контролі без порошка гарбуза. Найменший час бродіння було виявлено у зразку тіста №4, яке додатково містило мікробний фермент, таке тісто було готове через 120 хв бродіння, що практично на 55 хв коротший час, ніж у контролі та на 15 й 10 хв, ніж у тісті під №2 й №3.

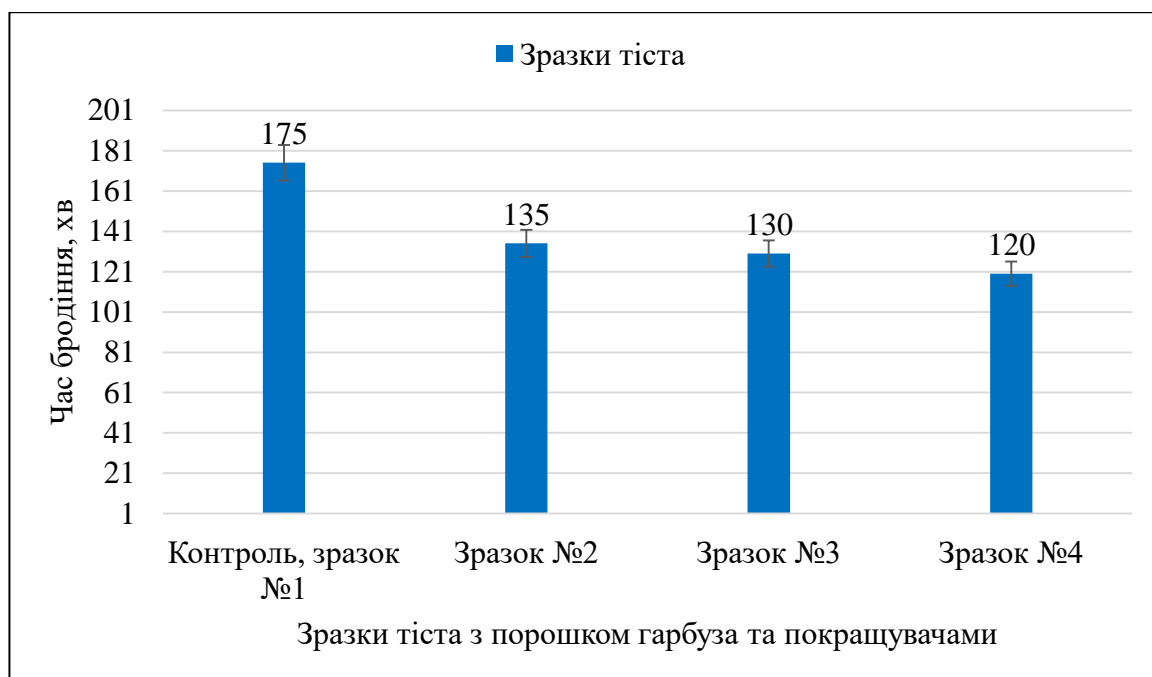


Рис. 3.3. Тривалість бродіння тіста з гарбузовим порошком та поліпшувачами

Отже, підсумовуючи бачимо, що додавання у тісто таких інгредієнтів як порошок гарбуза та мікробної трансглютамінази позитивно впливає на скорочення процесу бродіння (40 й 55 хв), разом з тим гуарова камідь у такому рецептурному складі не впливала вірогідно на даний показник.

Газоутворююча здатність тіста на завершення його бродіння вважається показником, який впливає на питомий об'єм буханки готового виробу. Разом з тим газоутворення є наслідком бродильних процесів у тісті під час якого виділяється вуглекислий газ. Результати змін у зразках тіста

величини газоутворення з порошком гарбуза, гуаровою камідю та мікробним ензимом наведено на рис.3.4.

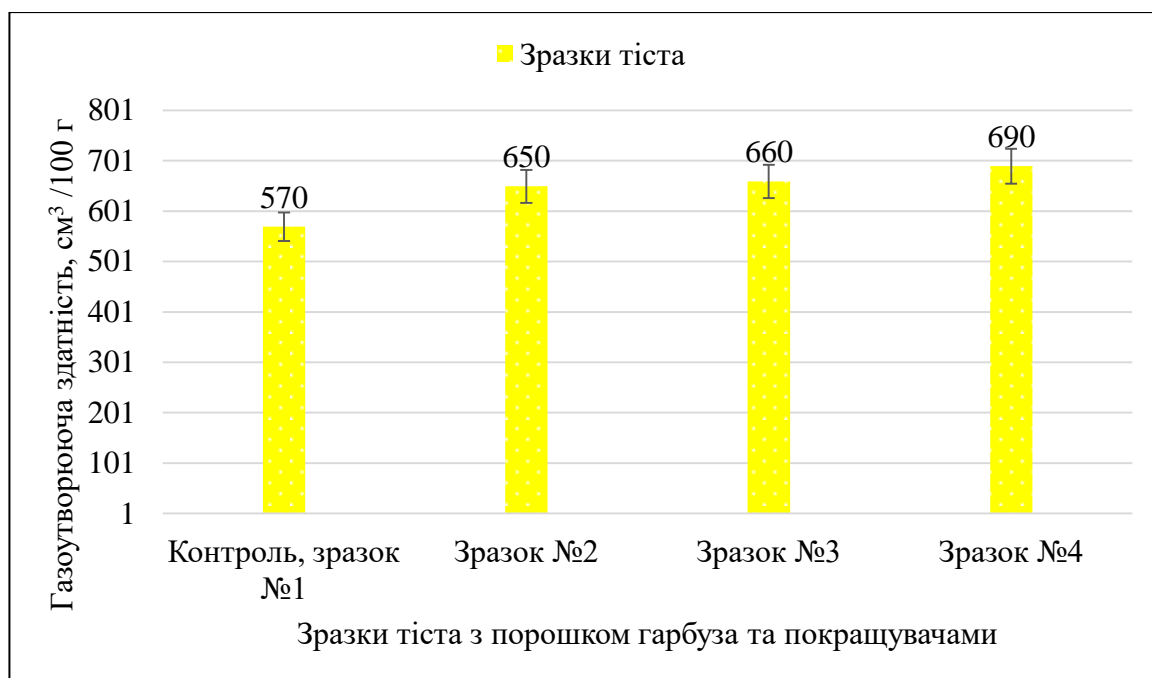


Рис. 3.4. Газоутворювальна здатність у тісті з гарбузовим порошком та поліпшувачами на завершення бродіння

Як і в попередніх дослідях, які характеризують якість тіста, найнижча величина продукування вуглекислого газу спостерігали у тісті пшеничному без будь яких добавок, вона становила 570 ± 5 см³/100 г (рис. 3.4). Збагачення тіста порошком гарбуза (зразок №2) зумовило зростання процесів виділення вуглекислого газу, що забезпечило газоутворюючу здатність на рівні 650 ± 5 см³/100 г, тобто на 80 см³/100 г більше виділяється вуглекислого газу, ніж у контролі. Додавання у борошно окрім порошка гарбуза ще й гуарової каміді (зразок №3) не значно сприяло збільшенню газоутворюючої здатності, так як вона становила 660 см³/100 г, що на 30 см³/100 г більше, проти зразка №3 та см³/100 г 120 більше, ніж у зразку №2 та на 90 см³/100 г, ніж у контролі.

У зразку тіста, який ще додатково містив мікробний ензим трансглютаміназу газоутворююча здатність була найвища серед усіх зразків тіста – 690 ± 5 см³/100 г, що на 10 см³/100 г більше виділеного вуглекислого газу, ніж у зразку №3 та на 120 см³/100 г, проти тіста в контролі. Це дає

можливість стверджувати, що даний ензим позитивно впливає на процеси газоутворення під час бродіння тіста. Схожу тенденцію до підвищення газоутворюючої здатності та зниження часу бродіння тіста за додавання у нього порошка з гарбуза відмічали дослідники [82], у їхніх дослідженнях за вмісту гарбузового порошка 7 % але без гуарової каміді, газоутворююча здатність була на $130 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ більша, проти контролю. У дослідженнях [83] було виявлено, що при підвищенні рівня гуарової камеді (0,5, 1,0 і 1,5 %) у пшеничному борошні з додаванням гарбузового порошку (5, 10 і 15 %) може підвищуватися водопоглинання або не будуть відбуватися жодні зміни зі збільшенням рівня гуарової камеді. Це тому, що гуарова камедь є гідроколоїдом, який утримує більше води, що призвело до в'язкості тіста з борошна.

Отже, в загальному відмічаємо, що мікробіологічні й біохімічні зміни в пшеничному тісті з порошком гарбуза та мікробною трансглютаміназою супроводжують інтенсивніше кислотоутворення, газоутворення, що в кінцевому етапі призводить до скорочення його виброджування.

3.4. Лабораторна оцінка зразків пшеничного хліба з гарбузовим порошком, гуаровою камідью та ензимом

На наступному етапі експериментальних досліджень з розроблених нами рецептурних зразків тіста було проведено їх випікання за температури $210 - 240 \text{ }^\circ\text{C}$ протягом 40 хв та здійснено лабораторну оцінку за показниками, які характеризують якість свіжого хліба та його черствіння під час зберігання (схема виробництва наведена на рис. 3.5).

Аналізуючи дану блок схему видно, що додавання гарбузово порошку та поліпшувачів для хліба нами проводиться під час змішування тіста та додавання борошна пшеничного. Тобто суттєво не порушується традиційна технологія, а це в подальшому не передбачить закупівлю додаткового обладнання під час проєктування цеху на виробництво даного виду хліба підвищеної біологічної цінності.

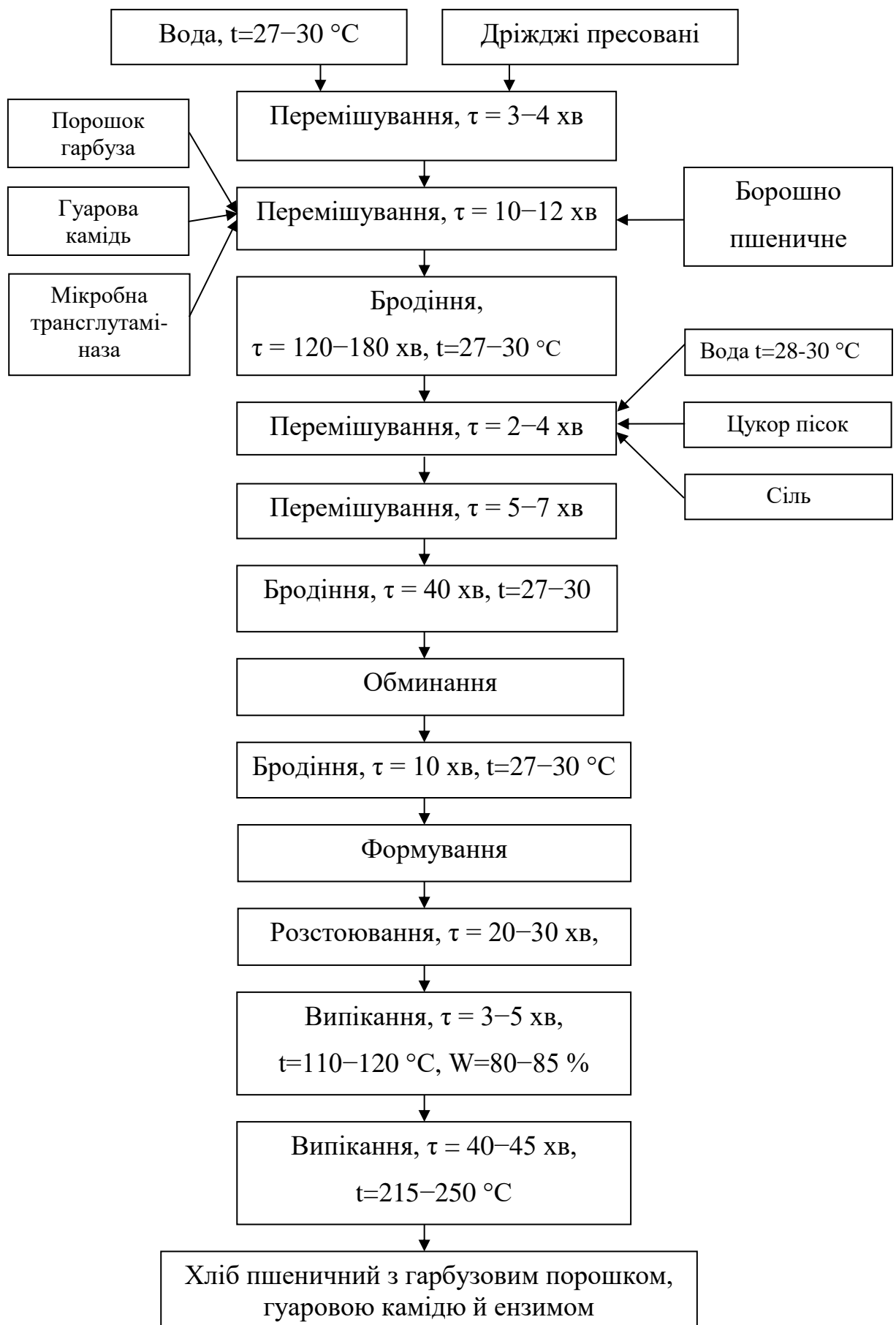


Рис. 3.5. Технологія хліба пшеничного з гарбузовим порошком та поліпшувачем

Свіжовипечені зразки хліба було оцінено за наступними показниками: питомий об'єм буханки, кислотність виробу, пористість, крихкуватість та органолептичними. Дослідження з вимірювання питомого об'єму наведено на рис. 3.6.

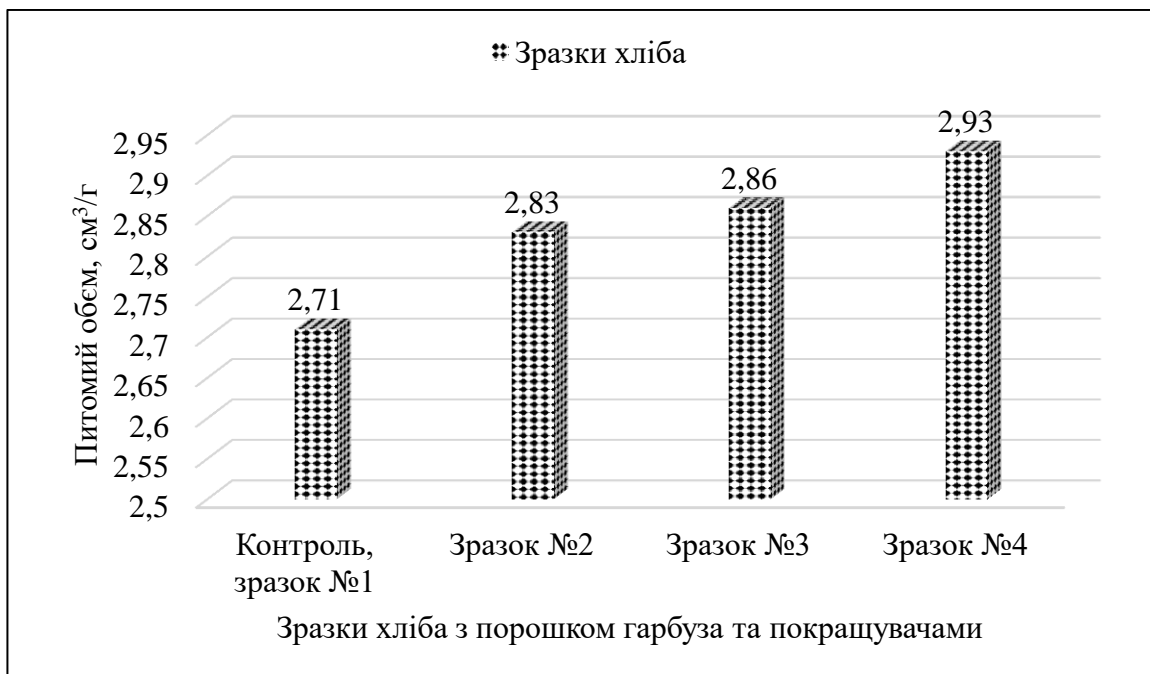


Рис. 3.6. Питомий об'єм хліба з гарбузовим порошком та поліпшувачами

Вимірювання об'єму буханки готових виробів відноситься до показника, що впливає на споживчі властивості та привабливість для покупців. Споживачі частіше будуть вибирати буханки хліба, які мають більший об'єм, порівняно з хлібом аналогічним але меншого об'єму. Експериментальні дані (рис.3.6) встановили, що додані нами інгредієнти мали вплив на питомий об'єм готового виробу. Оскільки, найменший об'єм хліба був у контрольному зразку (№1) – $2,71 \pm 0,2$ см³/г, буханки хліба (зразок №2), які крім пшеничного борошна містили порошок гарбуза 4 % були на $0,12$ см³/г більшими, проти хліба без гарбуза. Водночас додавання до борошна гарбуза 4 % й гуарової каміди 1 % (зразок №3) значно не вплинуло на збільшення об'єму буханки хліба, оскільки питомий об'єм був $2,86 \pm 0,2$ см³/г, проти $2,83 \pm 0,2$ см³/г у зразку №2. Найбільший вплив мав на питомий

об'єм буханки хліба одночасне додавання у борошно під час замісу гарбузового порошку, гуарової каміди та ензиму трансглютамінази (зразок №4). У якому реєстрували збільшення питомого об'єму на $0,22 \text{ см}^3/\text{г}$, порівнюючи з контрольною буханкою хліба та на $0,10 \text{ см}^3/\text{г}$, проти буханки зразку №2 який містив гарбузовий порошок.

Отже, рецептурний склад зразка хліба №4, який містить пшеничне борошно, порошок з гарбуза, гуарову камідь та ензим трансглютаміназу проявляє позитивну кореляцію на збільшення об'єму буханки хліба, що покращує його споживчі властивості.

Оцінка кислотності свіжоспечених приготовлених виробів також має значення для характеристики хліба, так як хліб пшеничний з вищою кислотністю менш піддається псуванню мікроорганізмами спороутворюючої групи, результати показно на рис.3.7.

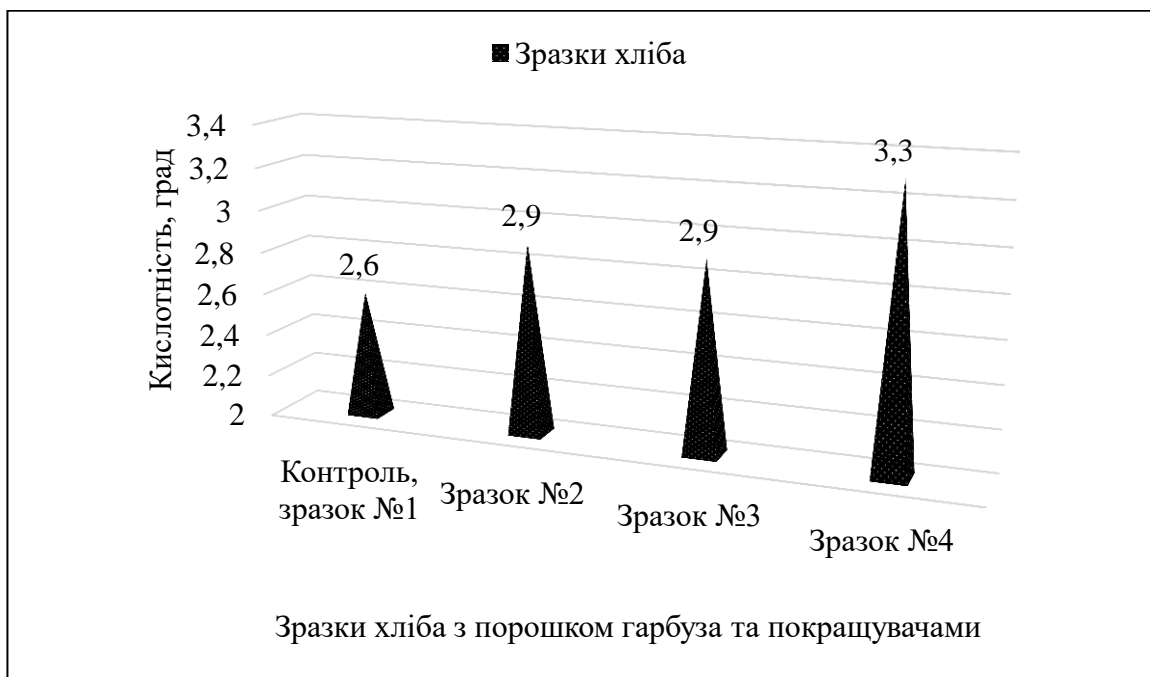


Рис. 3.7. Кислотність хліба з гарбузовим порошком та поліпшувачами

Виявлено (рис. 3.7), що кислотність готового хліба мала аналогічну тенденцію зростання, як і в тісті. Тобто зразки з додаванням до пшеничного борошна порошка з гарбуза та гуарової каміди (№2 й №3) відзначалися в

середньому на 0,3 град більшою кислотністю, ніж у хлібі без добавок. Проте найсуттєвіша різниця щодо кислотності хліба була у зразку №4 з вмістом порошка з гарбуза, гуарової каміди та трансглютаміназою. У цьому зразку кислотність була $3,3 \pm 0,1$ град, що на 0,7 град більша, при порівнянні з хлібом пшеничним без добавок.

Отже, кислотність свіжоспеченого хліба значно залежала від доданих інгредієнтів, що очевидно буде мати вплив на триваліший термін зберігання цих виробів без псування.

Нами було визначено величину пористості, адже цей показник описує розпушуваність мякушки і є результатом бродильних дій в тісті (рис.3.8).

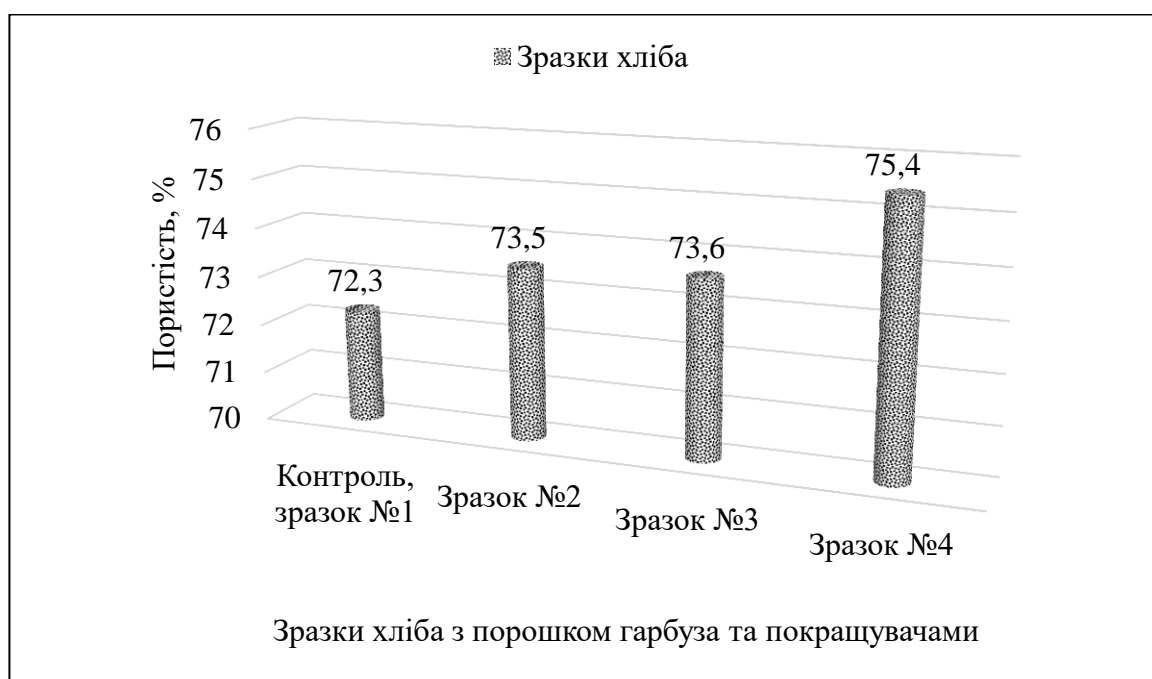


Рис. 3.8. Пористість хліба з гарбузовим порошком та поліпшувачами

Встановлено (рис.3.8), що зразки хліба з доданими нами інгредієнтами показували кращі значення щодо величини пористості, порівнюючи зі зразком №1 (контроль). Зокрема, хліб з порошком гарбуза й гуаровою камідю (зразки №2 й №3) мали величину пористості 73,5 – 73,6 %, проти $72,3 \pm 0,2$ % у хлібі без вище згадуваних добавок. Водночас, найвищий цей показник був у зразку з додатковим вмістом мікробної трансглютамінази – $75,4 \pm 0,2$ % тобто на 0,8

% більший за значення у зразках під №2 й №3 та на 3,1 % більше проти хліба без додаткових інгредієнтів.

Отже, пористість вища у хлібі з гарбузовим порошком, гуаровою камією й мікробною трансглютаміназою, що очевидно пов'язано з тим, що додавання гуарової камеді та мікробного ензиму призвело до вищої стабільності під час процесу змішування й ферментативної активності в тісті. Адже згідно даних [84] додавання гуарової камеді і трансглютамінази покращує формовання білкової мережі борошна, зокрема структури клейковини, а, отже, текстура тіста була покращена. Ці дослідники вказують, що одавання 10 мкг^{-1} трансглютамінази мало найвищий позитивний вплив на вихід тіста, що збільшило вихід хліба та збереження вологи в хлібі після процесу випікання.

Розроблені рецептури хліба з гарбузовим порошком, гуаровою камією й трансглютаміназою також впливали на показники, які визначають свіжість хліба, тобто його крихкуватість (рис. 3.9).

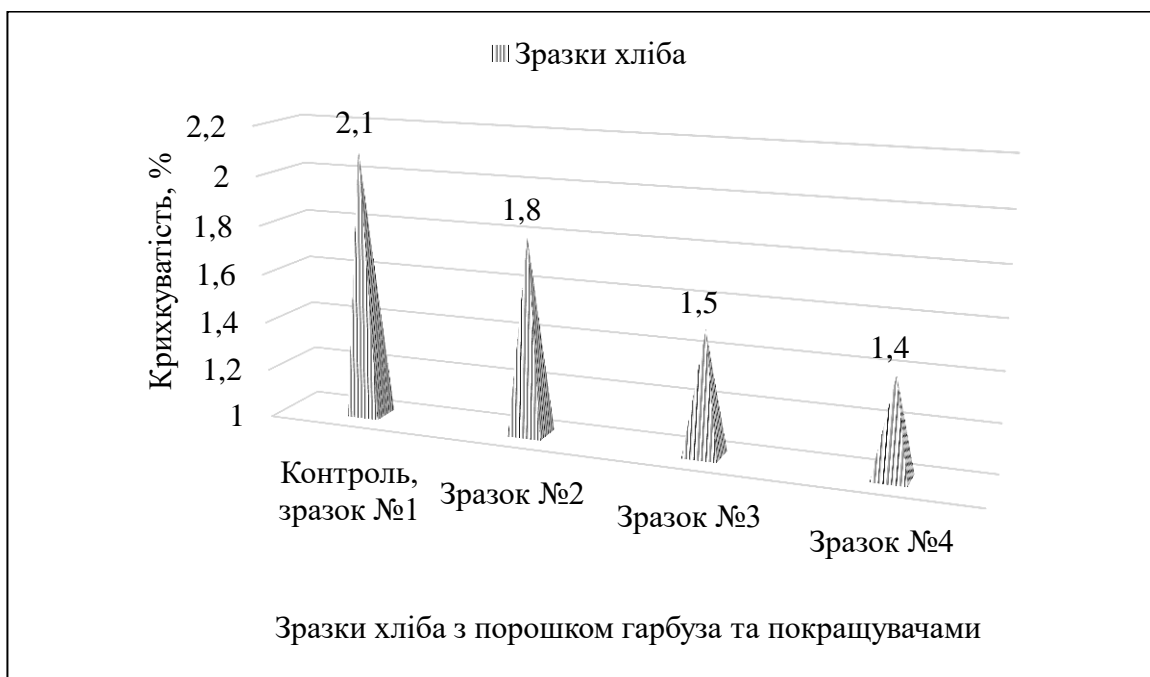


Рис. 3.9. Крихкуватість хліба з гарбузовим порошком та поліпшувачами

Відмічається зниження показника крихкуватість свіжовипеченого хліба у дослідних зразках (рис. 3.9), так найбільше кришився хліб у контролі (крихкуватість $2,1 \pm 0,1$ %), у зразку №2 крихкуватість вже становила $1,8 \pm 0,1$ %. У третьому зразку з гарбузовим порошком й гуаровою камідю крихкуватість була $1,5 \pm 0,1$ %, що на 0,6 % менша крихкуватість за хліб без добавок й на 0,3 % при додаванні до борошна тільки порошка гарбуза. У рецептурі хліба, в якій крім додавання гарбузового порошку, гуарової каміді, ще ввели ензим трансглютаміназа показник крихкуватість виявився найменший $1,4 \pm 0,1$ %. Такі результати узгоджуються з даним вчених [84], які досліджували вплив гуарової камеді (20 і 30 г/кг) у поєднанні з мікробною трансглютаміназою (0,1 і 10 од/г) на показники якості безглютенового хліба на основі рисового борошна. Додавання гуарової камеді значно збільшило питомий об'єм, що призвело до зниження твердості м'якушки в день випічки порівняно з контролем ($P < 0,05$).

Отже, гуарова камідь і трансглютаміназа у пшеничному хлібі сприяють зменшенні його крихкуватості.

3.5. Оцінка готового хліба за органолептичними показниками та під час зберігання

Нами також було вивчено вплив зберігання на показники черствіння й органолептичні властивості у розробленому нами хлібі зі запропонованими компонентами.

Таблиця 3.4

Органолептичні властивості хліба з порошком гарбуза та поліпшувачами

Показники	Контроль, №1	Зразки хліба		
		№2	№3	№4
Стан поверхні та	Поверхня без підривів й	Поверхня без підривів й	Поверхня без підривів й	Поверхня без підривів й

колір	тріщин, а колір золотистий	тріщин, золотисто- жовтий	тріщин, золотисто- жовтий	тріщин, золотисто- жовтий
Забарвлення мякушки	Біло-сіра	Сіро-жовта	Сіро-жовта	Сіро-жовта
Структура мякушки	Рівномірнa й тонкостінна	Товстіша й рівномірнa	Товстіша й рівномірнa	Рівномірнa й тонкостінна
Смак і аромат	Характерний для цього виробу	З ледь відчутним ароматом гарбуза	З ледь відчутним ароматом гарбуза	З ледь відчутним ароматом гарбуза

Виявлено (табл. 3.4), що основна органолептична особливість хліба з порошком гарбуза, гуаровою камією та ензимом трансглютаміназою є те, що ці зразки мають світло-жовтіше забарвлення мякушки з ледь відчутним ароматом гарбуза. До того ж зразки під номером №2 й №3 мали товстішу стінку мякушки, що очевидно є наслідком додавання порошку гарбуза. Проте у зразку №4 мякушка була рівномірнa й тонкостінна, як наслідок діяльності ензиму трансглютамінази, яка діє на структуру клейковини.

Отже, за результатами органолептики найоптимальніший вважається зразок хліба №4 з гарбузовим порошком, гуаровою камією та ензимом трансглютаміназою.

Дослідження впливу зберігання на величину черствіння хліба за показником крихкуватість наведено на рис. 3.10.

З рис. 3.10 спостерігаються загальні зміни, які характерні для хліба під час його зберігання, зокрема підвищення кількості крихт, внаслідок втрачання вологості. Водночас бачимо різницю щодо крихкості між зразками виробів, так найбільше кришився хліб у контролі без добавок, а найменше зразок №4 з додаванням гарбузового порошку, гуарової каміди та ензимом трансглютаміназа. Зокрема у хлібі зразка №4 кількість крихт була в 1,8 раза

менша через 96 год зберігання, ніж у контролі – хлібі без добавок. Також ми спостерігаємо кореляційний зв'язок між зменшенням крихт у хлібі під час зберігання і додавання гуарової каміди. Так у зразку №3 й №4 кількість крихт була в 1,4 – 1,5 раза менша, ніж у зразку №2, який містить гарбузовий порошок, але без каміди і ензиму. Це очевидно вказує на здатність гуарової каміди утримувати вологість у борошняному продукті й тим самим знизити час черствіння. Такі результати узгоджуються з даними інших дослідників [83, 84], які вказують, що включення гуарової каміди в технологію борошномельних продуктів буде сприяти більшому утримуванні вологи під час зберігання.

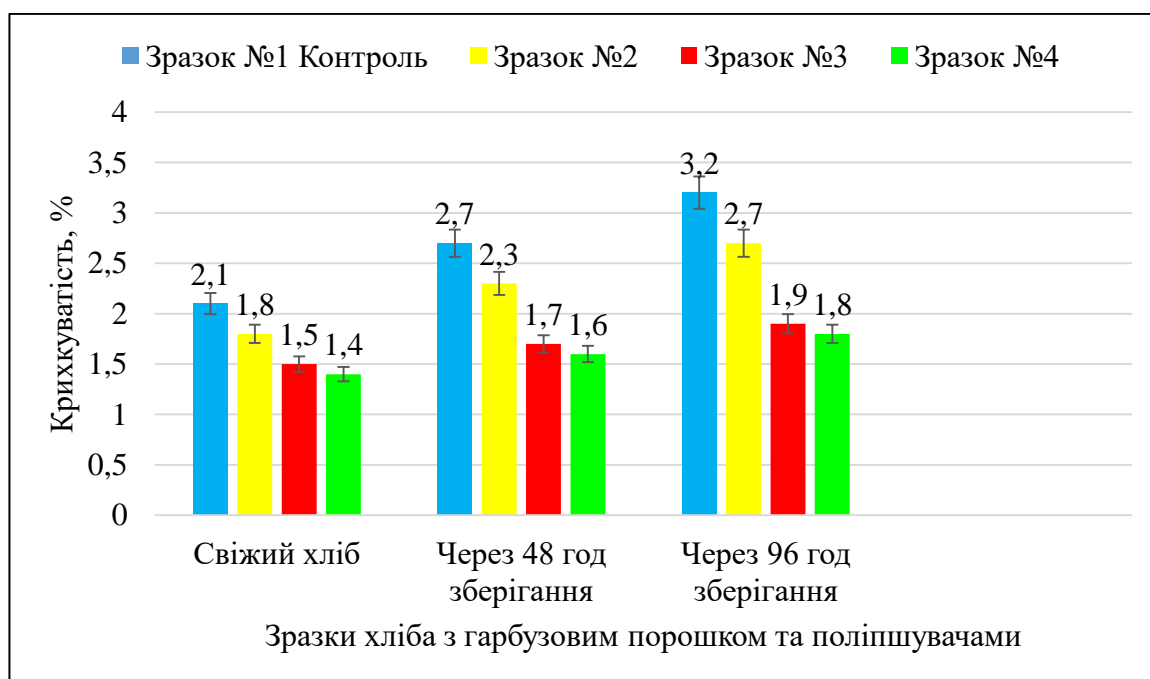


Рис. 3.10. Крихкуватість хліба з гарбузовим порошком й поліпшувачами за зберігання

У загальному підсумку відмічаємо, що зразок хліба №4 у склад якого входить борошно пшеничне вищого сорту, порошок з гарбуза, гуарова камідь та ензим мікробна трансглютаміназа. Такий склад дозволить підвищити біологічну цінність продукту завдяки гарбузовому порошку, а гуарова камідь та трансглютаміназа дозволять довше зберігати хліб без видимих ознак черствіння. Проектування типового технологічного проекту цеху з

виробництва хліба пшеничного із запропонованими інгредієнтами наведено в додатку Б. Даний проєкт цеху не передбачає використання значної кількості додаткового обладнання.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Проаналізовано та виявлено, що гарбузовий порошок можна додати до хлібобулочних виробів для збільшення в них клітковини, золи, та есенціальних речовин: йоду, кальцію, калію загальної кількості харчових волокон, жиру, вітамінів групи В та β -каротину.

2. Розроблено дослідні зразки пшеничного хліба з вмістом гарбузового порошку 4 % - варіант зразку №2; з вмістом гарбузового порошку й гуарової каміди – 1,0 % - зразок №3; з вмістом гарбузового порошку, гуарової каміди та ензимом мікробна трансглутаміназа 10 мкг/кг – варіант №4.

3. Найменший час бродіння було виявлено у зразку тіста №4, яке додатково містило мікробний ензим, таке тісто було готове через 120 хв бродіння, що практично на 55 хв коротший час, ніж у контролі та на 15 й 10 хв, ніж у тісті під №2 й №3. Додавання у тісто таких інгредієнтів як порошок гарбуза та мікробної трансглутамінази позитивно впливає на скорочення процесу бродіння (40 й 55 хв), разом з тим гуарова камідь у такому рецептурному складі не впливала вірогідно на даний показник.

4. Найбільший вплив на питомий об'єм буханки хліба має одночасне додавання у борошно під час замісу гарбузового порошку, гуарової каміди та ензиму трансглутамінази (зразок №4). У якому реєстрували збільшення питомого об'єму на 0,22 см³/г, порівнюючи з контрольною буханкою хліба та на 0,10 см³/г, проти буханки зразку №2 який містив гарбузовий порошок.

4. Зразки хліба під номером №2 й №3 мали товстішу стінку мякушки, що очевидно є наслідком додавання порошку гарбуза. Проте у зразку №4 мякушка була рівномірною й тонкостінною, як наслідок діяльності ензиму трансглутамінази, яка діє на структуру клейковини. У хлібі зразка №4 кількість крихт була в 1,8 рази менша через 96 год зберігання, ніж у контролі, що вказує на його вищу стійкість до черствіння.

5. Запропоновано хліб подовженого терміну зберігання та підвищеної біологічної цінності, який містить пшеничне борошно вищого сорту, гарбузовий порошок, гуарову камідь та мікробну трансглютаміназу.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

4.1.1. Аналіз травм і травматизму на підприємствах харчової промисловості

З метою профілактики травматизму і захворювань, на основі аналізу стану мов і безпеки праці розробляються короткострокові і довгострокові комплекси заходів, що мають на меті покращення умов праці, скорочення травматизму і професійних захворювань [89, 90].

Травма (грец. *trauma* – рана, пошкодження) – це раптове порушення анатомічної цілісності організму або його функцій через короткочасну дію будь-якого зовнішнього чинника внаслідок чого настає тимчасова або постійна втрата працездатності.

Небезпечний виробничий чинник – виробничий фактор, дія якого на працюючого у визначених умовах призводить до травми та іншого раптового різкого погіршення здоров'я.

Виробнича травма – це травма, одержана працівником на виробництві внаслідок порушення вимог охорони праці.

Захворювання – це порушення нормальної життєдіяльності організму, зумовлене функціональними та/або морфологічними змінами.

Шкідливий виробничий чинник – виробничий фактор, дія якого на працюючого за певних умов призводить до захворювання чи зниження працездатності.

Професійне захворювання – захворювання, яке розвивається в результаті тривалого впливу на працюючого специфічних, для даної роботи, шкідливих виробничих чинників і поза контактом з ними виникнути не може.

Виробничо зумовлене захворювання – захворювання, перебіг якого ускладнюється умовами праці, а частота якого перевищує частоту його у

працівників, які не зазнають впливу певних професійних шкідливих факторів.

Метою дослідження виробничого травматизму і захворюваності є визначення причин, які їх викликають з наступною розробкою заходів для покращення умов і безпеки праці, які б зменшували ризики непрацездатності на підприємстві. Для цього необхідно систематично аналізувати і узагальнювати їх причини. Аналіз причин травматизму і захворюваності на виробництві дозволяє виділити наступні 4 групи:

- *організаційні*: порушення законодавчих актів з охорони праці, вимог інструкцій, правил і норм, відсутність або неякісне проведення інструктажу і навчання, невиконання заходів щодо охорони праці, невідповідність норм санітарно-гігієнічних факторів, несвоєчасний ремонт або заміна несправного і застарілого обладнання.

- *технічні*: невідповідність вимогам безпеки або несправність виробничого обладнання, інструменту та засобів захисту; конструктивні недоліки обладнання.

- *психофізіологічні*: помилкові дії працівника внаслідок втоми, надмірної важкості і напруженості роботи, монотонності праці, хворобливого стану, необережності.

- *санітарно-гігієнічні*: надмірні рівні шуму, вібрації; несприятливі метеорологічні умови; підвищений вміст у повітрі робочих зон шкідливих речовин; наявність різних випромінювань вище допустимих значень; недостатнє або нераціональне освітлення; порушення правил особистої гігієни [89, 90].

Для дослідження виробничого травматизму і захворюваності використовують наступні методи: статистичний, монографічний, топографічний, економічний, експертних оцінок тощо [89].

Статистичний метод базується на аналізі статистичного матеріалу, який накопичений на підприємстві за певний проміжок часу.

Дані для цього аналізу містяться в актах розслідування нещасних випадків на виробництві за формою Н-1, Н-5, П-4, П-5, у звітах за формою 7-ТНВ, 1-ПВ, листках тимчасової непрацездатності (ЛТН). Цей метод дозволяє всі нещасні випадки і причини травматизму групувати по статі, віку, професії, стажу роботи потерпілих, часу, місцю, типу нещасних випадків, характеру отриманих травм, виду обладнання [89].

Цей метод дозволяє визначити динаміку травматизму і виявити закономірності його зростання чи зниження. На практиці вивчення динаміки таких показників і використовується у більшості випадків. За його допомогою можна встановити найбільш поширені види травм по окремих підрозділах, визначити причини, які спричиняють найбільшу кількість нещасних випадків, виявити небезпечні місця, розробити і провести необхідні організаційно-технічні заходи [89].

При топографічному методі всі нещасні випадки систематично наносять умовними знаками на плані розташування обладнання у цеху або на ділянці. Накопичення таких знаків на позначці робочого місця або обладнання характеризує його підвищену небезпечність і потребує відповідних профілактичних заходів [89].

Монографічний метод представляє собою аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, які властиві технологічному процесу, обладнанню, ділянці виробництва. За цим методом поглиблено аналізуються всі обставини нещасних випадків і, за необхідності, виконуються відповідні дослідження та випробування. Цей метод дозволяє не тільки проаналізувати нещасні випадки що сталися, але й виявити потенційні небезпечні фактори, які існують на ділянці технологічного процесу або обладнання, що вивчається, а також використати отримані результати при проектуванні виробництва та для розробки заходів з охорони праці [89].

Економічний метод полягає у визначенні економічної шкоди від заподіяного травматизму, визначенні економічної ефективності від затрат на розробку та впровадження заходів з охорони праці [89].

До основних елементів, які зумовлюють збитки від виробничого травматизму та захворюваності, належать [89]:

- а) виплати потерпілим за листками непрацездатності;
- б) пенсія, призначена потерпілому внаслідок травми;
- в) пенсія, призначена близьким родичам потерпілого в зв'язку з втратою годувальника;
- г) допомога при тимчасовому переведенні працівника на іншу роботу в зв'язку із травмою;
- д) відшкодування збитку працівнику при частковій втраті працездатності;
- ж) затрати підприємства на професійну підготовку робітника, якого приймають замість вибулого у зв'язку із травмою;
- з) інші витрати.

Найбільші витрати пов'язані з виплатами за лікарняними листками непрацездатності. Вони становлять понад 50%.

Збитки від виробничого травматизму і захворюваності визнають за формулою:

$$S = 1,5 \times D \times Z_{cp} \quad (1)$$

де D – загальна кількість днів непрацездатності за звітний період (дн.);

Z_{cp} – середня заробітна плата потерпілих (грн.).

4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1. Захист підприємств харчової промисловості від пожеж

Пожежна профілактика – це комплекс заходів, спрямованих на попередження пожеж, запобігання розповсюдженню вогню, передбачення можливих шляхів евакуації людей, тварин і матеріальних цінностей та створення умов для швидкої ліквідації пожеж. До системи пожежного захисту відносяться технічні та організаційні заходи [91].

Технічні заходи – передбачення необхідної кількості виходів, коридорів потрібної ширини, застосування системи протидимового захисту,

виконання будівельних робіт з вогнетривких матеріалів, дотримання протипожежної відстані між будівлями, обладнання об'єкту засобами пожежогасіння, влаштування пожежних драбин, веж спостереження, водоймищ, під'їздів до них і до будівель, пожежного зв'язку і сигналізації [92].

Організаційні заходи – це організація навчання працюючих та інших категорій населення правилам пожежної безпеки; розробка інструкцій про правила роботи з пожежонебезпечими матеріалами та про дії персоналу під час пожежі [91, 92].

Система попередження пожеж включає два основних напрямки: запобігання формуванню горючого середовища і виникненню в цьому середовищі (чи внесенню в нього) джерела запалювання.

Система пожежного захисту – це комплекс методів, заходів та засобів, які направлені на обмеження розповсюдження та локалізацію пожежі, виявлення пожежі, створення умов для ліквідації пожежі, захист людей і матеріальних цінностей

Протипожежний захист – це комплекс інженерно-технічних заходів, спрямованих на створення пожежної безпеки об'єктів і споруд. Пожежний зв'язок та сигналізація відіграють важливу роль у запобіганні пожежам і сприяють своєчасному виклику пожежних підрозділів на місце загоряння. Системи сигналізації дозволяють без участі людей автоматично передати повідомлення про пожежу і її адресу на центральний пункт пожежного зв'язку, а також автоматично провести запуск стаціонарних вогнегасних установок [92].

Протипожежний режим на заводах харчової промисловості включає розробку ефективних, економічно доцільних і технічно обґрунтованих заходів і засобів попередження пожеж, виробленні заходів, що запобігають поширення пожежі, що виникла і заходів для її ліквідації

Керівники та інші працівники молочного заводу зобов'язані знати і виконувати правила пожежної безпеки, а в разі пожежі – вживати всіх

залежних від них заходів для евакуації людей і гасіння пожежі. Відповідальність за пожежну безпеку на консервних заводах несуть їх керівники і уповноважені ними особи, які залежно від характеру порушень і наслідків несуть адміністративну, кримінальну та іншу відповідальність згідно з чинним законодавством.

Навчання та перевірка знань з питань пожежної безпеки проводиться один раз на три роки одночасно з перевіркою знань з питань безпеки життєдіяльності і охорони праці. Обов'язки щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання та експлуатації засобів протипожежного захисту мають бути відображені у відповідних посадових інструкціях [92].

Для працівників охорони повинна бути розроблена інструкція, в якій слід визначити їхні обов'язки щодо контролю за дотриманням протипожежного режиму, огляду території і приміщень, порядок дій в разі виявлення пожежі, спрацювання засобів пожежної сигналізації та автоматичного пожежогасіння, а також вказати, кого з посадових осіб мають викликати в нічний час у разі пожежі. У вихідні та святкові дні, а також у вечірні і нічні години, заступаючи на чергування черговий зобов'язаний перевірити наявність і стан засобів пожежогасіння, справність телефонного зв'язку, чергового освітлення і пожежної сигналізації; пересвідчитися, що всі шляхи евакуації не захащено, а двері евакуаційних виходів при потребі можуть бути без перешкод відчинені. Під час виявлення порушення протипожежного режиму і несправностей, внаслідок яких можливе виникнення пожежі, вжити заходів щодо їх усунення, а при потребі повідомити керівника або працівника, що його заміщує. Працівники охорони мають постійно мати при собі комплект ключів від дверей евакуаційних виходів та воріт, автомобільних в'їздів на територію установи, а також ручний електричний ліхтар. На харчовому підприємстві повинен бути встановлений відповідний протипожежний режим і порядок оповіщення людей про пожежу, з якими потрібно ознайомити всіх працівників. Дороги, проїзди та під'їзди до будівлі, а також доступи до пожежного інвентарю та

обладнання мають бути завжди вільними. На території заводу не дозволяється спалювання сміття.

У кожному приміщенні повинна висіти табличка, на якій вказано прізвище відповідального за пожежну безпеку, номер телефону найближчої пожежної частини, а також розміщена інструкція з пожежної безпеки. Протипожежні системи, установки, устаткування приміщень, будівель та споруд (протидимовий захист, пожежна автоматика, протипожежне водопостачання та інші захисні пристрої) необхідно постійно утримувати у справному робочому стані [90, 91].

У приміщеннях та кабінетах не дозволяється: застосовувати для миття підлоги та обладнання легкозаймисті або горючі речовини (бензин, ацетон, гас тощо); користуватися електронагрівачами з відкритою спіраллю; залишати без нагляду робоче місце, запалені пальники та інші нагрівальні прилади; сушити предмети, що можуть горіти, на опалювальних приладах; зберігати будь-які речовини, пожежонебезпечні властивості яких не досліджені; тримати легкозаймисті та горючі речовини біля відкритого вогню, нагрівальних приладів, пальників тощо. Усі працівники, під час прийому на роботу і за місцем праці, повинні проходити інструктажі з пожежної безпеки. Організація своєчасного проведення навчання, інструктажів та перевірки знань покладається на керівника установи, а в структурному підрозділі – на його керівника. Допуск до роботи осіб, які не пройшли спеціального навчання, інструктажу і перевірки знань, не дозволяється. Програми для проведення вступного та первинного протипожежних інструктажів затверджуються керівником

Первинний інструктаж проводиться безпосередньо на робочому місці до початку виробничої діяльності. Його повинні пройти усі особи, яких прийняли на роботу, студенти під час виробничої практики, а також перед проведенням з ними практичних занять в майстернях та лабораторіях. Проведення протипожежних інструктажів може здійснюватись разом з проведенням відповідних інструктажів з охорони праці. Первинний,

повторний, позаплановий та цільовий інструктажі завершуються перевіркою знань. Про проведення всіх видів інструктажів робиться запис в спеціальному журналі з підписом осіб з якими проводився інструктаж, і тих хто його проводив [91, 92].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Traynor, M., Martin, D. S., Ahmad, I., & Alonso, M. (2020). Investigating the factors that impact the selection of technical ingredients in food manufacturing: A mixed-methods study. *Journal of Culinary Science & Technology*, 1–16.
2. Shelke, K. (2020). Clearing up clean label confusion. *Food Technology*, 74(2), 40–51.
3. Tao, H., Xiao, Y., Wu, F., & Xu, X. (2018). Optimization of additives and their combination to improve the quality of refrigerated dough. *LWT—Food Science and Technology*, 89, 482–488.
4. Tebben, L., Chen, G., Tilley, M., & Li, Y. (2020). Individual effects of enzymes and vital wheat gluten on whole wheat dough and bread properties. *Journal of Food Science*, 85, 4201–4208.
5. Colakoglu, A., & Ozkaya, H. (2012). Potential use of exogenous lipases for DATEM replacement to modify the rheological and thermal properties of wheat flour dough. *Journal of Cereal Science*, 55, 397–404.
6. Shanmugavel, V., Komala Santhi, K., Kurup, A. H., Kalakandan, S., Anandharaj, A., & Rawson, A. (2020). Potassium bromate: Effects on bread components, health, environment and method of analysis: A review. *Food Chemistry*, 311, 125964.
7. Lusk, J. L. (2019). Consumer perceptions of ‘natural’ foods. *Food Technology*, 73, 42–46.
8. Aehle, W. (2007). Enzyme safety and regulatory considerations. In Aehle W., ed., *Enzymes in industry: Production and applications* (pp. 409–421). Wiley-VCH.
9. Joye, I. J., Lagrain, B., & Delcour, J. A. (2009a). Endogenous redox agents and enzymes that affect protein network formation during breadmaking—A review. *Journal of Cereal Science*, 50, 1–10.

10. Hopkins, E. J., Hucl, P., Scanlon, M. G., & Nickerson, M. T. (2019). Effects of glucose oxidase and organic acids on the properties of a model low sodium dough prepared from Harvest and Pembina CWRS wheat. *Journal of Cereal Science*, 89, 102802.
11. Serventi, L., Jensen, S., Skibsted, L. H., & Kidmose, U. (2016). Addition of enzymes to improve sensory quality of composite wheatecassava bread. *European Food Research and Technology*, 242, 1245–1252.
12. 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.
13. 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.
14. Кухтин, М. Д. (2010). Концепція розробки та застосування нормативів для виробництва сирого молока гатунку „екстра” за вмістом мікроорганізмів. *Ветеринарна медицина України*, 10, 42-43.
15. Delcour, J. A., Joye, I. J., Pareyt, B., Wilderjans, E., Brijs, K., & Lagrain, B. (2012). Wheat gluten functionality as a quality determinant in cereal-based food products. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3, 469–492.
16. Cauvain, S. (2012). *Breadmaking: improving quality*. Elsevier Science & Technology.
17. Gioia, L., Ganancio, J., & Steel, C. (2017). Food additives and processing aids used in breadmaking. In D. N. Karunaratne & G. Pamunuwa (Eds.), *Food additives* (pp. 147–166). IntechOpen.
18. Goesaert, H., Slade, L., Levine, H., & Delcour, J. A. (2009). Amylases and bread firming—An integrated view. *Journal of Cereal Science*, 50, 345–352.

19. Wang, S., Li, C., Copeland, L., Niu, Q., & Wang, S. (2015). Starch retrogradation: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 568–585.

20. Лялик, А. Т., Покотило, О. С., Кухтин, М. Д., & Добровольська, С. Я. (2020). Зміна органолептичних показників сиркової пасти з лляною олією за різних умов зберігання. *Вестник Херсонського національного технічного університету*, (1-1 (72)), 109-116.

21. 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.

22. Gray, J.A., & BeMiller, J.N. (2003). Bread staling: Molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2, 1–21.

23. Struyf, N., Verspreet, J., Verstrepen, K. J., & Courtin, C. M. (2017). Investigating the impact of alpha-amylase, alpha-glucosidase and glucoamylase action on yeast-mediated bread dough fermentation and bread sugar levels. *Journal of Cereal Science*, 75, 35–44.

24. Бергілевич О.М., Касянчук В.В., Власенко І.Г., Кухтін М.Д.. Мікробіологія молока і молочних продуктів. Суми: Університетська книга. 2010. – 205 с.

25. Kweon, M., Slade, L., & Levine, H. (2011). Solvent retention capacity (SRC) testing of wheat flour: Principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes, as well as in wheat breeding—A review. *Cereal Chemistry*, 88(6), 537–552.

26. Levine, H., & Slade, L. (2004). Influence of hydrocolloids in lowmoisture

foods—A food polymer science approach. In P.A. Williams & G.O. Phillips (Eds.), *Gums and stabilisers for the food industry*, 12, (pp. 425–436), Royal Society of Chemistry.

27. Courtin, C., & Delcour, J. (2002). Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making. *Journal of Cereal Science*, *35*, 225–243.

28. Izydorczyk, M. S., Biliaderis, C. G., & Bushuk, W. (1990). Oxidative gelation studies of water-soluble pentosans from wheat. *Journal of Cereal Science*, *11*, 153–169.

29. Grossmann, I., Doering, C., Jekle, M., Becker, T., & Koehler, P. (2016). Compositional changes and baking performance of rye dough as affected by microbial transglutaminase and xylanase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *64*(28), 5751–5758.

30. Leys, S., De Bondt, Y., Bosmans, G., & Courtin, C. M. (2020). Assessing the impact of xylanase activity on the water distribution in wheat dough: A ¹H NMR study. *Food Chemistry*, *325*, 126828.

31. Jiang, Z., Liu, L., Yang, W., Ding, L., Awais, M., Wang, L., & Zhou, S. (2018). Improving the physicochemical properties of whole wheat model dough by modifying the water-unextractable solids. *Food Chemistry*, *259*, 18–24.

32. Cao, W., Falk, D., & Bock, J. E. (2017). Protein structural features in winter wheat: Benchmarking diversity in Ontario hard and soft winter wheat. *Cereal Chemistry*, *94*, 199–206.

33. Кухтин, М. Д., Перкій, Ю. Б., Семанюк, В. І., & Мурська, С. Д. (2012). Сучасні погляди на санітарну обробку технологічного устаткування у харчовій промисловості. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького*, *14*(3-3 (53)), 302-307.

34. Matsushita, K., Santiago, D., Noda, T., Tsuboi, K., Kawakami, S., & Yamauchi, H. (2017). The bread making qualities of bread dough supplemented with whole wheat flour and treated with enzymes. *Food Science and Technology Research*, *23*, 403–410.

35. Park, E. Y., Fuerst, E. P., & Baik, B.-K. (2019). Effect of bran hydration with enzymes on functional properties of flour–bran blends. *Cereal Chemistry*, *96*, 273–282.

36. Gambaro, A., Gimenez, A., Ares, G., & Gilardi, V. (2006). Influence of enzymes on the texture of brown pan bread. *Journal of Texture Studies*, 37, 300–314.
37. Li, Z., Dong, Y., Zhou, X. H., Xiao, X., Zhao, Y. S., & Yu, L. T. (2014). Dough properties and bread quality of wheat-barley composite flour as affected by beta-glucanase. *Cereal Chemistry*, 91, 631–638.
38. Кухтин, М. Д. (2008). Мікробіологічні нормативи ефективності технологій одержання молока сирого екстра-гатунку. *Ветеринарна медицина України*, 2, 45-46.
39. Caballero, P. A., Gomez, M., & Rosell, C. M. (2007b). Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. *Journal of Food Engineering*, 81, 42–53.
40. Gao, Y., Janes, M. E., Chaiya, B., Brennan, M. A., Brennan, C. S., & Prinyawiwatkul, W. (2018). Gluten-free bakery and pasta products: Prevalence and quality improvement. *International Journal of Food Science & Technology*, 53, 19–32.
41. Renzetti, S., & Arendt, E. K. (2009a). Effects of oxidase and protease treatments on the breadmaking functionality of a range of gluten-free flours. *European Food Research and Technology*, 229, 307–317.
42. Kawamura-Konishi, Y., Shoda, K., Koga, H., & Honda, Y. (2013). Improvement in gluten-free rice bread quality by protease treatment. *Journal of Cereal Science*, 58, 45–50.
43. Horiuk, Y. V., Havrylianchyk, R. Y., Horiuk, V. V., Kukhtyn, M. D., Stravskyy, Y. S., & Fotina, H. A. (2018). Comparison of the minimum bactericidal concentration of antibiotics on planktonic and biofilm forms of *Staphylococcus aureus*: Mastitis causative agents. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 9(6), 616-622.
44. Azizi, S., Mohammad Hossein, A., Moogouei, R., & Rajaei, P. (2020). The effect of quinoa flour and enzymes on the quality of glutenfree bread. *Food Science & Nutrition*, 8, 2373–2382.

45. Gerits, L. R., Pareyt, B., Decamps, K., & Delcour, J. A. (2014). Lipases and their functionality in the production of wheat-based food systems. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, 978–989.

46. Melis, S., Meza 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.

47. Rodriguez-Garcia, J., Sahi, S. S., & Hernando, I. (2014). Functionality of lipase and emulsifiers in low-fat cakes with inulin. *LWT—Food Science and Technology*, 58, 173–182.

48. Kukhtyn, M., Salata, V., Berhilevych, O., Malimon, Z., Tsvihun, A., Gutyj, B., & Horiuk, Y. (2020). Evaluation of storage methods of beef by microbiological and chemical indicators. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 602–611.

49. Bankar, S. B., Bule, M. V., Singhal, R. S., & Ananthanarayan, L. (2009). Glucose oxidase—An overview. *Biotechnology Advances*, 27(4), 489–501.

50. Decamps, K., Joye, I. J., Rakotozafy, L., Nicolas, J., Courtin, C. M., & Delcour, J. A. (2013). The bread dough stability improving effect of pyranose oxidase from *trametes multicolor* and glucose oxidase from *Aspergillus niger*: Unraveling the molecular mechanism. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 7848–7854

51. Bunzel, M. (2010). Chemistry and occurrence of hydroxycinnamate oligomers. *Phytochemistry Reviews*, 9, 47–64.

52. Altinel, B., & Unal, S. S. (2017). The effects of certain enzymes on the rheology of dough and the quality characteristics of bread prepared from wheat meal. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 1628–1637.

53. Motoki, M., & Seguro, K. (1998). Transglutaminase and its use for food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 9, 204–210.

54. Кухтин, М. Д. (2008). Динаміка мікробіологічного та біохімічного процесу в молоці сирому при зберіганні за різних температур. *Науковий*

вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького, 10(3-3 (38)), 229-237.

55. Yang, M., Yue, Y., Liu, L., Tong, L., Wang, L., Ashraf, J., & Zhou, S. (2021). Investigation of combined effects of xylanase and glucose oxidase in whole wheat buns making based on reconstituted model dough system. *LWT—Food Science and Technology*, 135, 110261.

56. Schoenlechner, R., Szatmari, M., Bagdi, A., & Tomoskozi, S. (2013). Optimisation of bread quality produced from wheat and proso millet (*Panicum miliaceum* L.) by adding emulsifiers, transglutaminase and xylanase. *LWT—Food Science and Technology*, 51, 361–366.

57. Basman, A., Koksel, H., & Ng, P. (2002). Effect of increasing level of transglutaminase on the rheologic properties and bread quality characteristics of two wheat flour. *European Food Research and Technology*, 215, 419–424.

58. Collar, C., Bollain, C., & Angioloni, A. (2005). Significance of microbial transglutaminase on the sensory, mechanical and crumb grain pattern of enzyme supplemented fresh pan breads. *Journal of Food Engineering*, 70, 479–488.

59. Lerner, A., & Matthias, T. (2015). Possible association between celiac disease and bacterial transglutaminase in food processing: A hypothesis. *Nutritional Review*, 73(8), 544–552.

60. Mostafa, H. S. (2020). Microbial transglutaminase: An overview of recent applications in food and packaging. *Biocatalysis and Biotransformation*, 38, 161–177.

61. Scherf, K. A., Wieser, H., & Koehler, P. (2018). Novel approaches for enzymatic gluten degradation to create high-quality gluten-free products. *Food Research International*, 110, 62–72.

62. 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.

63. Selinheimo, E., Kruus, K., Buchert, J., Hopia, A., & Autio, K. (2006). Effects of laccase, xylanase and their combination on the rheological properties of wheat doughs. *Journal of Cereal Science*, 43, 152–159.

64. Primo-Martin, C., Valera, R., & Martinez-Anaya, M. (2003). Effect of pentosanase and oxidases on the characteristics of doughs and the glutenin macropolymer (GMP). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 4673–4679.

65. Flander, L., Rouau, X., Morel, M.-H., Autio, K., Seppanen-Laakso, T., Kruus, K., & Buchert, J. (2008). Effects of laccase and xylanase on the chemical and rheological properties of oat and wheat doughs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 5732–5742.

66. Koehler, P. (2003). Effect of ascorbic acid in dough: reaction of oxidized glutathione with reactive thiol groups of wheat glutelin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 4954–4959.

67. Kim, H. J., & Yoo, S. H. (2020). Effects of combined alpha-amylase and endo-xylanase treatments on the properties of fresh and frozen doughs and final breads. *Polymers*, 12(6), 1349.

68. O'Shea, N., Kilcawley, K., & Gallagher, E. (2016). Influence of α -amylase and xylanase on the chemical, physical and volatile compound properties of wheat bread supplemented with wholegrain barley flour. *European Food Research & Technology*, 242, 1503–1514.

69. Hemalatha, M. S., Prasada Rao, U. J. S., Leelavathi, K., & Salimath, P. V. (2010). Influence of amylases and xylanase on chemical, sensory, amylograph properties and microstructure of chapati. *LWT—Food Science and Technology*, 43, 1394–1402.

70. Kukhtyn M. et al. INVESTIGATION OF ZERANOL IN BEEF OF UKRAINIAN PRODUCTION AND ITS REDUCTION WITH VARIOUS

71. Niu, M., Xiong, L., Zhang, B., Jia, C., & Zhao, S. (2018). Comparative study on protein polymerization in whole-wheat dough modified by transglutaminase and glucose oxidase. *LWT-Food Science and Technology*, *90*, 323–330.

72. Konieczny, D., Stone, A. K., Hucl, P., & Nickerson, M. T. (2020). Enzymatic cross-linking to improve the handling properties of dough prepared within a normal and reduced NaCl environment. *Journal of Texture Studies*, *51*, 567–574.

73. Xue, Y., Cui, X., Zhang, Z., Zhou, T., Gao, R., Li, Y., & Ding, X. (2020). Effect of β -endoxylanase and α -arabinofuranosidase enzymatic hydrolysis on nutritional and technological properties of wheat brans. *Food Chemistry*, *302*, 125332.

74. Mendis, M., Ohm, J.-B., Delcour, J. A., Gebruers, K., Meinhardt, S., & Simsek, S. (2013). Variability in arabinoxylan, xylanase activity, and xylanase inhibitor levels in hard spring wheat. *Cereal Chemistry*, *90*, 240–248.

75. Giannone, V., Lauro, M. R., Spina, A., Pasqualone, A., Auditore, L., Puglisi, I., & Puglisi, G. (2016). A novel α -amylase-lipase formulation as anti-staling agent in durum wheat bread. *LWT–Food Science and Technology*, *65*, 381–389.

76. Dagdelen, A., & Gocmen, D. (2007). Effects of glucose oxidase, hemicellulose and ascorbic acid on dough and bread quality. *Journal of Food Quality*, *30*, 1009–1022.

77. Kriaa, M., Ouhibi, R., Graba, H., Besbes, S., Jardak, M., & Kammoun, R. (2016). Synergistic effect of *Aspergillus tubingensis* CTM507 glucose oxidase in presence of ascorbic acid and alpha amylase on dough properties, baking quality and shelf life of bread. *Journal of Food Science and Technology*, *53*, 1259–1268.

78. Filipčev, B., Šimurina, O., & Bodroža-Solarov, M. (2014). Combined effect of xylanase, ascorbic and citric acid in regulating the quality of bread made from organically grown spelt cultivars. *Journal of Food Quality*, 37, 185–195.

79. Yaxi Dai, Catrin Tyl . A review on mechanistic aspects of individual versus combined uses of enzymes as clean label-friendly dough conditioners in breads. *J Food Sci.* 2021;86:1583–1598.

80. Tripathi S, Mishra HN. Effect of addition of some herbal mixtures on antioxidants and sensory quality of extruded snack products. *Beverage Food world.* 2008;6:30–33.

81. Dhiman AK, Muzaffer S, Attri S. Utilization of pumpkin (*Cucurbitamoschata*) for product development. *Him J Agric Res.* 2007;33:223–227

82. Суха, Н. А., & Дробот, В. І. (2008). Використання гарбузового порошку при виробництві хлібобулочних виробів. *Наукові праці НУХТ*, 25, 96-98.

83. Kundu, H., Grewal, R. B., Goyal, A., Upadhyay, N., & Prakash, S. (2014). Effect of incorporation of pumpkin (*Cucurbita moshchata*) powder and guar gum on the rheological properties of wheat flour. *Journal of food science and technology*, 51, 2600-2607.

84. Mohammadi, M., Azizi, M. H., Neyestani, T. R., Hosseini, H., & Mortazavian, A. M. (2015). Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 21, 1398-1402.

85. Хімічний та мікробіологічний аналіз харчової продукції: навч. посібник / І. М. Кобаса, Л. М. Чебан, М. М. Воробець, В. Г. Юкало, М. Д. Кухтин. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т імені Юрія Федьковича, 2014. – 196 с.

86. Лабораторний практикум з технології хлібопекарного та макаронного виробництва: навч. посібник / В.І. Дробот, Л.Ю. Арсеньева. Білик Л.Ю. та інші. - К.: Центр навчальної літератури, 2006. - 341с.

87. ДСТУ 7045 – 2009. Вироби хлібобулочні. Методи визначення фізико – хімічних показників. Держспоживстандарт України. Київ, 2009. 33 с.

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

89. Практикум з дисциплін «Основи охорони праці», «Охорона праці в галузі»: Навчальний посібник / М.П. Супрович, А.М. Марущак, М.А. Тиш, К.В. Замойська. – Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2016. – 352

90. Сапронов Ю. Г. Безпека життєдіяльності – М. Видавничий центр «Академія», 2006. – 118 с.

91. Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. Цивільна оборона Навчальний посібник / За ред. полковника В.С. Франчука - 2 ге вид., доп - Львів, Афіша,-2001. – 336с.

92. Безпека життєдіяльності. Є.П. Желібо, К.: Каравела, 2005. – 344 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ЯКІСТЬ ВОДИ: БІОМЕДИЧНІ, ТЕХНОЛОГІЧНІ, АГРОПРОМИСЛОВІ І ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

Збірник матеріалів
II Міжнародної науково-технічної
конференції
24-25 травня 2023 року



УДК 001+664+576.8.095.16+577.472+628.543+613
Я45

ISBN 978-617-7875-61-0

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова

Митник М. – к.т.н., доцент, ректор ТНТУ імені Івана Пулюя

Заступник голови

Марущак П. – д.т.н., професор, проректор з наукової роботи ТНТУ імені Івана Пулюя

Наукові секретарі

Криськова Л. – асистент кафедри харчової біотехнології і хімії

Кравченко Х. – к.т.н., асистент кафедри харчової біотехнології і хімії

Члени програмного комітету

Покотило О.	Україна
Кухтин М.	Україна
Юкало В.	Україна
Лешук Р.	Україна
Корда М.	Україна
Тайлер В. ЛеБарон	США
Бриндза Ян	Словаччина
Вавренчик М.	Польща
Шинго Охта	Японія
Слезак Ян	Словаччина
Соколюк В.	Україна
Андрусина І.	Україна
Кривцова М.	Україна
Гудзь Н.	Україна

Якість води: біомедичні, технологічні, агропромислові і екологічні аспекти:
Я45 Збірник матеріалів II Міжнародної науково-технічної конференції. (Тернопіль
24–25 травня 2023 року) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т
ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. – 109 с.

ISBN 978-617-7875-61-0

УДК 001 + 664+576.8.095.16+577.472+628.543+613

© Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя, 2023
© ФОП Паляниця В. А., 2023

СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ХЛІБА ДО ЗБЕРІГАННЯ	
Х.Ю., Кравченко, Р.Ю. Кравченко	37
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ	
Н.Р. Бойко	38
ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ЗБАГАЧЕННЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЇВ СЕЛЕРОЮ	
І.П. Борсук	39
АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ У ЗАКВАСКАХ ДЛЯ ХЛІБА	
В.Р. Долинюк	40
ДЖЕРЕЛА ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ МОЛОЧНОКИСЛИХ МІКРООРГАНІЗМІВ	
Р.М. Дутка	41
ПІДБІР ЕФЕКТИВНИХ КОНСЕРВАНТІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ	
Х.Ю., Кравченко, Н.М. Свента	42
ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНОЇ СИРОВИНИ ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА	
Г.В. Карпик, В.Г. Юрчак, Л.В. Клим	43
ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВОДИ В МАКАРОННИХ ВИРОБАХ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	
Н. Я. Дутчак	44
РОЛЬ МІКРОБІОТИ КЕФІРУ У ФОРМУВАНІ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ	
Н.І. Карабін, М.Д. Кухтин	45
РОЛЬ ФАГІВ МОЛОЧНОКИСЛИХ МІКРООРГАНІЗМІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОБНИЦТВА СИРУ І КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ	
Г.В. Карпик, К.І. Войтович	46
НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ СИРОВИНИ ДЛЯ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ	
А.В. Тимків	47
ХАРЧОВІ ДОБАВКИ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЧЕРСТВІННЯ ХЛІБА	
Жанна Свергун	48
СПОСОБИ ДЕЗІНФЕКЦІЇ КУРЯЧИХ ЯЄЦЬ	
Г.В. Карпик, В.Г. Юрчак, А.Є. Грещук	49
ВПЛИВ РОСЛИННОГО СТРУКТУРОУТВОРЮВАЧА НА КІЛЬКІСТЬ АДСОРБОВАНОЇ ВОЛОГИ В МАКАРОННОМУ НАПІВФАБРИКАТІ	
Г.С. Кочетова, В.З. Салата, М.Д. Кухтин	50
ДОСЛІДЖЕННЯ 17 β -ЕСТРАДІОЛУ У МОЛОЦІ	
Т. Лісовська, Л. Криськова, В. Стефанишин	51
ПОГЛЯД НА НОВІ ДЕСЕРТИ	
О.Б. Васильків, М.Д. Кухтин	52
ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БАКТЕРІОФАГІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	
К.Є. Дацишин, М.М. Чижевська	54
СИРОВАТКОВИЙ ФЕРМЕНТОВАНИЙ НАПІЙ ІЗ ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ БІЛКА	
Г.В. Карпик, М.В. Стасюк	55
РОЛЬ ВОДИ В УТВОРЕНІ ПІСТА ДЛЯ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ	
Ірина Назарко, Інна Салук, Галина Білецька	56
ВПЛИВ ЯКОСТІ ВОДИ НА ВИРОБНИЦТВО ЯКІСНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	
	58

УДК 664

А.В. Тимків, студент

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна

ХАРЧОВІ ДОБАВКИ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЧЕРСТВІННЯ ХЛІБА

A.V. Tymkiv, student

FOOD ADDITIVES FOR REDUCING STALE BREAD PROCESSES

Хліб є одним із найважливіших продуктів у щоденному раціоні більшості людей у всьому світі, тому його потрібно досліджувати в будь-якому аспекті. Загальновизнано, що погіршення якості свіжоспеченого хліба є результатом складного багатofакторного процесу, який включає фізичне черствіння, а також мікробіологічне, хімічне та сенсорне псування, все це впливає на термін придатності продукту.

Клейковина є найважливішим білком у продуктах з пшеничного борошна, яка відіграє значну роль у текстурі та зовнішньому вигляді кінцевих продуктів, таких як хліб. Вона також відіграє важливу роль у бродильному процесі виробництва хліба через свою частку у в'язко-еластичності, стійкості до змішування, здатності до розтікання тіста, газотримуючої здатності та добрій структурі кінцевого продукту. Саме з клейковиною пов'язана в'язко-еластичні процеси, текстура тіста та збереження вологості в хлібі після процесу випікання [1, 2].

У літературі наводяться різні дані щодо використання різних інгредієнтів, як природного, так хімічного походження, застосування яких дозволяє знизити процеси черствіння хліба. Найважливіші висновки про роль різноманітних харчових добавок, що додаються до хліба, для зменшення черствіння наступні: додавання альфа-амілази та мальтогенної амілази у подовженні терміну придатності хліба вважається загальновизнаним, хоча ґрунтовний механізм дії цих ензимів, що запобігають черствінню, ще далекий від повного розуміння. Вважається, що використання амілаз у хлібопекарстві зменшує твердість поверхні хліба трьома різними механізмами: зниження ретроградації крохмалю; зниження жорсткості мережі крохмального гелю; зменшення взаємодії крохмаль-білок. До того ж, альфа-амілаза здатна гідролізувати амілопектин і утворювати розчинні полімери з розгалуженим ланцюгом з низькою молекулярною вагою, що в кінцевому етапі знижує черствіння [2]. Використання вуглеводів трегалоза, декстрини, мальтит, ксантанова та гуарова камедь може знизити процеси черствіння хліба і булочних виробів. Вказується, що додавання гуарової камеді значно збільшило питомий об'єм хліба, що призвело до зниження твердості м'якушки в день випічки порівняно з контролем [2]. Хоча з погляду «здорового харчування» вважається більш перспективним використання біологічних розпушувачів – пекарських дріжджів та закваски на основі молочнокислих бактерій. Пропонується проводити селекцію хлібопекарських дріжджів і молочнокислих мікроорганізмів, які виробляють протигрибкові речовини або зі специфічною ферментативною активністю, що впливає на термін зберігання, а також на колір і смак готових виробів.

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. Taglieri, I., Macaluso, M., Bianchi, A., Sanmartin, C., Quartacci, M. F., Zinnai, A., & Venturi, F. (2021). Overcoming bread quality decay concerns: main issues for bread shelf life as a function of biological leavening agents and different extra ingredients used in formulation. A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(5), 1732-1743.