



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 Когут Наталія Зіновіївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології хліба із використанням ензимних препаратів та її застосування у цеху виробництва пшеничного хліба

Керівник роботи Вічко Олена Іванівна, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «13» 10 2023 року № 4/7-974

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)

- Оцінити ефективність застосування ензимів у технології виробництва хліба: джерела,

взаємодія та вплив на якість хліба

- Дослідити пшеничне борошно (якість клейковини) за показниками, які характеризують силу борошна.

- Оцінити вплив додавання ензимного препарату Верон М-4 на хлібопекарські властивості тіста.

- Оцінити вплив додавання ензимного препарату Верон М-4 на якість пшеничного хліба.

- Розробити інженерно-графічну частину роботи.

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

Когут Н.З.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Вічко О.І.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

	Анотація	6
	Вступ	7
1	Огляд літератури	11
1.1	Застосування ензимів у технології хліба та борошняних виробів	11
1.2	Грибкові альфа-амілази	12
1.2.2	Амілази для подовження терміну зберігання хлібобулочних виробів	13
1.2.3	Фактори, що впливають на м'якість і пружність м'якушки	14
1.2.4	Вплив різних альфа-амілаз на черствіння та якість хліба	16
1.3	Ксиланази (пентозанази) геміцелюлази	18
1.4	Ліпаза	20
1.5	Оксидази	22
1.6	Синергічні ефекти ензимів	22
1.6.1	Ензими для приготування тіста	22
1.6.2	Комбінування ензимів для максимізації терміну зберігання	23
1.6.3	Ензими для зміцнення тіста	24
1.7	Ензими для замороженого тіста та хлібобулочних виробів	25
1.7.1	Попередньо витримане заморожене тісто	27
1.7.2	Хліб із частково витриманого замороженого тіста	28
1.7.3	Подовження терміну зберігання хліба із замороженого тіста	29
1.8	Висновки з даних оглянутих публікацій	29
2	Матеріали і методи досліджень	31
3	Результати дослідження та їх обговорення	34
3.1	Ензими у технології виробництві хліба: джерела, взаємодія та вплив на якість хліба	34
3.2	Дослідження пшеничного борошна за показниками, які	36

	характеризують силу борошна	
3.3	Вплив додавання ензимного препарату Верон М-4 на хлібопекарські властивості тіста	43
3.4	Вплив додавання ензимного препарату Верон М-4 на якість пшеничного хліба	50
	Висновки і пропозиції виробництву	55
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	56
4.1.1	Мікроклімат у виробничих приміщеннях. Нормативні показники мікроклімату	56
4.2.1	Підвищення стійкості роботи підприємств харчової промисловості в воєнний час	60
	Список літератури	67
	Додатки	76

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 81 с., 10 рис., 1 табл., 86 джерел.

### ХЛІБ ПШЕНИЧНИЙ, АЛЬФА-АМІЛАЗА, ВЕРОН М-4, ЕНЗИМИ, ПОЛІПШУВАЧІ, ТЕХНОЛОГІЯ ХЛІБА

Об'єкт дослідження: препарат Верон М-4, борошно пшеничне, тісто пшеничне з ензимом альфа-амілаза, активність ензимів, якість тіста й хліба, органолептичні показники.

Мета роботи – визначити вплив ензимного поліпшувача Верон М-4 на якість клейковини борошна та технологічні властивості тіста й пшеничного хліба.

Методи дослідження: аналітично-пошукові (інформація про роль природних ензимів у борошні та вплив їх на перебіг технологічних параметрів в тісті й готових виробках); фізико-технологічні (газоутворююча здатність, кислотність тіста, підйомна сила тіста, питомий об'єм тіста й хліба); органолептичні (оцінка готових виробів), статистичні.

Встановлено, що додавання ензимного поліпшувача Верон М-4, який містить альфа-амілазу, сприяє збільшенню клейковини в пшеничному борошні на 1,2 % за умови обробки 1 г / 100 кг борошна. До того ж за такого дозування покращується індекс деформації клейковини, який становив 73 од, тобто на 12 од більший, якщо порівнювати із борошном у контролі. Також препарат Верон М-4 суттєво впливає число падіння борошна, за дозування 1,0 г число падіння становило 290 секунд. У тісті після додавання поліпшувача Верон М-4 в кількості 1,0 г, газоутворююча здатність становила  $588 \pm 4 \text{ см}^3 / \text{г}$ , що на  $68 \text{ см}^3 / \text{г}$  більша кількість, ніж у тісті без препарату, а питомий об'єм був на  $0,64 \text{ см}^3 / \text{г}$  більший. За дозування препарату Верон М-4 у кількості 0,7 г / 100 кг питомий об'єм хліба становив  $3,62 \pm 0,04 \text{ см}^3/\text{г}$ , що на  $11,8 \pm 0,2 \%$  більше, ніж у хлібі контролі, а за додавання поліпшувача 1,0 г – збільшення питомого об'єму становило  $16,8 \pm 0,2 \%$ . Випечений хліб мав м'якшу й дрібнішу консистенцію м'якуша.

## Вступ

Хліб є основним і головним продуктом харчування, який готується з борошна шляхом його замішування з водою, дріжджами іншими компонентами та випікання. Даний продукт є найпоширеніший і відомий у всьому світі. На ринку хліб продається під різними назвами, що складаються з комбінації бажаних типів борошна, дріжджів, води та інших компонентів разом з одним або кількома інгредієнтами, включаючи сирну масу, незбиране або згущене або знежирене молоко, підкислену воду, сироватку, цукор, харчові крохмалі, мед, рафіновану олію чи або вершкове масло, а також концентровані білки [71]. У зв'язку з потребою в різноманітних видах хліба та збільшенням механізації хлібопекарської промисловості важливо модифікувати в'язкопружні властивості та структуру даного виробу [7].

Зазвичай хімічні речовини та ферменти додають у рецептуру хліба, щоб покращити процес приготування хліба, але сьогодні, завдяки ширшій обізнаності про серйозні наслідки хімічних речовин у харчових продуктах, серед населення, особливо в розвинених країнах, зростає тенденція, що продукти повинні бути більш біоорганічними і вільними від хімікатів або з мінімальною кількістю штучних не природних речовин. Додавання ферментів було вибрано замість додавання хімічних речовин, оскільки в кінцевому продукті ферменти не виявляють жодної активності.

Весь процес приготування хліба можна вивчати за трьома основними розділами, включаючи: 1) замішування/формування тіста; 2) бродіння; 3) випікання тістових заготовок. Мікроорганізми вважаються основним джерелом ферментів, тому що швидкість їх розмноження висока і вони виробляють біологічно активні сполуки та різноманітні ферменти, які відіграють важливу роль у харчовій промисловості. Мікробні ферменти сприяють виготовленню хліба з високою засвоюваністю, а також забезпечують добову потребу в поживних речовинах. Вони також впливають на спосіб дії ендогенних ферментів борошна, які присутні в невеликій кількості та мають низьку

активність. Застосування ферментів у хлібобулочних виробках не тільки покращує такі властивості тіста, як газотримання, м'якість м'якушки, водопоглинаючу здатність та інші, але й покращує харчовий статус виробів. Мікробні джерела ферментів пропонують численні переваги перед рослинами та тваринами. Повідомляється, що мікробні ферменти з різних джерел можуть використовуватися у випічці хліба. Широкий спектр мікробних ферментів, а саме, ксиланази, фітази,  $\alpha$ -амілази, протеази, целюлази, глюкозооксидази, ліпаза та інші покращують поживні, сенсорні та інші бажані властивості хліба [71]. Отже, використання ензимних препаратів є досить перспективним в хлібопекарській промисловості.

### **Мета і завдання досліджень.**

Мета роботи – визначити вплив ензимного поліпшувача Верон М-4 на якість клейковини борошна та технологічні властивості тіста й пшеничного хліба.

*Для виконання запланованої мети визначені наступні завдання:*

1. Оцінити ефективність застосування ензимів у технології виробництва хліба: джерела, взаємодія та вплив на якість хліба.
2. Дослідити пшеничне борошно (якість клейковини) за показниками, які характеризують силу борошна.
3. Оцінити вплив додавання ензимного препарату Верон М-4 на хлібопекарські властивості тіста.
4. Оцінити вплив додавання ензимного препарату Верон М-4 на якість пшеничного хліба.
5. Розробити інженерно-графічну частину роботи

Об'єкт дослідження: препарат Верон М-4, борошно пшеничне, тісто пшеничне з ензимом альфа-амілаза, активність ензимів, якість тіста й хліба, органолептичні показники.

Предмет дослідження: зміни властивостей пшеничного тіста за обробки борошна ензимним поліпшувачем Верон М-4, вплив ензиму на якість готового виробу.



Методи дослідження: аналітично-пошукові (інформація про роль природних ензимів у борошні та вплив їх на перебіг технологічних параметрів в тісті й готових виробках); фізико-технологічні (газоутворююча здатність, кислотність тіста, підйомна сила тіста, питомий об'єм тіста й хліба); органолептичні (оцінка готових виробів), статистичні.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Отримано нові дані щодо впливу різної кількості ензиму альфа-амілаза, яка входить у препарат Верон М-4 на якість пшеничного хліба, фізико-технологічні показники тіста та свіжоспеченого хліба.

**Практичне значення отриманих результатів.** Запропоновано для покращення технологічної й поживної якості борошна застосовувати ензимний поліпшувач Верон М-4 в дозі 0,7 – 1,0 г / 100 кг.

**Особистий внесок здобувача.** Магістрантка самаостійно проводила аналітично-пошукові (інформація про роль природних ензимів у борошні та вплив їх на перебіг технологічних параметрів в тісті й готових виробках) дослідження й сформувала мету та завдання для експериментів, вивчила методи й методики, виконала планові експерименти, написала магістерську працю й подала її до захисту.

**Апробація результатів.** Виступ на VII Міжнародній науково-технічній конференції «Стан та перспективи харчової промисловості» 28-29 вересня 2023 року / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (м. Тернопіль, 28-29 вересня 2023 р.). (Додаток А).

**Публікації.** За матеріалами кваліфікаційної роботи опубліковано одну наукову працю у тезах: Когут Н.З., Вічко О.І., Кушнірук Н.В. (2023). Комплексні поліпшувачі для покращення хліба. VII Міжнародній науково-технічній конференції «Стан та перспективи харчової промисловості» (м. Тернопіль, 28-29 вересня р.), М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. – С.96. (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 1 таблицю, 10 рисунків. Перелік літератури складається з 86 джерел.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### **1.1. Застосування ензимів у технології хліба та борошняних виробів**

Хліб та борошняні вироби є одними з основних, поширених і недорогих продуктів харчування і їх виробництво часто залежить від традицій країн або регіонів, у яких вони споживаються. Однак, незважаючи на те, що виробництво хліба, локшини та макаронних виробів давнє, вони також тісно пов'язані з біотехнологіями.

Споживачі мають певні критерії якості хліба, включаючи зовнішній вигляд, свіжість, смак, аромат, різноманітність і постійну якість. Відповідати цим критеріям для хлібопекарської промисловості є великим викликом з кількох причин. По-перше, основний інгредієнт хліба – борошно – залежить від сорту пшениці, погоди в період вегетації та технології помелу. Незважаючи на те, що мельники намагаються змішувати пшеницю з різних джерел для отримання борошна з хорошою та незмінною хлібопекарською якістю, часто виявляється важко задовольнити стандарти високої якості та низької вартості одночасно. По-друге, оскільки уподобання щодо хліба різні, хлібопекарська промисловість використовує інгредієнти з різною якістю та використовує різні процедури випічки. Наприклад, англійський бутербродний хліб із його дрібною структурою м'якушки та дуже м'якою консистенцією не користується популярністю у французів, які хочуть багети з хрусткою скоринкою, великими дірками та добре розжовуваною м'якушкою. По-третє, переваги споживачів зміщуються в бік більш здорових продуктів. Іноді можна виготовити нові сорти хліба, просто змінивши рецептуру або випікаючі технології. Однак в інших випадках пекарям, можливо, доведеться розробити нові технології [1].

Таким чином, і мельники, і пекарі потребують інгредієнтів або технологічних допоміжних речовин, таких як хімічні окислювачі, емульгатори та ферменти для стандартизації якості продукції та урізноманітнити асортимент продукції.

Протягом десятиліть такі ферменти, як солод і мікробні альфа-амілази, використовувалися для приготування хліба. Через зміни в хлібопекарській промисловості та попит на більш різноманітні та натуральні продукти, ферменти набувають все більшого значення у рецептурах хліба. Завдяки новим і швидким розробкам у біотехнології нещодавно для хлібопекарської промисловості стала доступна низка нових ферментів. Одним із прикладів є чиста ксиланаза з одноразовою активністю замість традиційних препаратів геміцелюлази, яка покращує оброблюваність тіста [2].

Ліпаза має ефект посилення клейковини, що призводить до більш стабільного тіста та покращена структура крихти, мальтогенна й альфа-амілаза володіють унікальними ефектами проти черствіння [1].

## **1.2. Грибкові альфа-амілази**

Пшениця й пшеничне борошно містять ендогенні та екзогенні ферменти, головним чином амілази. Однак рівень активності амілази варіюється від одного виду пшениці до іншого. Кількість альфа-амілаз у більшості здорового, непророщеного пшеничного або житнього борошна є незначною [3]. Тому більшість хлібного борошна необхідно доповнювати альфа-амілазами, доданими у вигляді солодового борошна або грибкових ферментів.

Існує багато методів для визначення активності амілази, як розглянуто Крюгером і Лайнбеком [4]. Хлібопекарська промисловість і мукомоляри використовують інші методи, такі як число падіння (FN) і амілограф Брабендера, щоб визначити вміст амілази та корелювати її з якістю хліба. Хоча FN чудово підходить для вимірювання активності амілаз зернових

культур, у тому числі в солодовому борошні, він не підходить для вимірювання активності грибкових альфа-амілаз.

Грибкові альфа-амілази, як правило, менш термостабільні, вони інактивуються при температура близько 65 °С. Таким чином, грибкові альфа-амілази не можуть бути виявлені стандартним методом FN, який проводиться при 100°C (AACC method 56-81B, 1972) [2].

Грибкові альфа-амілази діють на пошкоджений вміст крохмалю, який може змінюватися залежно від сорту пшениці та умов помелу. Як правило, борошно з твердої пшениці містить більше пошкодженого крохмалю, ніж м'яка пшениця. Альфа-амілази, які широко використовуються в хлібопекарській промисловості, можуть гідролізувати амілозу та амілопектин з вивільненням розчинних декстринів середнього розміру DP2–DP12 [5]. Альфа-амілази забезпечують зброджування цукор, що призводить до збільшення об'єму, кращого кольору скоринки та покращення смаку. Завдяки гідролізу пошкодженого крохмалю відповідне дозування альфа-амілаз призводить до бажаного розм'якшення тіста. Однак інтенсивна деградація пошкодженого крохмалю внаслідок передозування альфа-амілаз зазвичай призводить до липкого тіста.

Об'єм і структура м'якушки покращуються при збільшенні дози грибкових альфа-амілаз. Хоча висока доза може забезпечити більший об'єм, тісто буде занадто липким для роботи. Таким чином, оптимальне дозування визначається як дозування з максимально досягнутим об'ємом без липкого тіста [1].

### **1.2.2. Амілази для подовження терміну зберігання хлібобулочних виробів**

Черствіння хліба завдає значних фінансових втрат як споживачам, так і виробникам хліба. Черствіння відповідає втраті свіжості з точки зору смаку, текстури, сприйнятого рівня вологості та інших характеристик продукту. Це

оцінюється, що 3 – 5 % усіх хлібобулочних виробів, вироблених у США, викидаються через втрату свіжості, яка може перевищувати 1 млрд. доларів США [6].

М'якість і еластичність м'якушки є важливими характеристиками для опису свіжості м'якушки, яка сприймається споживачами. М'якість вказує на силу, необхідну для стиснення м'якушки, тоді як еластичність вказує на пружність або опір, який надає м'якуш під час натискання. Дві характеристики текстури можуть не обов'язково відповідати одна одній: тобто найм'якший хліб не обов'язково матиме найбільш еластичну текстуру м'якушки, або навпаки. Через черствіння хліба знижується пружність м'якушки і підвищується твердість м'якушки [1, 7].

### **1.2.3. Фактори, що впливають на м'якість і пружність м'якушки**

Важливо обговорити відмінності між справжнім ефектом запобігання черствінню (тобто впливом на ретроградацію крохмалю) та іншими факторами, які впливають на м'якість м'якушки, не обов'язково залучаючи ретроградацію крохмалю. Деякі фактори, що впливають на структуру м'якушки, описані нижче.

*Якість пшеничного борошна.* Перш за все, рівень індигенної та ендогенної амілази впливатиме на ретроградацію крохмалю, а також на дію дріжджів, тим самим впливаючи на такі властивості кінцевої якості хліба, як об'єм. По-друге, рівень пошкодженого крохмалю в борошні впливає на дію злакової та грибової альфа-амілази, а отже, на кінцеву якість хліба.

*Обсяг хліба.* Більший буханець, тобто буханець з великим питомим об'ємом, має м'якший м'якуш, ніж батон меншого розміру з малим питомим об'ємом і щільним м'якушем.

*Структура м'якушки.* Дрібна структура м'якушки з тонкими клітинними стінками та рівномірними клітинами м'якушки дає більш м'який м'якуш, ніж груба структура м'якушки з товстими клітинними стінками.

*Формулювання та процедури.* Окрім борошна, більшість інгредієнтів, які використовуються для приготування хліба, впливають на текстуру м'якушки. Наприклад, додавання шортенінгу призведе до м'якості м'якушки через значно збільшений об'єм і комплекси з крохмалем. Будь-який інгредієнт або процедура, яка впливає на об'єм буханця або структуру м'якушки, вплине на текстуру м'якушки [8, 9].

Наприклад, щойно виготовлені хлібці з бісквіта та тіста, як правило, м'якші та менш еластичні, ніж хліби з прямого тіста, через різні процедури та використовувані інгредієнти. Коли хліб черствіє під час зберігання, міцність м'якушки підвищується, а еластичність знижується незалежно від способу та інгредієнтів.

Фактор процесу або інгредієнту може покращити м'якість м'якушки (тобто зменшити твердість м'якушки), але може не мати жодного впливу на ретроградацію крохмалю.

*Умови зберігання.* Температура зберігання і якість упаковки впливають на консистенцію м'якушки. Добре відомо, що низькі температури викликають ретроградацію крохмалю і тим самим збільшують швидкість черствіння. Втрата вологи через погане пакування призводить до швидшого черствіння хліба.

*Ретроградація крохмалю.* Черствіння хліба досліджується протягом майже 150 років, але точний механізм все ще далекий від розуміння, і тривають дебати щодо загальної природи процесів, що беруть участь у цьому [10]. Проте більшість дослідників вважають ретроградацію крохмалю основною причиною черствіння м'якушки.

Нещодавно кілька видань представили нові результати своїх досліджень режиму дії амілаз та їхньої ролі в запобіганні черствінню [11, 12, 13]. Вони дійшли згоди щодо того, що зміни крохмалю (особливо амілопектинової частини), модифікованого альфа-амілазою, відіграють основну роль у ефекті від черствіння.

Хоча сприйняття споживачем свіжості м'якушки може не залежати від причини певної текстури м'якушки, для тих, хто займається розробкою продуктів у хлібопекарській промисловості, надзвичайно важливо розуміти та розрізняти ці фактори. Порівнюючи або вибираючи оптимальний інгредієнт для бажаної текстури м'якушки, важливо контролювати або стандартизувати вищезазначені фактори під час розробки плану експерименту. Наприклад, перед вимірюванням м'якості та еластичності слід контролювати об'єм зразків батона [1].

Довший термін придатності означає, що хліб, що зберігається, має таку ж м'якушку та пружність, як і свіжий хліб. Оптимальним засобом проти застаріння має бути той, який може підтримувати м'якість м'якушки, а також еластичність м'якушки протягом усього часу зберігання хліба.

#### **1.2.4. Вплив різних альфа-амілаз на черствіння та якість хліба**

Хоча грибкові амілази ефективні в частковому гідролізі пошкодженого крохмалю, і часто додають до борошна як добавки для розвитку бажаних властивостей, таких як вони мають обмежений ефект проти черствіння через їх обмежену термостабільність. Вони, здебільшого, інактивуються до початку клейстеризації крохмалю під час випічки, коли основна маса крохмалю доступна для модифікації [14].

Бактеріальна альфа-амілаза з *Bacillus subtilis* здатна пригнічувати черствіння шляхом гідролізу глікозидних зв'язків у аморфних ділянках клейстеризованого крохмалю. Однак цю термостабільну бактеріальну альфа-амілазу можна легко передозувати. Її чиста ензимна дія надмірно руйнує крохмаль під час випікання, спричиняючи руйнування хліба відразу після виймання з духовки [15].

Завдяки високому ступеню термостабільності ферменти можуть зберігатися під час випікання та охолодження та виробляти надмірний рівень розчинних декстринів. У результаті кінцевий продукт часто є неприйнятним,



з текстурою липкої м'якушки або навіть з липким м'якушем, що створює проблеми під час нарізання та зберігання в роздрібній торгівлі [1].

Мальтогенна альфа-амілаза має термостабільність між грибовою альфа-амілазою та термостабільною бактеріальною альфа-амілазою [16]. Таким чином, вона здатна гідролізувати глікозидні зв'язки клейстеризованого крохмалю під час процесу випічки, але вона не розкладає надмірно крохмаль, оскільки він інактивується на пізнішій стадії випікання [17]. Основною перевагою мальтогенної альфа-амілази є її стійкість до передозування під час процесу приготування хліба в пекарні. Навіть грибова альфа-амілаза може спричинити липке тісто або надмірне підрум'янення скоринки у разі передозування.

Мальтогенна альфа-амілаза не впливає на реологічні властивості тіста через низьку активність при температурі нижче 35°C. Вона дуже активна лише при температурі під час желатинізації крохмалю, при цьому вона не розкладає надмірно крохмаль, але в основному виробляє невеликі розчинні декстрини. При цьому є ризик передозування, але він набагато нижчий, ніж у двох інших типів амілаз [18].

Додавання мальтогенної альфа-амілази в бісквітний хліб і тісто може подовжити термін зберігання принаймні на чотири дні довше порівняно з 0,5% порошкоподібними дистильованими моногліцеридами.

В одному дослідженні [5] було показано, що мальтогенна альфа-амілаза продукує головним чином DP2 (тобто мальтозу). Вона також розкладає невеликі фракції мальтози у крохмально-водному гелі, який має таке ж співвідношення крохмаль:вода, що й у звичайному хлібі, тоді як грибова альфа-амілаза вивільняє невелику кількість мальтози. Пізніші дослідження [13] показали, що мальтогенна альфа-амілаза може вивільняти лінійні мальтодекстрини принаймні за фактичних умов випічки, тоді як бета-амілаза та глюкоамілаза утворюють лише мальтозу та глюкозу відповідно.

Декстрини, що виробляються амілазами у випеченому хлібі, дають різні розподіли декстринів порівняно з тими в контрольній буханці [10], тому

це, безсумнівно, можна пов'язати зі змінами швидкості черствіння. Ці декстрини, що утворюються у випеченому хлібі, мають іншу функцію, ніж додані мальтодекстрини.

### **1.3. Ксиланази (пентозанази) геміцелюлази**

У звичайному пшеничному борошні є 3 – 4 % (мас./мас.) пентозанів, частково розчинних і частково нерозчинних. Ксиланази або пентозанази, які зазвичай називають геміцелюлазами, давно використовуються як ферменти для кондиціонування тіста, особливо в хлібі європейського типу, оскільки вони продемонстрували бажані ефекти як ферменти для кондиціонування тіста. При оптимальному дозуванні вони можуть покращити оброблюваність тіста, стабільність тіста, пружність, більший об'єм батона та покращену структуру м'якушки [19, 20, 21]. Завдяки сприятливому впливу на об'єм буханця та структуру м'якушки додавання геміцелюлаз забезпечує м'якість м'якушки. При наявності в продукті грибкової альфа-амілази цей вплив на м'якість ще більш виражений [19].

Завдяки технології рекомбінантних генів деякі ксиланази, виготовлені з генетично модифікованих організмів (ГМО), зараз доступні на ринку [22, 23]. Перевага використання ксиланази замість традиційної пентозанази полягає в тому, що в продукті ксиланази значно менше побічних дій. Отже, для досягнення того самого ефекту потрібна менша доза з меншим ризиком можливого впливу побічної діяльності, до того ж якість ферменту також стабільніша.

Пентозанази та ксиланази можуть бути передозовані через надмірне розкладання пентозанів пшениці, тим самим руйнуючи здатність пентозанів пшениці зв'язувати воду. Тому за їх передозування буде липке тісто. Відповідне дозування цих ферментів призводить до бажаного розм'якшення тіста, тим самим покращуючи оброблюваність. Таким чином, оптимальне дозування визначається як дозування, яке забезпечує максимальне

покращення властивостей тіста та хліба, не викликаючи липкості тіста. Оптимальне дозування пентозаназ або ксиланаз залежить від якості борошна. Оптимальне дозування цієї конкретної ксиланаз для борошна типу 1 становить 120 – 200 ГКО (грибкова ксиланаз одиниць) і для борошна типу 2 становить 80 ГКО [1, 24].

Справжній механізм дії ксиланаз у випіканні хліба чітко не з'ясований, хоча було вивчено кілька різних підходів. Склад пентозанів змінюється залежно від сорту борошна [25, 26]. Взаємодія між пентозанами та глютенем відіграє важливу роль, яка ще не визначена. Більшість комерційно доступних ферментних препаратів, які використовуються для досліджень, містять декілька ферментів, включаючи амілазу, протеазу та декілька геміцелюлаз. Робота Хамера та співавторів [28, 29] вказує на те, що використання пентозаназ підвищує коагуляцію глютену в системі розбавленого тіста. Інші науковці [31, 32] повідомили, що хороша ксиланаз для випікання підвищує міцність клейковини, виміряну динамічними реологічними методами на реометрі Боліна VOR. Вимірюючи клейковину, витягнуту з тістової системи, хороша ксиланаз для випікання збільшила модуль зберігання. У той же час клейковина стала більш еластичною, оскільки фазовий кут  $\delta$  зменшився, тоді як дві інші ксиланаз, які показали погані результати продуктивності випікання не мала істотного впливу на зміцнення клейковини [1].

Різні препарати ксиланаз або пентозаназ по-різному впливають на арабіноксилани (пентозани) з точки зору розщеплення тому вони по-різному впливають на якість виробів у хлібопеченні [31]. Виявлено, що ксиланаз опосередковано впливає на глютен, як обговорювалося вище. Можливий механізм пентозаназ, згаданий Хамером [33], полягає в тому, що фермент може компенсувати негативний вплив нерозчинних пентозанів, присутніх у борошні, оскільки нерозчинні пентозани вважаються такими, що негативно впливають на об'єм хліба та структуру м'якушки. Дослідження, проведене Якобсеном і Сі [31] з використанням чотирьох різних чистих ксиланаз,

показало, що найкращим ферментом з точки зору ефективності випікання є ксиланаза з певним рівнем активності щодо розчинних і нерозчинних пшеничних арабіноксиланів (пентозанів) у системі тіста.

Ксиланаза, яка мала найбільшу активність по відношенню до нерозчинних арабіноксиланів, давала тісто занадто липке, щоб бути прийнятним. Пентозанази також знаходять застосування у виробництві хліба з жита та пшенично-житніх сумішей. Хлібопекарські властивості житнього борошна пов'язані зі здатністю до набухання та розчинністю його пентозанів і співвідношенням крохмаль/пентозан [1].

Відповідне застосування пентозаназ врівноважує водопоглинальну здатність пентозанів із крохмалем. Це спочатку забезпечує кращу розтяжність тіста та кращу обробку та запобігає подальшому відділенню м'якушки від скоринки під час випікання.

#### **1.4. Ліпаза**

Нещодавно ліпазу було визнано сильним ферментом для кондиціонування тіста. Це чудово впливає на ефективність хліба. Об'єм буханки різних сортів хліба значно збільшується, а структура м'якушки стає більш шовковистою та однорідною з більш білим виглядом. Ліпаза може частково або повністю замінити емульгатори, такі як DATEM або SSL/CSL; її загальна ефективність залежить від процедури, рецептури та сировини та наявності інших покращуючих інгредієнтів [1].

Проте вплив пшеничних ліпідів у випіканні хліба, так і спосіб дії ліпази [34, 35, 36] ще не повністю вивчені. Гіпотеза про те, що моногліцериди утворюються *in situ*, не може пояснити ефектом ліпази, продемонстровані вище. Відомо, що моногліцериди мають незначний ефект кондиціонування тіста порівняно з ліпазою. Крім того, вміст загальних ліпідів у більшості пшеничного борошна знаходиться в межах 1–1,5 %. З огляду на обмежений ступінь гідролізу [37, 38] і обмежену кількість тригліцеридів насичених

жирних кислот у системі тіста, утворюється недостатня кількість моногліцеридів насичених жирних кислот для прояву ефектів, описаних раніше. Крім того, моногліцериди, які виробляє ця 1,3-специфічна ліпаза, будуть моногліцеридами другого положення. Повідомлялося, що спочатку і моногліцериди третього положення більш здатні утворювати комплекси з крохмалем, тим самим сповільнюючи дію на черствіння крохмалю [1, 40].

Додавання грибкової ліпази до борошняного тіста суттєво не змінює технологічні властивості тіста, виміряні як фарінографом, так і екстензографом [37] з оптимальним водопоглинанням. Це хороша характеристика для приготування хліба, оскільки більшість пекарів не люблять серйозних змін у системі замісу тіста. Однак, коли реологічні властивості клейковини, обробленої ліпазою, вимірювали за допомогою динамічного реологічного методу, було виявлено, що причиною хорошого ефекту кондиціонування тіста цієї ліпази є збільшення міцності клейковини. Клейковина, отримана з тіста з пшеничного борошна, обробленого ліпазою, є значно міцнішою та має підвищену розтяжність і більшу еластичність. Надлишок ліпази призводить до надто сильного глютенowego комплексу з дуже високим розтяжністю, що дає занадто жорстке тісто та менший об'єм, як згадувалося раніше. Глютен, оброблений ліпазою, має високу розтяжність і збільшений час релаксації, що вказує на збільшення поперечних зв'язків у глютенових мережах, виміряних методом динамічної релаксації напруги [41, 42]. Природу цих додаткових перехресних зв'язків ще належить з'ясувати.

Передбачається, що гліколіпіди утворюють зв'язок між гліадином і глютеніном через водневі зв'язки і гідрофобні взаємодії [1, 43, 44]. Дослідження показали, що ліпаза підвищує термостабільність оберненої гексагональної фази рідкокристалічної фази при нагріванні до 100 °C [46]. Це спостереження запропоновано як можливий механізм ліпази при випіканні хліба [47, 48].

Оскільки ліпази привертають все більше уваги в хлібопекарській промисловості, дослідження в найближчому майбутньому повинні дати нам краще розуміння механізму дії ліпази для приготування хліба.

### **1.5. Оксидази**

Для хліба широко використовуються такі окислювачі, як аскорбінова кислота, бромати, які були ретельно вивчені. Однак справжній механізм дії окислювачів при випіканні хліба не встановлено, хоча висувається ряд гіпотез. Загальновідомо, що бромат є повільно діючим окислювачем, який стає активним при високих температурах. По відношенню до випікання він має максимальну дію на пізніх стадіях розстоювання і на ранніх стадіях випікання, тоді як аскорбінова кислота та інші окислювачі є швидкодіючими окислювачами, що надають максимальну дію під час змішування і розстоювання [1].

Зростаючий попит споживачів на більш натуральні продукти з меншою кількістю хімічних речовин, і особливо занепокоєння щодо можливих ризиків броматів у їжі, створили потребу в замінах броматів. Тому підвищення уваги до хлібопекарської промисловості набирають оксидази. Глюкозооксидаза для приготування хліба відома з 1957 року [49]. Незважаючи на те, що ліпоксигеназа, лізілоксидаза, сульфгідрилоксидаза [50, 51], пероксидаза [52, 53], лакказа [55, 56] і трансглутаміназа, як повідомляється, мають хороші окислювальні ефекти, мало відомо про оксидази для приготування хліба.

Глюкозооксидаза має хорошу окислювальну дію, що призводить до міцнішого тіста. Її можна використовувати для заміни окислювачів, таких як бромат і аскорбінова кислота, у деяких рецептурах і процедурах випічки. У інших рецептах це зміцнювач разом з аскорбіновою кислотою для зміцнення тіста. Приклади застосування глюкозооксидази в поєднанні з іншими ферментами для приготування хліба наведено в багатьох дослідженнях [1].

## **1.6. Синергічні ефекти ензимів**

### *1.6.1 Ензими для приготування тіста*

Використання комбінацій ферментів для випікання хліба не є новим. Добре відомо, що поєднання геміцелюлази або ксиланази з грибковою альфа-амілазою має синергетичний ефект. Висока доза чистої ксиланази може призвести до деякого збільшення об'єму, але тісто з такою дозою ксиланази буде занадто липким, щоб з ним можна було працювати на практиці. Коли ксиланаза поєднується навіть з дуже невеликою кількістю грибкової альфа-амілази, менша доза ксиланази з альфа-амілазою забезпечує більший приріст об'єму та кращу загальну оцінку без проблеми липкості тіста [1].

Можливі нові комбінації з покращеною функціональністю постійно виникають із новими ферментами через розробку продуктів у ферментній промисловості [55]. Наприклад, оскільки ліпаза не робить тісто липким і значно покращує стабільність тіста та структуру м'якушки, синергічний ефект між ксиланазою, амілазою та ліпазою може покращити якість хліба. Завдяки впливу на зміцнення клейковини ліпаза покращує стійкість тіста до надмірного бродіння.

Розроблено комбінацію ферментів для французького багета (випробування проводилися в ENSMIC Baking Laboratory, Paris). Без будь-якого ферменту багет мав погану стійкість до надмірної ферментації. З додаванням альфа-амілази окремо або в поєднанні з ксиланазою об'єм і загальні бали хліба покращилися. Коли альфа-амілазу, ксиланазу та ліпазу використовували разом, загальні показники ще більше покращилися. Тісто продемонструвало високу стійкість до надмірного бродіння, що призвело до значно кращих багетів [1].

Встановлено, що при додаванні ксиланази об'єм батона трохи зменшується. Використовуючи ксиланазу в поєднанні з грибковою альфа-амілазою, об'єм додатково збільшується, вона також покращує структуру м'якушки, тому клітинні стінки стають тоншими, а м'якуш шовковистим. При поєднанні ліпази з іншими ферментами не тільки додатково

збільшується об'єм буханки, але також значно покращується структура м'якушки завдяки більш однорідним клітинам м'якушки [1].

Отже, цей буханець мав би найм'якший м'якуш серед цих зразків. Це показує, що поєднання ліпази з альфа-амілазою або ксиланазою може забезпечити тонку, шовковисту та однорідну структуру м'якушки для батонів, виготовлених за допомогою процесу прямого замісу тіста.

### *1.6.2 Комбінування ензимів для максимізації терміну зберігання*

Як згадувалося раніше, мальтогенна альфа-амілаза є справжнім ферментом, що запобігає черствінню, який не впливає ні на об'єм хліба, ні на структуру м'якушки. Таким чином, цілком реально використовувати цей фермент у поєднанні з такими ферментами, як грибна альфаамілаза, ксиланаза та ліпаза, щоб забезпечити покращення інших параметрів якості хліба, таких як об'єм, стабільність тіста та структура м'якушки. Встановлено, що комбінація чотирьох ферментів дала найм'якший м'якуш протягом усього періоду зберігання 9 днів. М'якість хліба з цими чотирма ферментами на 9 день була такою ж, як і м'якість хліба з 0,5% дистильованих моногліцеридів на 3 день [1]. Важливо, однак, відзначити, що ці ферменти, крім мальтогенної альфа-амілази, не впливають на еластичність м'якушки. Еластичність м'якушки, яка вказує на пружність м'якушки при зберіганні, залежить лише від збільшення дози мальтогенної альфа-амілази [1].

### *1.6.3 Ензими для зміцнення тіста*

Глюкозооксидаза має хорошу окислювальну дію, що призводить до міцнішого тіста. У поєднанні з іншими ферментами, такими як ксиланаза та альфа-амілаза, це може бути використане для заміни окислювачів, таких як бромат і органічні кислоти, у деяких рецептурах і процедурах випічки. В інших рецептурах з додаванням аскорбінової кислоти він є відмінним зміцнювачем тіста [1].



Виявлено переваги додавання комбінації глюкозооксидази, ксиланази та грибової амілази до аскорбінової кислоти під час випікання французьких батонів. Додавання ензимів покращує стабільність тіста під час обробки, що призводить до більшого об'єму тіста. Поєднання ферментів також покращує забарвлення поверхні, створюючи більш бажану хрустку скоринку.

Встановлена подібна перевага, отримана шляхом додавання комбінації глюкозооксидази, ксиланази та грибової амілази до аскорбінової кислоти під час випікання булочок Кайзер. Додавання ензимів призводить до помітного збільшення об'єму та чіткішого малюнка на розріз. Також встановлено, що додавання комбінації глюкозооксидази та грибової амілази до аскорбінової кислоти дає бублик зі значно покращеним об'ємом [1].

Глюкозооксидаза в поєднанні з грибовою альфа-амілазою може замінити бромат у деяких рецептах хліба. Завдяки додаванню глюкозооксидази та грибової альфа-амілази замість бромату кінцевий хліб має значно покращений зовнішній вигляд і збільшення об'єму приблизно на 40 % [1].

### **1.7. Ензими для замороженого тіста та хлібобулочних виробів**

Заморожене тісто набуває все більшої популярності в хлібопекарській промисловості, оскільки воно створює можливість заощадити на робочій силі та обладнанні, одночасно забезпечуючи свіжі вироби для споживачів у пекарнях, закладах харчування та ресторанах.

Основною проблемою виробництва замороженого тіста є погіршення обсягу та загальної якості продукції. Багато досліджень показали, що стабільність замороженого тіста пов'язана з такими факторами, як якість борошна, інгредієнти, рецептура, процес, умови заморожування та розморожування [57, 58].

Зростання кристалів льоду під час заморожування, циклів заморожування-відтавання або зберігання в замороженому стані може

призвести до фізичного руйнування мембрани дріжджових клітин. Втрата цитоплазми призводить до загибелі дріжджових клітин і вироблення вуглекислого газу більше не забезпечується. Результатом є зменшення об'єму або подовження часу вистоювання та небажаний вигляд розмороженого та випеченого хліба. Повідомлялося про автоліз дріжджових клітин, спричинений концентрацією органічних продуктів метаболізму під час виморожування водної фази [60, 61]. Крім того, перекристалізація льоду сприяє механічному руйнуванню та ослабленню тривимірної білкової мережі, яка відповідає за утримання газу. Послаблення структури клейковини та тіста призводить до меншого утримання газу та менших об'ємів [62, 65, ].

Багато повідомлялося про вплив різних інгредієнтів або хімічних покращувачів на якість хліба із замороженого тіста [66, 67]. Описано використання деяких ферментів і комбінацій ферментів для зменшення погіршення якості в заморожених системах.

Непрямий вплив ксиланази на зміцнення клейковини в прісному тісті поширюється і на заморожене тісто. Покращується у тісті стабільність, об'єм і структура м'якушки досягаються при тривалому замороженому зберіганні.

Виявлено збільшення об'єму при додаванні до формули комбінації ксиланази та грибової альфа-амілази [1]. Також покращується структура м'якушки. Після кількох тижнів зберігання в замороженому стані контрольний хліб має досить щільний м'якуш з дрібними круглими клітинами та товстими клітинними стінками. Додавання ксиланази та грибової альфа-амілази зменшує щільність м'якушки і призводить до більшого подовження клітин і більш тонкої клітинної стінки. Через більший питомий об'єм і поліпшення структури м'якушки, також покращується м'якість і еластичність м'якушки.

Встановлено, що об'єми контрольного або еталонного зразка під час зберігання в замороженому стані були прийняті рівними 100%, щоб усунути щоденні коливання результатів [1]. Це означає, що відносне покращення

хліба, що містить ксиланазу та грибкову альфа-амілазу, порівняно до контролем.

Поліпшення гучності при додаванні ксиланози та грибкової альфа-амілази можна пояснити покращенням розтяжністю і менш об'ємна структура тіста. Можливо, більш розтягне тісто легше рухається проти зростаючих кристалів льоду. Руйнування мереж глютену через ріст і гостроту кристалів льоду зменшується, а більша частина клейковини залишається недоторканою [1].

Глюкозооксидаза є ефективний фермент, що зміцнює глютен, завдяки чому хлібці збільшуються в об'ємі і мають кращий зовнішній вигляд. Дещо дивно, що в деяких випадках додавання глюкозооксидази, навіть у невеликих кількостях, може мати шкідливий вплив на якість хлібобулочних виробів, виготовлених із замороженого тіста без перевірки [1, 3].

Звичайно, фактичні результати залежать від інших інгредієнтів у формулі, але в цьому випадку клейковина (не повністю вироблена під час заморожування) стає занадто жорсткою через реакцію глюкозооксидази. Тісто стає крихким і ще більш сприйнятливим до пошкодження кристалів льоду під час зберігання в замороженому стані або циклів заморожування-розморожування [1, 4].

#### *1.7.1. Попередньо витримане заморожене тісто*

Заморожене попередньо витримане тісто становить особливу проблему, тому що коли тісто заморожено, воно знаходиться в найслабшому місці. Однак навіть у цьому випадку ферменти можуть відігравати важливу роль у забезпеченні якісного продукту.

Встановлено, що у попередньо витриманому замороженому тісті значне збільшення об'єму було досягнуто шляхом додавання ксиланози та грибкової альфа-амілази або лише грибкової альфа-амілази. Для цього застосування із заготовок тіста формували невеликі багети та булочки та

вистоювали вдвічі менший час оптимального вистоювання перед тим, як їх заморожували шоковим способом [1, 4].

Глюкозооксидаза. Глюкозооксидаза покращує якість попередньо доведеного або частково витриманого замороженого тіста, на відміну від його впливу на невитримане заморожене тісто. Розвивається мережа клейковини в попередньо витриманому тісті. Завдяки своєму окислювальному ефекту глюкозооксидаза робить цю мережу міцнішою та менш сприйнятливою до пошкодження зростаючими кристалами льоду. Глюкозооксидаза зміцнює глютен і стабілізує мережу глютену, не викликаючи жорсткості, яка спостерігається в неперевіреному замороженому тісті. Додавання глюкозооксидази призвело до збільшення об'єму та зниження швидкості псування під час зберігання в замороженому стані [1].

#### *1.7.2 Хліб із частково витриманого замороженого тіста*

*Багети.* У спечених багетах дія ферментів подібна до їхньої дії у свіжоспечених багетах. Об'єм і забарвлення значно покращуються завдяки використанню комбінації ксиланази та грибової альфа-амілази. Якість частково випечених багетів додатково покращується за допомогою комбінації ксиланази та грибової альфа-амілази та глюкозооксидази.

*Булочки.* Деякі ферменти та їх комбінації також були протестовані в випеченому продукті. Застосування комбінації геміцелюлази та грибової альфаамілази дає значне покращення об'єму та симетрії булочок. Використання комбінації ксиланази та грибової альфа-амілази замість геміцелюлази та грибової альфа-амілази призвело до точно такого ж ефекту. Поєднання глюкозооксидази в дозі 200 мг/кг борошна з 120 мг/кг комбінації геміцелюлази та грибової альфа-амілази ще більше збільшило об'єм і особливо покращив симетрію та загальний вигляд булочок [1].

Важливим параметром, особливо для булочок для хот-догів або сендвічів, є міцність структури тіста. Цей термін описує «тримання разом» двох половинок булочки, коли вони майже розрізані. Дві половини повинні

триматися разом під механічним натягом. Використання комбінації ферментів амілаз, геміцелюлази та глюкозооксидази може значно покращити міцність цього шарніра. Встановлено, що еталонна булочка без ферментів розпалася на дві частини після того, як її кілька разів згинали вперед-назад. Булочка з описаною ензимною сумішшю демонструє сильний «утримуючий ефект» між двома половинками. Цей ефект в основному виражений у формулах з відносно низьким водопоглинанням [4].

### *1.7.3. Подовження терміну зберігання хліба із замороженого тіста*

Повідомляється, що хліб, випечений із замороженого тіста, навіть більш сприйнятливий до твердіння, ніж хліб, випечений із свіжого тіста [68, 69]. Хліб, випечений із неперевіреного замороженого тіста, яке було заморожено протягом 7 тижнів, твердіший, ніж хліб із тіста, замороженого протягом 5 днів. Як і в хлібі з прісного тіста з використанням амілаз, зокрема мальтогенної альфа-амілази, швидкість черствіння може бути значно знижена. Хліб, випечений із замороженого тіста, що містить мальтогенну альфа-амілазу або комбінацію мальтогенної альфа-амілази, ксиланази та грибової альфа-амілази, значно м'якший після випікання, ніж еталонний, що містить 0,5% дистильованих моногліцеридів. Знову ж таки, як і в хлібі з прісного тіста, мальтогенна альфа-амілаза забезпечує набагато більшу еластичність м'якушки після випікання порівняно з хлібом, що містить моногліцериди. Ці результати показують, що мальтогенна  $\alpha$ -амілаза подовжує термін придатності хліба не лише під час зберігання випеченого хліба, але й ефективна після тривалого заморожування. Це забезпечує кращу якість із більш м'якою та еластичною текстурою м'якушки [1, 70].

Під час дослідження дії мальтогенної альфа-амілази та її комбінації з грибовою альфа-амілазою та ксиланазою, порівняно з дистильованими моногліцеридами в хлібі, випеченому з тіста, яке зберігалось протягом 7 тижнів при  $-18^{\circ}\text{C}$ , виявлено, що вплив ферментів на текстуру м'якушки не

лише значно кращий, ніж вплив дистильованих моногліцеридів під час зберігання хліба, але й для свіжого хліба [1, 4].

### **1.8. Висновки з даних оглянутих публікацій**

У хлібопекарській промисловості розглядалося введення біотехнологічних заходів (допоміжних речовин і добавок), таких як ензими та емульгатори, для покращення термічних, реологічних і фізико-хімічних властивостей тіста та хліба. Однак сьогодні ферменти мікробного походження вважаються хорошою альтернативою для використання у випіканні хліба, оскільки вони безпечніші, оскільки мають біологічне походження, на відміну від шкідливих хімічних добавок. Для цього досліджено широкий спектр ферментів. При цьому використання ензимів у різних технологіях борошномельного виробництва має на меті покращити властивості тіста та готового продукту. Це можна досягти тільки при проведенні експериментальної роботи, адже постає питання введення у виробництва хліба борошна нижчих гатунків, яке за технологічними властивостями значно гірше, проте воно більш корисне для організму споживачів. У такому випадку доцільно застосовувати ензиміні суміші, які забезпечать борошно, а відповідно й тісто бажаними біологічно-активними речовинами, які забезпечать кращу якість готового продукту. Тому дослідження в даному напрямі доцільно проводити, це дозволить здешевити технологію виробництва.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведення літературного огляду наукових публікацій з обраної тематики та виконання основної частини експериментальних досліджень здійснено магістранткою у лабораторії «Технологій, аналізу та експертизи харчової продукції і води» кафедри ХБ ТНТУ ім. І. Пулюя. Деякі методи визначення якості борошна й тіста було проведено в лабораторіях інших установ.

Аналіз літератури виявив, що борошно злакових культур має різну якість клейковини, тому враховуючи її стан можна покращити фізико-процеси в тісті шляхом застосування природніх поліпшувачів на основі ензимів. Проаналізовано найбільш поширені ензими в хлібопекарській промисловості, зокрема альфа-амілаза. Тому на підставі виявленої інформації сформульовано мету даного магістерського дослідження. Мета роботи – визначити вплив ензимного поліпшувача Верон М-4 на якість клейковини борошна та технологічні властивості тіста й пшеничного хліба.

Об'єкт дослідження: препарат Верон М-4, борошно пшеничне, тісто пшеничне з ензимом альфа-амілаза, активність ензимів, якість тіста й хліба, органолептичні показники.

Предмет дослідження: зміни властивостей пшеничного тіста за обробки борошна ензимним поліпшувачем Верон М-4, вплив ензиму на якість готового виробу.

Методи дослідження: аналітично-пошукові (інформація про роль природніх ензимів у борошні та вплив їх на перебіг технологічних параметрів в тісті й готових виробах); фізико-технологічні (газоутворююча здатність, кислотність тіста, підйомна сила тіста, питомий об'єм тіста й хліба); органолептичні (оцінка готових виробів), статистичні.

На рис. 2.1 відображено етапи за якими побудована магістерська робота.



**Рис. 2.1. Схема виконання роботи**

Видно, що на першому нами оцінено ефективність застосування різних ензимів у хлібопекарському виробництві для покращення якості готового виробу.



На другому етапі виконано ряд дослідів з оцінки якості клейковини пшеничного борошна за застосування ензимного поліпшувача Верон М-4.

На третьому й четвертому проведено дослідження з визначення оцінки впливу ензимного поліпшувача Верон М-4 на хлібо-пекарські властивості тіста й свіжовипеченого хліба.

На п'ятому – було розроблено графічні креслення цеху з виробництва хліба пшеничного з використанням ензимного поліпшувача Верон М-4.

Під час планування експериментів нами досліджено ензимний поліпшувач тіста Верон М-4 у наступних дозуваннях: 0,4 г на 100 кг борошна; 0,7 г, 1,0 г, 1,4 г та 1,8 г, відповідно. Тобто дослідили п'ять концентрацій поліпшувача, а одна без поліпшувача слугувала контролем.

В основному використовували стандартизовані методики, які приведено в українських нормативних актах, зокрема вміст клейковини відповідно до ДСТУ ISO 21415-1:2009 [79, 81], водночас якість клейковини за допомогою традиційного прилада ІДК [80]. Числа падіння – відповідно ДСТУ ISO 3093:2019 за методом Hagberg-Perten [80].

Фізико-технологічні властивості тіста й якість свіжовипеченого пшеничного хліба відповідно ДСТУ 7045:2009 [82].

Усі отримані результати були повторені тричі та піддавалися статистичним обрахункам з використанням комп'ютерної програми Statistica 13. Отримані дані були вірогідні за  $P \leq 0,05$ .

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

#### **3.1. Ензими у технології виробництві хліба: джерела, взаємодія та вплив на якість хліба**

У приготуванні хліба як сировину зазвичай використовується пшеничне борошно, яке складається із суміші ферментів, некрохмальних і крохмальних полісахаридів, ліпідів і глютену. Крохмаль є основним компонентом у хлібобулочних виробках, який функціонує як стабілізатор емульсії, загущувач, зв'язувач води, желуючий агент і замітник жиру [1, 2]. Окрім крохмалю, ліпіди та арабіноксилани також присутні в борошні та впливають на реологічні властивості тіста [4, 7].

У хлібопекарській та круп'яній науці термін реологія представляє особливий інтерес. Це визначається як дослідження того, як тверді, рідкі або напівтверді матеріали течуть або деформуються під напругою чи вимушеними умовами [3, 4]. Реологічні властивості тіста також відомі як властивості обробки і включають:

1. Еластичність: це ступінь, до якого частина тіста намагатиметься відновити свою початкову форму після усунення деформуючої сили.

2. Розтяжність: здатність тіста змінювати форму або розтягуватися. Як деформуючі сили беруть участь тиски формування та листування.

3. Стійкість до деформації: схожа на м'якість тіста. Тісто повинно мати певну стійкість до деформації, і це пов'язано з легкістю зміни форми під час формування та розкладання, щоб уникнути пошкодження нестабільних газових комірок.

4 В'язкість: це стійкість рідких матеріалів до зсувних сил.

Ці категоріальні поняття використовують для оцінки хлібопекарських якостей і продуктивності тіста з пшеничного борошна. Вони характеризують

стійкість до деформації, консистенцію форми тіста при змішуванні борошна і води [1, 2]. Фарінографічні параметри включають водопоглинання (%), час розробки тіста або час замішування, індекс толерантності до змішування і стабільність.

Реологія харчових продуктів є важливою частиною науки про харчові продукти, що забезпечує аналіз плинності та деформації рідких і напівтвердих харчових продуктів. Реологія тіста пов'язана зі складним взаємозв'язком різних сортів борошна та добавок (відновників, окислювачів, ферментів, емульгаторів, цукру та солі), які регулюють течію та деформацію систем тіста під впливом зовнішніх сил [6, 8, 9]. Для характеристики реології зернових продуктів використовують кілька типів приладів, таких як фарінограф, DoughLAB, альвеограф, екстензограф і аналізатор текстури [1, 4, 16]. Зокрема, doughLAB є еволюцією сучасного обладнання для аналізу борошна, яке забезпечує розширені функції порівняно зі звичайним аналізом завдяки вищій швидкості та вищому крутному моменту.

Пшеничне борошно завдяки білкам клейковини має надзвичайну здатність утворювати в'язкопружне тісто з газоутримувальною здатністю [6]. Однак Pareyt et al. [72] помітили, що ліпіди є ключовим інгредієнтом для приготування хліба через їх різні особливі властивості під час обробки та зберігання хліба. Окрім таких властивостей пшеничного борошна, в тісто домішують деякі екзогенні ферменти для покращення процесу випікання за рахунок скорочення часу приготування хліба та швидкості черствіння, заміни хімічних добавок та збалансування варіативності борошна [1].

Поліпшувачі тіста або підсилювачі також відомі як покращувачі хліба, які використовуються у випічці хліба для покращення не лише властивостей тіста, таких як обробка тіста та газоутворення та утримання, але й для покращення різних характеристик хліба, таких як текстура, структура м'якушки, об'єм, колір та нарізуваність. Однак покращувачам тіста на основі ферментів віддають перевагу над хімічними.

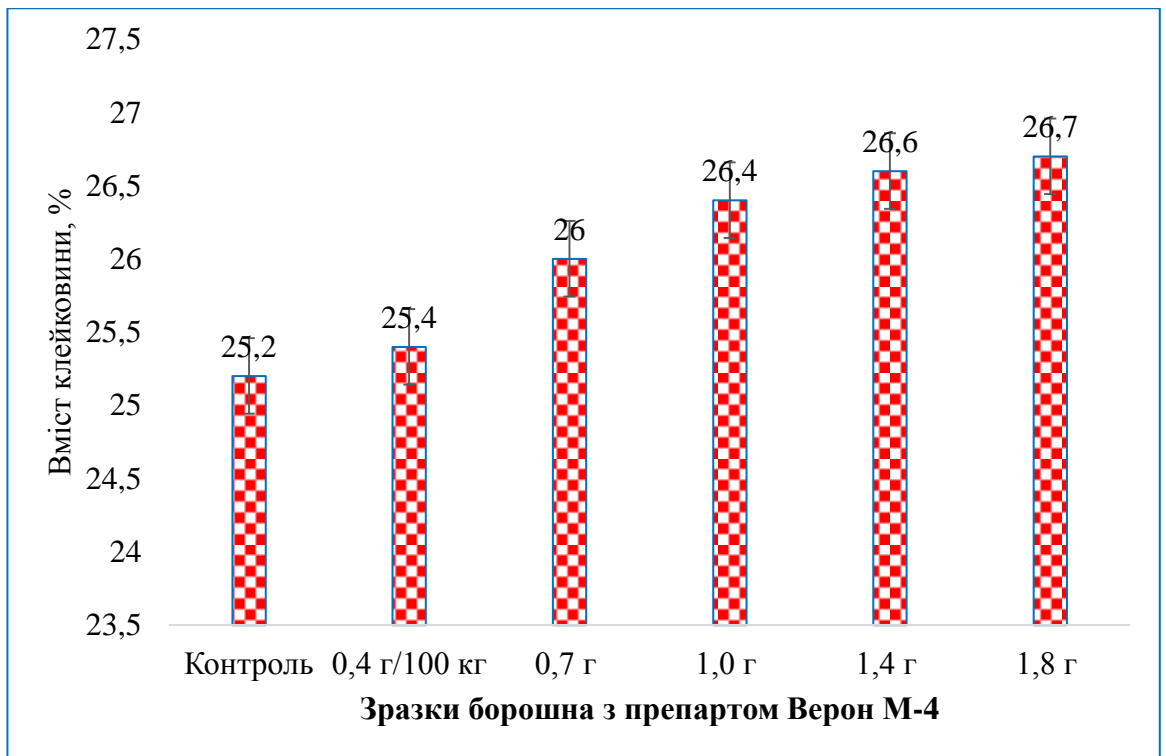
Використання суміші ферментів є звичайною практикою, і різні суміші або комбінації ферментів доступні на ринку. Усі ферменти можуть діяти незалежно або проявляти синергічний ефект. Зараз існує тенденція контролювати та вибирати для застосування композиційної суміші ферментів, яка може надавати кращий ефект та діяти синергетично на різні компоненти борошна. Також люди в усьому світі хочуть, щоб їхні продукти не містили хімічних консервантів і добавок, тому роль ферментів у потенційній заміні хімічних речовин є дуже важливою.

### **3.2. Дослідження пшеничного борошна за показниками, які характеризують силу борошна**

У сучасних реаліях інтенсивного розвитку хлібопекарської галузі якість борошна, що використовується для приготування хліба чи виробів з нього вважається ключовою й визначається рядом хімічних і технологічних властивостей. У випадку недостатньої якості пшеничного борошна за певними основними борошномельними показниками (здатність до розтягу, пружність, газотримувальна здатність), тобто тими, що надають силу борошну, технологи під час приготування тіста коригують його додаючи різні хімічні компоненти, або природні, зокрема ензими. Ці препарати мають здатність покращувати стан і властивості білково-протеїназного комплексу пшеничного борошна. На ринку реалізуються препарати переважно закордонних компаній – хлібопекарські поліпшувачі, які при додаванні у технологію випічки хліба чи хлібобулочних виробів, зумовлюють покращення якості борошна і тим самим вихід якісного готового виробу. Серед таких препаратів – ензими займають важливу нішу, оскільки відносяться до речовин природного походження і руйнуються за температури випікання. В основному застосовують у хлібопекарській промисловості препарати у склад, яких входять ензими гліколітичного спрямування – гідролази, які гідролізують крохмаль молекул до тонкодисперсних різноманітних

продуктів, таких як декстрини, і поступово менших полімерів, що складаються з одиниць глюкози. Альфа-амілази, ксиланази та целюлази. Вони можуть використовуватися, як по окремо, так і в комбінації між собою у різних пропорціях. Німецька фірма «AB Enzymes» пропонує в Україні ензимні препарати під назвою «Верон», які містять у своєму складі ензими, які продукують гриби: альфа-амілазу, геміцелюлази (ксиланази), протеїнази, тощо.

З літературних джерел розділу один, нами з'ясовано, що найбільш комплексно дії на крохмаль борошна та найчастіше ензим застосовують у хлібопекарській галузі – це альфа-амілазу. Фірма «AB Enzymes» реалізує препарат з даним ензимом під назвою «Верон М-4», нами для свого дослідження було використано даний препарат у технології виробництва хліба з пшеничного борошна. При цьому ми застосовували різну кількість ензиму - «Верон М-4» для приготування тіста. За інструкцією даний ензим застосовують у кількості від 0,3 до 2,0 г на 100 кг борошна за рецептурою. Враховуючи даний факт, нами було досліджено додавання різної кількості ензиму «Верон М-4» до пшеничного борошна вищого сорту та визначено його хлібопекарські властивості. Отримані результати у даному дослідженні наведено на рис. 3.1.



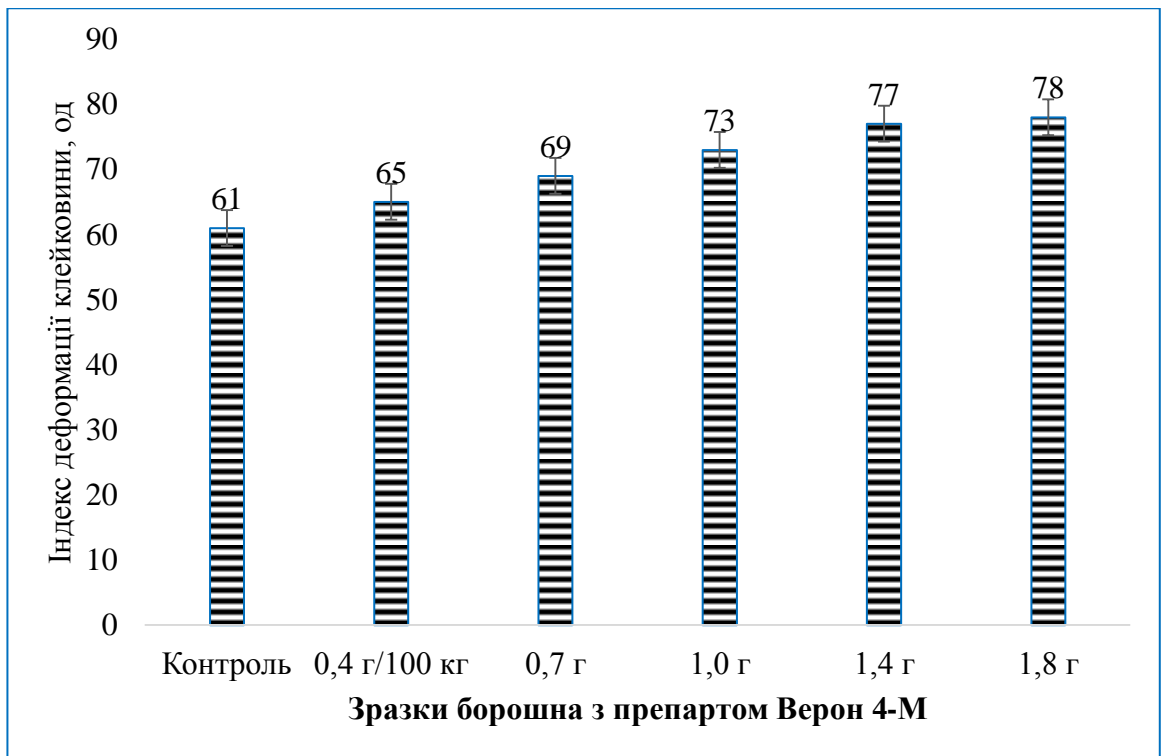
**Рис. 3.1. Дослідження зміни вмісту клейковини після обробки борошна ензимним препаратом «Верон М-4»**

Виявлено (рис. 3.1), що досліджуване нами борошно пшеничне без додавання ензимного препарату мало вміст клейковини  $25,2 \pm 0,2$  %, такий показник за даними літератури характеризує його як достатній вміст для виробництва хліба [1]. Адже товарна якість пшеничного борошна буде добра при вмісті клейковини не менше 24 %, таким чином у нашому борошні вміст клейковини був практично на нижній границі, яка вказує на його якість. Обробка борошна препаратом «Верон М-4» поступово збільшувала вміст клейковини у ньому, але при цьому кількість залежала від концентрації доданого в борошно ензимного препарату. Так виявлено, що при обробці борошна препаратом у концентрації 0,4 г на 100 кг борошна, кількість клітковини зростала на 0,2 %, а за обробки 0,7 г на 0,8 % і становила  $26,0 \pm 0,2$  %. Збільшення препарату Верон М-4 до 1 г на 100 кг борошна більш інтенсивно покращувало його технологічні властивості, зокрема збільшення вмісту клейковини до 26,4 %, що на 1,2 % більше, ніж було у борошні без обробки ензимом.

За обробки борошна у концентрації від 1,4 г до 1,8 г на 100 кг кількість клейковини збільшувалася, в середньому на 1,5 %, порівнюючи з контрольним борошном і становила  $26,7 \pm 0,2$  %. Схожі результати від застосування амілолітичних ферментів для обробки борошна отримували дослідники [73], у їхніх дослідженнях обробка даним препаратом сприяла збільшенню клейковини в пшеничному борошні на 1,2 % за умови обробки 1 г / 100 кг борошна.

Отже, додавання альфа-амілази, яка наявна в препараті Верон М-4 до борошна сприяє збільшенню кількості клейковини (приблизно на 1 %), адже ці ферменти гідролізують молекули крохмалю з утворенням різноманітних продуктів, включаючи декстрини, який розпадається в подальшому на глюкозу, що позитивно має впливати на якість хліба.

Наступний тест, який ми використовували для оцінки якості клейковини – це індекс деформації клейковини, саме за допомогою цього методу (визначення ІДК) у виробничих умовах визначають її можливу здатність до розтягу, пружності та газоутримувальні властивості, які становлять механічну базу тіста. Від ІДК під час технології приготування тіста й випікання залежать структурно-механічні показники мякуша пшеничного хліба. Технологи та науковці хлібопекарської галузі вказують, що для отримання гарного за органолептичними та фізико-хімічними властивостями борошняні вироби необхідно, щоб ІДК був у межах 60 – 95 од [73], при цьому чим вищий вміст високоякісної клейковини тим краще це впливає на товарний вигляд, а отже і біологічну цінність виробленого хлібобулочного виробу. При цьому необхідно підкреслити, що на якість клейковини безпосередньо впливає сорт пшениці, погодні умови її вирощування та дотримання строків збирання урожаю. Водночас такі підходи, як селекція пшениці підвищує властивості пружності тіста, але практично не впливає на його розтяжність, на останній показник впливає підвищення білка в пшениці, який оптимізується при правильному азотному живленні [73].



**Рис. 3.2.** Дослідження зміни якості клейковини після обробки борошна ензимним препаратом «Верон М-4»

Нами проведено оцінку ІДК у пшеничному борошні без обробки його препаратом Верон М-4 та за обробки у різних кількостях (див. дані рис. 3.2).

Виявлено, що істотний вплив на показник індексу деформації клітковини, мало додавання препарату Верон М-4 до борошна пшеничного. Оскільки із збільшенням концентрації ензиму в борошні властивості останнього істотно покращувалися – зростав ІДК. Так, у контролі – борошно без ензиму ІДК становив 61 од, тобто практично на нижній межі для якісного борошна. Обробка пшеничного борошна Верон М-4 у кількості 0,4 г на 100 кг сприяла збільшенню ІДК до 65 од, тобто на 4 од більше, ніж у борошні контролі, а за кількості внесеного препарату 0,7 од ІДК, ще більше зросло – до 69 од.

У варіанті борошна при обробці його 1,0 г препарату на 100 кг індекс деформації клейковини становив 73 од, тобто на 12 од був більший, якщо порівнювати із борошном у контролі. Якщо брати до уваги те, що виробник дозволяє вносити препарат Верон М-4 у максимальній кількості – 2,0 г на

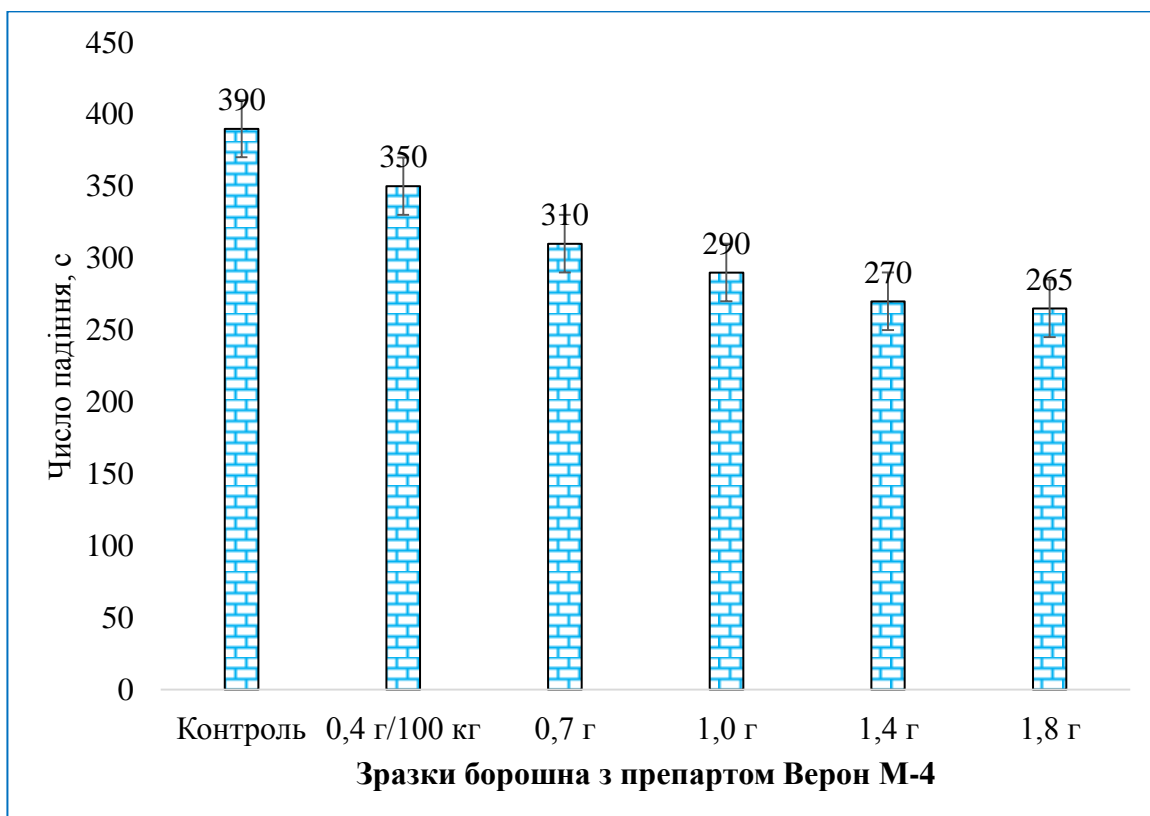


100 кг, то у нащому випадку за обробки борошна максимальною кількістю 1,8 г індекс деформації клітковини становив 78 од, що аж на 17 од більше, як у контролі.

У дослідженнях [73] при додаванні даного препарату до борошна з початковою ІДК 60 од у контролі відмічали зростання приблизно на 10 % за обробки у дозі 1 г на 100 кг борошна. Ми можемо стверджувати, що наші результати були практично аналогічні, що підтверджує необхідність поліпшувати технологічні і поживні властивості борошна за допомогою різних природних чи хімічних інгредієнтів.

Таким чином обробка борошна препаратом, який містить у складі альфа-амілазу дуже позитивно впливає на якість клейковини, так як ІДК зростає до 17 од., що неодмінно матиме вплив на якісні характеристики готової борошномельної продукції.

Для більшої характеристики борошна нами було визначено його число падіння. Отриані дані у цьому експерименті нами приведено на рис. 3.2.



### **Рис. 3.3. Дослідження зміни числа падіння борошна за обробки ензимним препаратом «Верон М-4»**

Число падіння борошна відноситься до основної його характеристики, адже показує в якому, стані перебуває крохмаль, тобто дає характеристику активності природного ензиму альфа-амілаза, чи піддався руйнуванню вуглеводно-білковий комплекс зерна, який відбувається під час його проростання, що зазвичай проходить коли зерно невчасно зібране і воно змгло. При цьому технологи вважають, що чим вище число падіння борошна, тим краще для хлібопекарської галузі. Зазвичай за даними науковців – практиків рівень активності альфа-амілази має становити низькі значення, тобто при визначені числа падіння воно має бути високим. Через те, що активний ферментний гідроліз крохмалю тіста спричинятиме підвищену його вязкість і липкість. Тому при визначені числа падіння високі його значення вказують на низьку активність ензиму альфа-амілази, тобто білок є досить придатний для хлібобулочних виробів [1, 4, 73].

За показником числа падіння борошна його відносять до певного класу. Так, за вимогами нормативів Європейського Союзу для використання у хлібопекарській галузі борошна його число падіння має становити не менше 220 секунд, у деяких випадках рекомендують не нижче 250 секунд [71]. Зазвичай додавання тих чи інших поліпшувачів для хліба з пшеничного виробу орієнтуються на цей показник – число падіння.

Наші дослідження встановили (рис. 3.2), що найнижча активність альфа-амілаз закономірно була у контрольному борошні й число падіння становило – 390 с. Обробка пшеничного борошна ензимним препаратом Верон 4-М закономірно збільшила число падіння, оскільки в його склад входить альфа-амілаза.

Так, при найменшій обробці борошна препаратом 0,4 г на 100 кг активність альфа-амілази зростала й число падіння становили – 350 секунд, а за обробки 0,7 г на 100 кг зменшилося до 310 секнд, тобто на 80 секунд

число падіння зменшується, порівнюючи з контролем. Проте, навіть за такого додавання ензимного препарату борошно характеризується ще досить високої якості для переробки і випічки хліба.

За обробки вероном М-4 у половині максимальної дози, як це рекомендує інструкція число падіння зменшилося до 290 с, що на 100 секнд, менше, порівнюючи з даними у борошні без обробки альфа-амілазою.

У нашому досліді ми обробляли борошно у найбільшій дозі це 1,8 г/100 кг, за такої обробки число падіння становило 265 секунд. Тобто воно повністю відповідало вимогам ЄС щодо можливості використання у хлібопекарському виробництві.

Отже, підсумовуючи даний дослід, щодо визначення активності альфа-амілази у борошні за умови його обробки препаратом Верон М-4, відзначаємо, що він суттєво впливає на такий показник, як число падіння. За цим показником у нашому дослідженні оптимальне є його застосування для обробки пшеничного борошна у кількості 1,0 г / 100 кг. За такого вмісту число падіння буде становити 290 секунд, що вважається нормальним борошно для випікання хліба.

Разом з тим, в загальному додавання ензимного препарату до пшеничного борошна покращує якість клейковини, зокрема при додаванні 1 г /100 кг борошна кількість клейковини збільшкеться на 1,2 %, а індекс деформації клейковини збільшується на 12 од, такі дані значно підвищують якість борошна.

### **3.3. Вплив додавання ензимного препарату Верон М-4 на хлібопекарські властивості тіста**

Обєм батону виробу – це показник від якого залежить споживчі властивості готового хліба. Добре виброжений хліб має певний обєм порівняно, який залежить від бродильних процесів, тому питомий обєм тіста

корелює з його газоутворюючою здатністю. Нами було визначено дані показники за обробки борошна препаратом Верон М-4 (див. рис. 3.4 – 3.5).

Встановлено (рис. 3.4), що від дози доданого препарату у борошно залежав питомий об'єм тіста на закінчення бродильного процесу – 160 – 180 хв. Тобто при збільшенні концентрації ензиму альфа-амілаза в борошні виявляли більший питомий об'єм тіста. Так при обробці борошна ензимним препаратом у кількості 0,4 г / 100 кг питомий об'єм тіста збільшився на 0,23 см<sup>3</sup>/г, а за обробки дозою 0,7 г / 100 кг збільшувався на 0,45 см<sup>3</sup>/г, порівнюючи з тістом без обробки ензимом. Збільшення дозування препарату Верон М-4 до 1,0 г /100 кг борошна забезпечувало продовження збільшення питомого об'єму тіста до  $2,84 \pm 0,05$  см<sup>3</sup>/г, порівнюючи з контролем. Водночас збільшення додавання препарату від 1,4 г до 1,8 г / 100 кг не мало такого дозозалежного ефекту щодо збільшення питомого об'єму, як від 0,7 до 1,0 г / 100 кг. У даному діапазоні питомий об'єм збільшився від 2,91 до 2,93 см<sup>3</sup> /г.

Дослідники (Alqah та ін., 2022; Rebholz та ін., 2021) [75, 76] повідомляють, що грибкова альфа-амілаза є найпоширенішим ферментом, який використовується у виробництві хліба як засіб, що запобігає черствінню, який може випадково пошкоджувати крохмаль і знижувати його здатність зв'язувати воду, таким чином збільшуючи гідратацію клейковини. Крім того, Patel et al. (2012) [77] продемонстрували, що додавання грибкової  $\alpha$ -амілази до пшеничного борошна призвело до зменшення водопоглинання, часу розвитку, стабільності та розтяжності та збільшення резистентності через наявність декстрину з низькою молекулярною масою, що утворюється гідролізом  $\alpha$ -амілази.

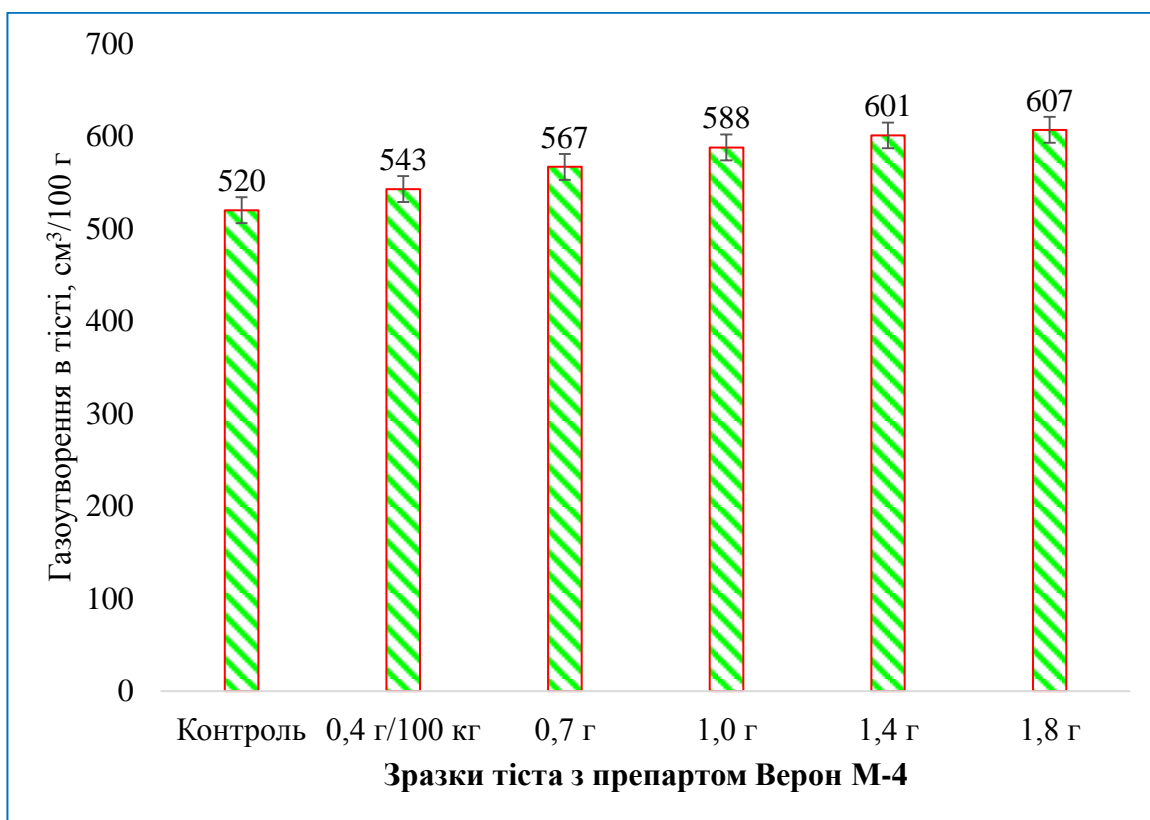


**Рис. 3.4. Дослідження зміни питомого об'єму тіста виготовленого з борошна обробленого ензимним препаратом «Верон М-4»**

У нашому дослідженні збільшення питомого об'єму тіста можна пояснити через призму біохімічних змін, які пов'язані з гідролізом вуглеводневого комплексу тіста, у результаті чого нагромаджується більша кількість доступних ди- та моносахариди. Дані прості цукри легше засвоюються мікробіотою тіста (в основному дріжджами) і в результаті більше утворюється вуглекислий газ, який збільшує питомий об'єм тіста. Проте, дані зміни не тільки пов'язані із життєдіяльністю мікробіоти, але на структуру тіста досить активно впливає амілолітична активність альфа-амілази доданої з препаратом Верон М-4.

Отже, з оцінки питомого об'єму тіста за обробки його препаратом Верон М-4 відзначаємо, що оптимальний його дозозалежний ефект відбувається за кількості 1,0 г на 100 кг борошна. У тісті з такого борошна питомий об'єм був на 0,64 см<sup>3</sup> / г більший, ніж у контрольному пшеничному тісті ензиму.

Як було зазначено вище, питомий об'єм тіста безпосередньо залежить від газоутворюючої здатності, ці два процеси взаємозалежні, але перший безпосередньо має вплив на об'єм батона, а другий є першопричиною, який зумовлює зміни. Тому нами було проаналізовано газоутворюючу здатність тіста, борошно якого містило препарат Верон М-4 (дані на рис. 3.5).



**Рис. 3.5. Дослідження зміни газоутримуючої здатності тіста виготовленого з борошна обробленого ензимним препаратом «Верон М-4»**

З рис. 3.5 спостерігається активний процес зміни газоутворення у тісті за умови додавання до борошна ензиму альфа-амілаза, який входить у препарат Верон М-4. При цьому величина газоутворюючої здатності суттєво зростала за додавання препарату до 1,0 г / 100 кг борошна. Так у тісті з вмістом у борошні препарату в кількості 1,0 г газоутворююча здатність становила  $588 \pm 4$  см³ / г, що на  $68$  см³ / г більша кількість, ніж у тісті без даного препарату. У тісті, яке було виготовлене з борошна з вмістом

препарату Верон М-4 1,4 – 1,8 г / 100 кг, показник газоутворюючої здатності значно не відрізнявся від значення, яке було за 1,0 г верону в борошні.

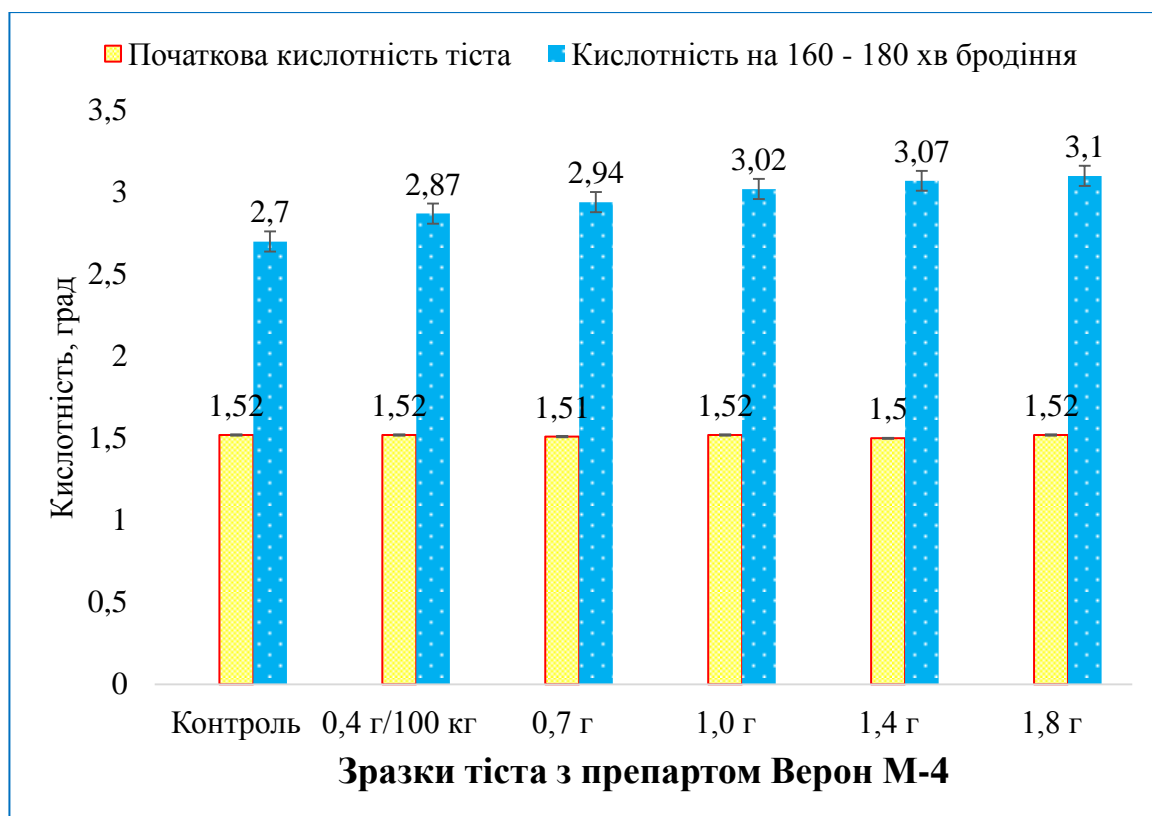
Додавання борошна екзогенної грибкової  $\alpha$ -амілази з більш високою активністю є поширеним у сучасному сучасному та безперервному процесі хлібопечення [74]. Додавання альфа-амілази в борошно не тільки підвищує швидкість бродіння та зменшує в'язкість тіста (що призводить до покращення об'єму та текстури продукту, але також створює додатковий цукор у тісті, що покращує смак, колір скоринки та підсмажування якості хліба [75] Одне з нових застосувань альфа-амілази в промисловість уповільнює черствіння хлібобулочних виробів, що зменшує термін зберігання цих продуктів.

Отже, з оцінки газоутворюючої здатності бачимо, що обробка борошна ферментом альфа-амілазою у дозі 1,0 г / 100 кг дуже позитивно впливає на даний процес, що призводить до більшого вироблення мікробіотою вуглекислого газу та покращення пружно-еластичної структури тіста.

У наступному дослідженні нами було поставлено завдання порівняти готовність виробів приготовлених з додаванням препарату Верон М-4 на 160 – 180 хв бродіння за показником титрована кислотність. Отримані дані даного експерименту приведен на рис. 3.6.

Виявлено (рис. 3.6), що обробка борошна ензимом альфа-амілаза може скоротити процес виброджування та готовність напівфабрикату і відповідно час виробничого процесу приготування хліба в цілому. Зокрема у тісті пригтовленому з препаратом ензимом у дозі 0,4 г / 100 кг титрована кислотність була більша на 0,17 град, а за дозування препарату 0,7 г / 100 кг вона булав же більша на 0,24 град, ніж у тісті без використання вернону М-4. За обробки тіста альфа-амілазою у дозі 1,0 г за препаратом Верон М-4 кислотність була ще більша, ніж за нижчих дозувань – 3,02 град. За наступного підвищення концентрації альфа-амілази у даному борошні суттєвого зростання кислотності, порівнюючи з нижчими конуентраціями не реєстрували. Це дає підставу вважати, що даний препрат сприяє швидшому накопиченю органічних кислоти у тісті, а дозування в 1,0 г на 100 кг борошна

за препаратом для тіста з такими показниками клейковини, які наведені в підрозділі 3.2 можна вважати оптимальним.



**Рис. 3.6. Визначення готовності зразків тіста за титрованою кислотністю виготовленого з борошна обробленого ензимним препаратом «Верон М-4»**

Отримані дані у цьому експерименті були схожі з результатами інших науковці-технологів хлібопекарської галузі, які повідомляють, що до пшеничного борошна, в тісто домішують деякі екзогенні ферменти для покращення процесу випікання за рахунок скорочення часу приготування хліба та швидкості черствіння, заміни хімічних добавок та збалансування варіативності борошна. Зокрема у результаті включення альфа-амілази до гречаної крупи тісто зменшило водопоглинання, час розвитку, стабільність, час бродіння, розтяжність і липкість, тоді як підвищило розм'якшення і стійкість до розтягування [74]. Подібні результати спостерігали Sahnoun та ін. (2013), які повідомили, що додавання  $\alpha$ -амілази зменшило час розробки, водопоглинання та стабільність хлібного тіста [78].



Отже, у підсумку зазначаємо, що препарат Верон М-4 за дозування від 0,4 до 1,0 г на 100 кг позитивно впливає на процеси бродіння, оскільки час виброджування можна скоротити. Зокрема готовність виробів за показником титрована кислотність була на 0,3 град більша на 160 – 180 хв бродіння тіста, що в кінцевому етапі скоротить технологічний процес.

Значна частина науковців хлібопекарського виробництва повідомляють, що одним із недоліків, який виникає під час застосування препаратів-ензимів для приготування борошняних виробів – це підвищення їх липкості [74, 75, 76].

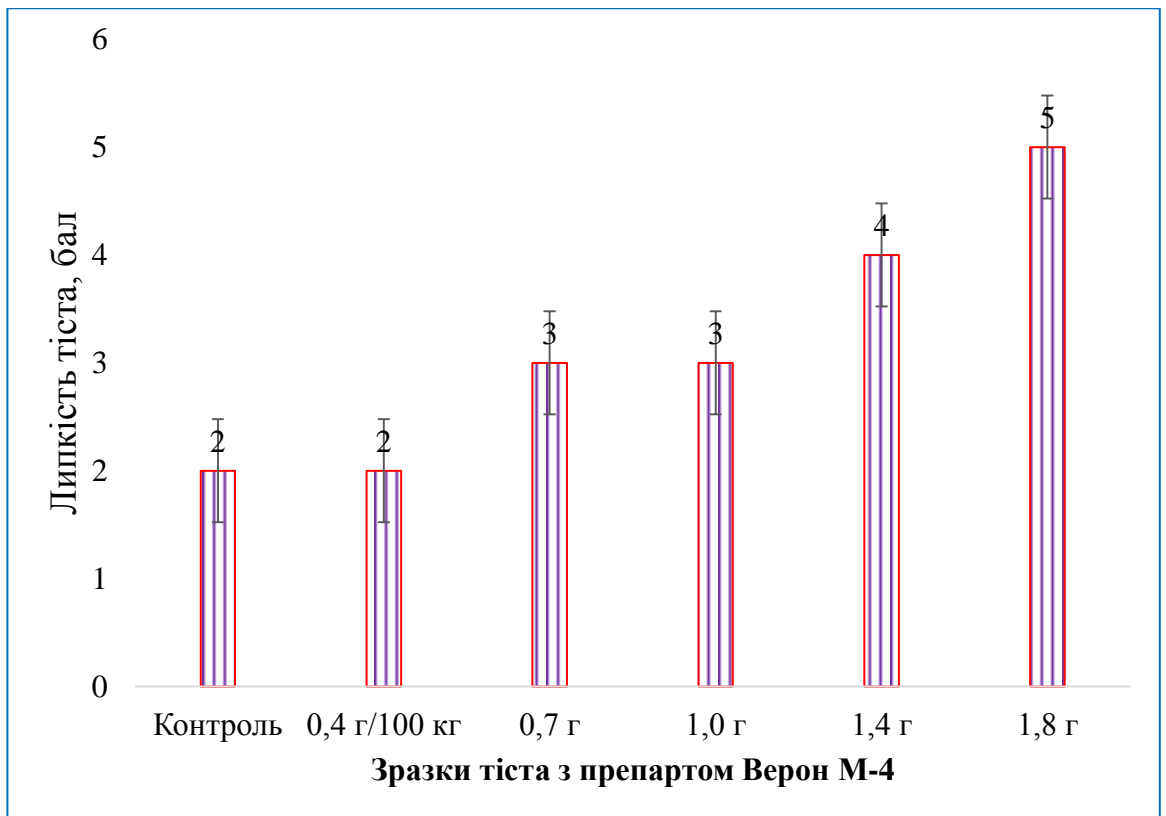
Нами було визначено липкість тіста у зразка до яких додавали препарат Верон М-4. При цьому для визначення величини липкості тіста під час його розробки використовували розроблену умовну бальну шкалу, яка відповідала наступним показникам: – 1 – 2 бали тісто характеризується, як помірно липке та зазвичай використовується у технологічному процесі виробництва виробів з пшеничног борошна;

– 3 бали – тісто має дещо вищу липкість, ніж у контролі, проте вона цілком задовільна для використання у технологічному процесі;

– 4 бали – тісто липке, важко відривається від рук і з нього важко приготувати напівфабрикати для роботи, потребує додаткової обробки борошном;

– 5 балів – тісто занадто лепке, вироби з нього дуже погано відстають від рук, не придатне для випікання хліба.

Встановлено (рис. 3.7), що за додавання у борошно 0,4 г препарату Верон М-4, відмінності в липкості тіста з контрольним зразком не спостерігали. Обидва зразки тіста мали однакову кількість балів – два.



**Рис. 3.7. Дослідження липкості тіста виготовленого з борошна обробленого ензимним препаратом «Верон М-4»**

По три бали за показником липкості мали зразки тіста, яке виготовлене з борошна обробленого препаратом Верон М-4 у кількості від 0,7 до 1,0 г на 100 кг. Найбільшу кількість балів ми реєстрували у тісті з доданою альфа-амілазою у кількості 1,4 – 1,8 г за препаратом – п'ять балів.

У досліджах [1, 74, 75] також було зазначено, що надмірне внесення у тісто амілолітичних ензимів призводить до більш м'якої глютенної матриці. Це в подальшому призводить до липкості тіста, що узгоджується з нашими даними при додаванні верону М-4.

Отже, з даного дослідження бачимо, що додавання препаратів ензимів повинно визначатися якістю борошна, адже надмірне їх внесення у борошно спричинить значний гідроліз і підвищену липкість, що унеможливить виробляти тістові напівфабрикати. Також відзначаємо, що додавання препарату Верон М-4 у нашому випадку – це у кількості 1,0 г на 100 кг

борошна, таке дозування є оптимальним і не спричиняє погіршення процесу липкості готового тіста.

### **3.4. Вплив додавання ензимного препарату Верон М-4 на якість пшеничного хліба**

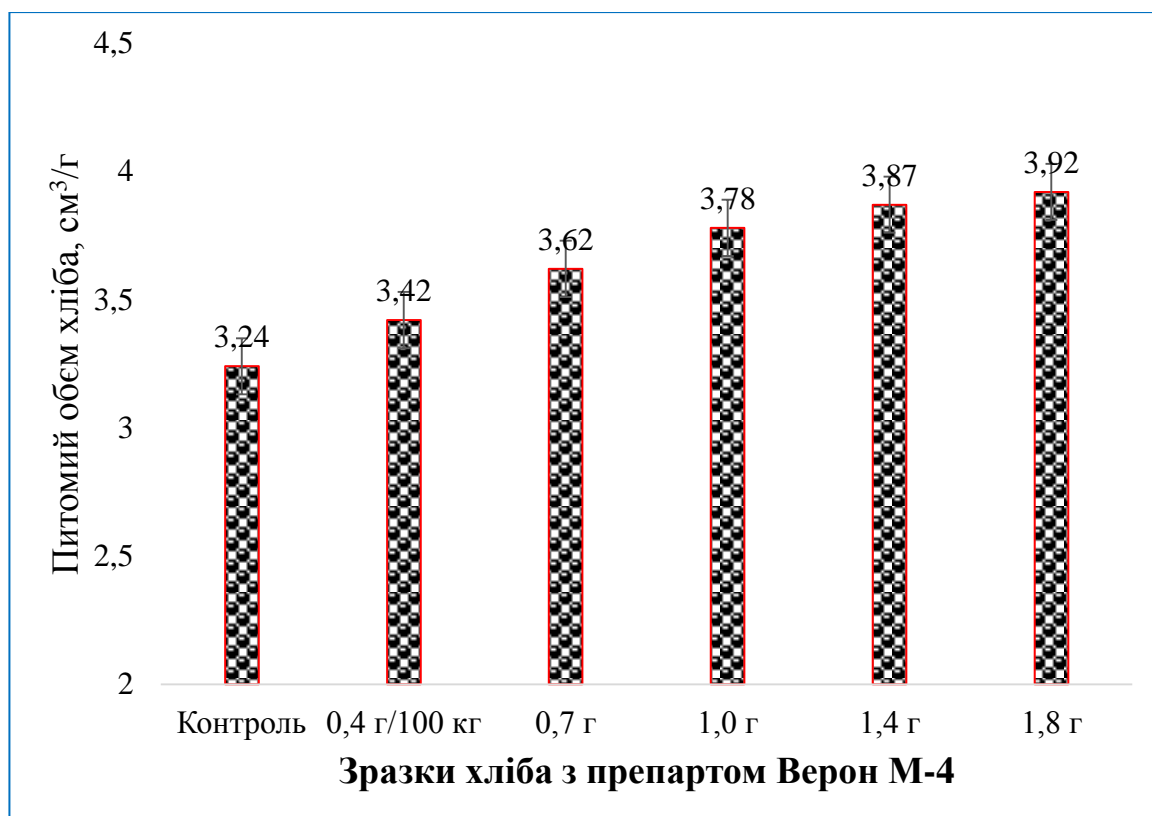
Безпечність альфа-амілаз під час використання у хлібопекарській галузі зумовлена тим, що вони активні після клейстеризації крохмалю і стають неактивними задовго до завершення процесу випічки. Грибкові альфа-амілази, які додають до борошна як правило мало термостабільні вони інактивуються при температурі близько + 65 °С. Таким чином, грибкові альфа-амілази не можуть бути виявлені у готовому хлібі після температури випікання.

Зважаючи на результати впливу препарату Верон М-4 на якісні й технологічні показники тіста нами було проведено пробну випічку виготовленого тіста, яке замішане на борошні з різним вмістом альфа-амілази. Дані дослідю щодо впливу на питомий об'єм хліба наведено на рис. 3.8.

Встановлено (рис. 3.8), що технологія виробництва хліба, що основана на застосуванні ензимних препаратів з вмістом альфа-амілаз сприяє збільшенню питомого об'єму хліба. При цьому із збільшенням додавання препарату Верон М-4 питомий об'єм зростає. Зокрема за дозування 0,4 г на 100 кг об'єм буханки хліба був в середньому на 5,7 % більший, порівнюючи з таким самим хлібом без застосування поліпшувача Верон М-4.

За дозування препарату Верон М-4 у кількості 0,7 г / 100 кг питомий об'єм становив  $3,62 \pm 0,04$  см<sup>3</sup>/г, що на  $11,8 \pm 0,2$  % більше, ніж у хлібі контролі, а за додавання поліпшувача 1,0 г – збільшення питомого об'єму становило  $16,8 \pm 0,2$  %. Наступне збільшення дозування препарату Верон М-4 у борошні до 1,4 та 1,8 г / 100 кг не мало такого значного впливу на збільшення питомого об'єму буханки готового виробу. Оскільки збільшення

було на 19,7 та 21,0 %, проти контрольного хліба без використання поліпшувачів.



**Рис. 3.8. Дослідження питомого об'єму хліба пшеничного виготовленого з борошна обробленого ензимним препаратом «Верон М-4»**

Подібні результати були отримані й іншими дослідниками [1, 74, 75] при використанні ензимів альфа-амілаза як в моновиді, так і за сокупності з іншими ензимами, такими як ксиланази, ліпази, протеїнази, **ГЛЮКОЗООКСИДАЗИ**. Однак інтенсивна деградація пошкодженого крохмалю внаслідок передозування альфа-амілаз зазвичай призводить до липкого тіста, тому їх дозування зазвичай здійснюють опираючись на фізико-хімічні показники якості клейковини борошна.

Отже, додавання препарату Верон М-4 до борошна сприяє збільшенню об'єму буханки пшеничного хліба, що благополучно впливає на споживчі властивості. Оскільки додавання ензимного поліпшувача Верон М-4 більше 1,0 г / 100 кг сприяло виникненню надмірної липкості хліба, то ми рекомендуємо його дозу в межах 0,7 – 1,0 г / 100 кг борошна пшеничного. За

такого дозування питомий об'єм буханки хліба був в середньому на 11,8 % більший, за хліб у контролі. Тому для органолептичних досліджень було взято свіжовипечений зразок хліба, який виготовили з добавкою 1,0 г препарату Верон М-4. Отримані результати оцінки готового хліба за органолептичними даним наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

**Вплив препарату Верон М-4 на органолептичні властивості хліба**

Показники, що досліджувалися	Експериментальні дані зразків хліба	
	контроль	дослід
Поверхня	Без пошкоджень, гладенька	Без пошкоджень, гладенька
Скоринака (зabarвлення)	Світло-жовтий	Світло-жовтий
Стан мякушки	Еластична	Децо м'якша як контроль
Структура мякушки (пористість)	Помірно дрібна, розвинена по всій мякушці, тонкостінна	Дрібніша і тонша за контроль, розвинена по всій мякушці
Аромат і смак	Притамана пшеничному хлібу	

З табл. 3.1 бачимо, що органолептичні властивості хліба у досліді є практично аналогічними, як у контролі. Відмінності полягали лише в тому, що хліб мав децо м'якший стан мякушки та дрібнішу й тоншу структуру.

Отже, виробництво хліба пшеничного із додаванням ензиму альфа-амілаза до борошна у вигляді препарату Верон М-4 у кількості 1 г на 100 кг борошна, дає змогу швидше отримати тісто, оскільки пришвидшується час бродіння, на 12 % більший об'єм буханки готового виробу та м'якшу й дрібнішу консистенцію мякуша.

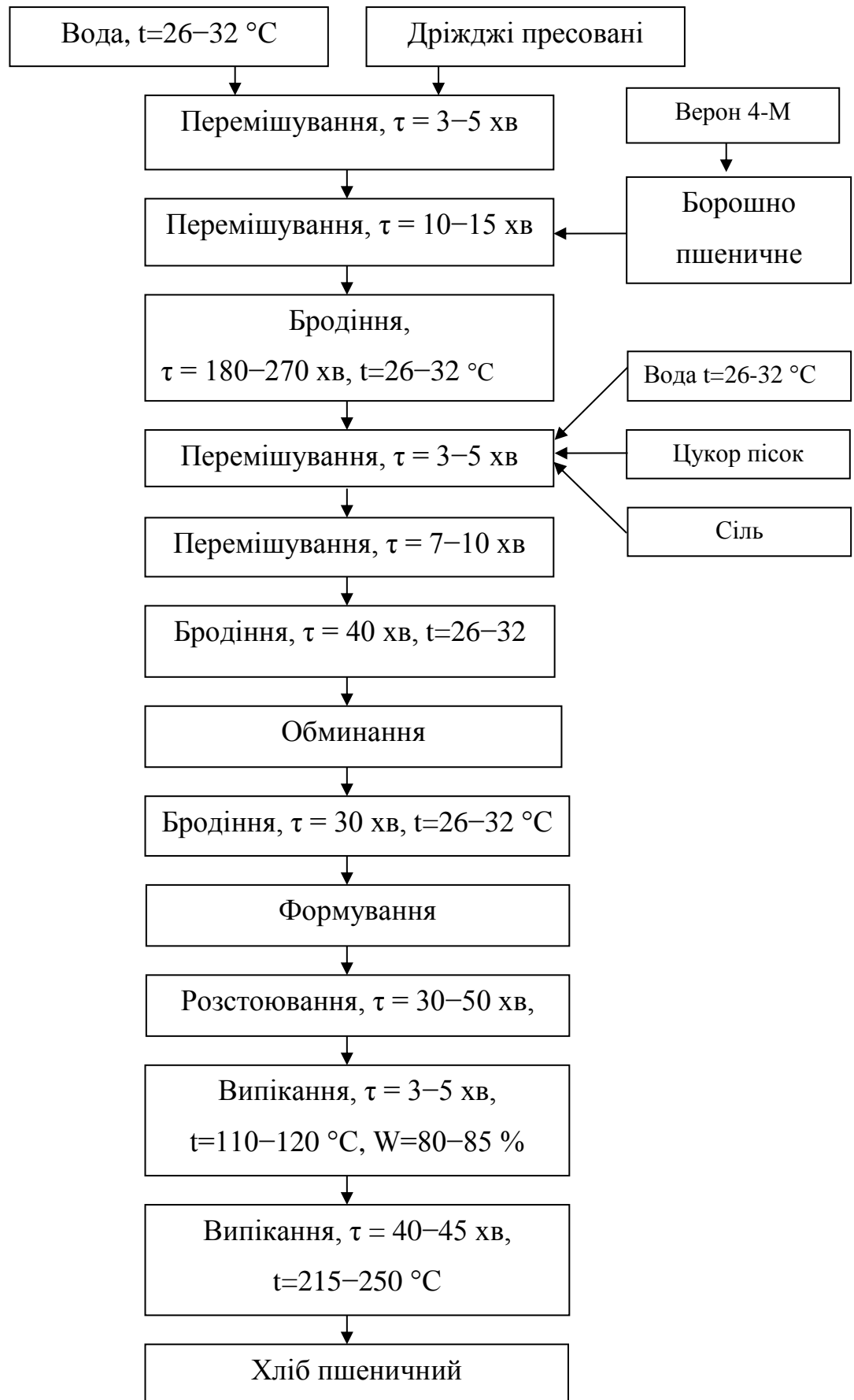


Рис. 3.9. Технологія хліба пшеничного з полішувачем Верон М-4

Технологічна блок-схема виробництва хліба пшеничного із додаванням поліпшувача Верон М-4 наведена на рис. 3.9, а апаратурно-технологічна схема наведена в додатку Б.

Блок-схема технології виробництва хліба пшеничного включає використання стандартних технологічних операцій, за винятком додаткового внесення ензимного поліпшувача борошна Верон М-4 у дозуванні (від 0,7 до 1,0 г на 100 кг борошна). У подальшому застосовуємо стандартні температурні та часові режими випікання пшеничного хліба.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Встановлено, що додавання ензимного поліпшувача Верон М-4, який містить альфа-амілазу, сприяє збільшенню клейковини в пшеничному борошні на 1,2 % за умови обробки 1 г / 100 кг борошна. До того ж за такого дозування покращується індекс деформації клейковини, який становив 73 од, тобто на 12 од більший, якщо порівнювати із борошном у контролі. Це матиме позитивний вплив на якісні характеристики готової борошномельної продукції. Також препарат Верон М-4 суттєво впливає число падіння борошна, за дозування 1,0 г число падіння становило 290 секунд, що вважається добрим для випікання хліба.

2. Встановлено, що у тісті після додавання поліпшувача Верон М-4 в кількості 1,0 г, газоутворююча здатність становила  $588 \pm 4 \text{ см}^3 / \text{г}$ , що на  $68 \text{ см}^3 / \text{г}$  більша кількість, ніж у тісті без препарату, а питомий об'єм був на  $0,64 \text{ см}^3 / \text{г}$  більший. До того ж готовність тістових виробів з альфа-амілазою за показником титрована кислотність була на 0,3 град більша на 160 – 180 хв бродіння, що в кінцевому етапі скоротить технологічний процес.

3. За додавання у борошно 0,4 г препарату Верон М-4, відмінності в липкості тіста з контрольним зразком не спостерігали. Обидва зразки тіста мали однакову кількість балів – два. По три бали за показником липкості мали зразки тіста, яке виготовлене з борошна обробленого препаратом Верон М-4 у кількості від 0,7 до 1,0 г на 100 кг. Найбільшу кількість балів ми реєстрували у тісті з доданою альфа-амілазою у кількості 1,4 – 1,8 г за препаратом – п'ять балів. Дане тісто не придатне для виробництва за показником липкості.

4. За дозування препарату Верон М-4 у кількості 0,7 г / 100 кг питомий об'єм хліба становив  $3,62 \pm 0,04 \text{ см}^3/\text{г}$ , що на  $11,8 \pm 0,2 \%$  більше, ніж у хлібі контролі, а за додавання поліпшувача 1,0 г – збільшення питомого об'єму становило  $16,8 \pm 0,2 \%$ . Випечений хліб мав м'якшу й дрібнішу консистенцію м'якуша.



5. Запропоновано для покращення технологічної й поживної якості борошна застосовувати ензимний поліпшувач Верон М-4 – 0,7–1,0 г / 100 кг.

## **ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1. Охорона праці**

#### **4.1.1. Мікроклімат у виробничих приміщеннях. Нормативні показники мікроклімату**

*Мікроклімат* – стан внутрішнього середовища приміщення, який визначається *температурою, вологістю, інтенсивністю руху повітря і тепловим випромінюванням*, тобто сукупністю факторів, які визначають тепловий стан людини [83].

Ці параметри обумовлюють *теплообмін тіла* людини з навколишнім середовищем, який здійснюється за рахунок теплопровідності, конвекції, випромінювання та тепломасообміну вологи через піт та дихання.

Теплове випромінювання, як фактор впливу на мікроклімат виробничого середовища, зустрічається лише в деяких виробничих приміщеннях (кузні, ливарні цехи, доменні печі, котельні тощо), де є поверхні нагріті до температур світіння. Тому мікроклімат більшості виробничих зон характеризується величиною трьох параметрів: температура ( $t$ , °C), відносна вологість ( $\varphi$ , %) і швидкість руху ( $v$ , м/с) повітря [83].

Мікроклімат в робочій зоні визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості і швидкості руху повітря, а також температурою навколишніх поверхонь.

Комфортний мікроклімат виробничих приміщень забезпечує добре самопочуття працюючого і оптимальні умови для найвищої продуктивності праці. При цьому тепловіддача організму рівна теплоутворенню, завдяки чому температура тіла людини зберігається на рівні 36,5–37°C. Якщо

тепловіддача менше теплоутворення, то в організмі відбувається накопичення теплоти – перегрів. Якщо тепловіддача більше, то відбувається переохолодження [83].

Висока температура на робочому місці в поєднанні з високою вологістю або, навпаки, з надмірною сухістю повітря сприяє перегріву організму (гіпертермія). Виконання важких фізичних робіт в теплому місці, в гарячих цехах, у задушливих приміщеннях, де немає хорошої вентиляції, а також дуже щільний, погано проникний для повітря одяг спричиняють посилення потовиділення, почастищення дихання, розширення судин шкіри і підшкірної клітковини (різко червоніє шкіра), задишку, пульсацію і тяжкість в скронях, запаморочення, головний біль, іноді блювоту. При цьому температура тіла може підвищуватися до 41°C, пульс доходить до 160 ударів в хвилину, наростає збудження, руховий неспокій, зменшується пітливість, що вказує на зрив пристосувальних реакцій. Тепловий удар характеризується граничним накопиченням теплоти в організмі (температура тіла 41–42°C і більше), запамороченням свідомості аж до повної її втрати, судомми різних груп м'язів, порушенням дихання і кровообігу. Можливі галюцинації і марення. Суха і гаряча шкіра стає блідою, губи синіють, язик сухий, пульс частий і аритмічний, дихання нерівномірне. У важких випадках може відбутися зупинка серця і дихання [83].

При систематичних перегрівах з'являється підвищена сприйнятливність до простудних захворювань, наростає число помилкових операцій, підвищується стомлюваність, знижується продуктивність праці.

За зниженої температури, значної рухомості та вологості повітря виникає переохолодження організму (гіпотермія). На початковому етапі впливу помірного холоду спостерігається зниження частоти дихання, збільшення об'єму вдиху. За тривалого впливу холоду дихання стає неритмічним, частота та об'єм вдиху зростають, змінюється вуглеводний обмін. З'являється м'язове тремтіння, при котрому зовнішня робота не виконується і вся енергія тремтіння перетворюється в теплоту [83].

Це дозволяє протягом деякого часу затримувати зниження температури внутрішніх органів. Наслідком дії низьких температур є холодові травми.

Оптимальними вважаються такі поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалій дії на людину забезпечують збереження нормального функціонального стану організму без напруження його фізіологічних здібностей до терморегуляції, що створює відчуття теплового комфорту і є передумовою для високої працездатності. Проте оптимальні мікрокліматичні умови обов'язково підтримуються тільки на підприємствах, оснащених установками кондиціонування мікроклімату. А в решті випадків необхідно забезпечувати допустимі мікрокліматичні умови, тобто такі, які можуть викликати швидкі зміни функціонального і теплового стану організму і напруження його фізіологічних здібностей до терморегуляції, які не виходять за межі фізіологічних пристосувальних можливостей, що нормалізуються. При цьому не виникає порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися погіршення самопочуття і пониження працездатності [83].

Параметри, мікроклімату в залежності від категорії робіт і пори року визначаються за ССБП 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».

***Категорії робіт за ступенем важкості*** – це розмежування робіт, на основі загальних енергозатрат організму [83].

До категорії Іа належать роботи, які виконуються сидячи та супроводжуються незначним фізичним напруженням (професії сфери управління, швейного і годинникового виробництва, навчання).

До категорії Іб належать роботи, які виконуються сидячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням (ряд професій на підприємствах зв'язку, контролери, майстри).

До категорій Іа належать роботи, які пов'язані з постійним ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) виробів або предметів у положенні стоячи або сидячи і які потребують незначного фізичного напруження (ряд професій у прядильно-ткацькому виробництві, механоскладальних цехах).

До категорії Пб належать роботи, які пов'язані з ходінням і переміщенням вантажів масою до 10 кг (ряд професій машинобудування, металургії).

До категорії ПІ належать роботи, які пов'язані з постійними переміщеннями, пересуванням і перенесенням значних (понад 10 кг) вантажів і які вимагають значних фізичних зусиль (ряд професій з виконанням ручних операцій металургійних, машинобудівних, гірничовидобувних підприємств).

Період року визначається за середньодобовою температурою зовнішнього середовища. При середній температурі меншій +10°C – холодний, інакше – теплий період року.

Температура, відносна вологість і швидкість руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень повинні відповідати ДСН.

У виробничих приміщеннях, що опалюються, а також в приміщеннях із значним перевищенням явного тепла, де на кожного працюючого припадає 50–100 м<sup>2</sup> площі підлоги, допускається в холодний і перехідний період року зниження температури повітря не на постійних робочих місцях проти нормованих: до 12 °C при легких роботах, до 10 °C при роботах середньої важкості та до 8 °C – при важких роботах.

При комфортному (оптимальному) мікрокліматі встановлюється стаціонарний тепловий стан системи «людина – оточуюче середовище», який характеризується тим, що кількість тепла, що утворюється за одиницю часу, дорівнює кількості тепла, що віддає організм за той же проміжок часу в оточуюче середовище.

При цьому утворюються оптимальні умови для роботи всіх функціональних систем організму в сполученні з суб'єктивним відчуттям комфорту. Такі умови мікроклімату забезпечують високий рівень працездатності [83].

Незначне відхилення стаціонарного стану від комфортного навіть на короткий час приводить до зниження працездатності людини в середньому на 10–15%, що особливо відчутно при інтенсивній розумовій праці.

Умови *нагріваючого* мікроклімату утворюються при підвищенні температури повітря і оточуючих поверхонь. Це приводить до зменшення тепловіддачі людини за рахунок випромінювання і конвенції [83].

Якщо при температурі повітря 18°C від організму відводиться більше 30% тепла, то при 28°C – тільки 15%. Робота в умовах такого мікроклімату супроводжується сильним виділенням поту (до 5–6 л за зміну).

Довга робота в умовах нагріваючого мікроклімату визиває серйозні фізіологічні зміни в організмі; змінюється хімічний склад крові, збільшується її питома вага, зменшується склад хлоридів і вуглекислого газу.

Умови нагріваючого мікроклімату несприятливо впливають на серцево-судинну і центральну нервову систему, обмін вітамінів і роботу шлунку.

В умовах *охолоджуючого* мікроклімату, що виникають при пониженні температури навколишнього середовища, підвищення його рухливості і відносної вологості, відвід тепла від організму не компенсується його утворенням. Через велику втрату тепла може наступити переохолодження організму.

У результаті послаблюється його здатність до боротьби з мікробами, знижується імунітет організму до окремих інфекцій. Організм, що підлягав охолодженню впродовж довгого часу, стає більш піддатливим до таких захворювань, як грип, ангіна, пневмонія, катарі верхніх дихальних шляхів, неврити тощо [83].

## **4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **4.2.1. Підвищення стійкості роботи підприємств харчової промисловості в воєнний час**

Заходи з підвищення стійкості планують з урахуванням місцевих умов, важливості об'єкта, його географічного положення, економічної доцільності проведення заходів. На мирний час планують головним чином трудомісткі заходи, які потребують значних матеріальних витрат і часу, а на період загрози нападу противника - такі заходи, що не потребують багато часу чи проведення яких не є доцільним у мирний час [85].

#### *4.2.2. Заходи, що проводяться за мирного часу*

Усі заходи з підвищення стійкості оботи об'єкта поділяють на організаційні, інженерно-технічні й технологічні (зміни технології виробництва на воєнний час).

У мирний час повинні проводитися тільки інженерно-технічні й організаційні заходи. Вони включають такі напрямки: – захист робітників, службовців та членів їх сімей; – підвищення стійкості будівель і споруд; – захист технологічного обладнання; – підвищення надійності систем електро-, водо-, та газопостачання; – захист сировини, напівфабрикатів і готової продукції від зараження радіоактивними, сильнодіючими отруйними речовинами та бактеріальними засобами; – виключення або обмеження ураження вторинними факторами; – забезпечення стійкого матеріально-технічного постачання; – підвищення надійності керування; – раціональне розміщення запасів матеріальних засобів; – підготовка до відновлення зруйнованого виробництва [85, 86].

#### *Захист робітників, службовців та їх сімей*

Для надійного захисту робітників, службовців та членів їх сімей проводять такі заходи: – завчасно будують захисні споруди на об'єкті (сховища) і в заміській зоні (ПРУ); – створюють і підтримують у готовності системи сповіщення та зв'язку; – забезпечують робітників і службовців засобами індивідуального захисту; –проводять підготовку до евакуації в заміську зону; – здійснюють навчання робітників, службовців та населення засобами захисту і діям за сигналами ЦЗ [86].

### *Підвищення стійкості будівель та споруд*

Для підвищення стійкості будівель та споруд до дії вражаючих факторів проводять наступні заходи: - зміцнення несучих, огорожуючих та інших конструкцій будівель та споруд (постановка додаткових колон, ферм, рам та ін); - підсилення цокольного поверху прогонами, закладання віконних проїмів цеглою, щитами та ін.; – встановлення допоміжних перекриттів, підкосів, розпірок тощо; – підсилення конструкцій обкладкою лантухами з піском; – встановлення додаткових зв'язків між окремими елементами споруди; – закріплення відтяжками високих малостійких споруд; – заглиблення споруд або створення захисних валів (обвалування споруд); – заміна елементів конструкції, які згоряють, такими, що не займаються, використання вогнезахисних покриттів [85].

### *Захист технологічного обладнання*

Захист технологічного обладнання входить до загального комплексу інженерно-технічних заходів з підвищення стійкості роботи і передбачає: – розміщення важкого обладнання на нижніх поверхах будівлі; – міцне закріплення обладнання на фундаментах; – встановлення контрфорсів, які підвищують стійкість обладнання щодо перекидання його швидкісним напором ударної хвилі [86].

### *Підвищення стійкості роботи систем електро-, водо- та газопостачання*

Стійкість постачання об'єкта електроенергією, газом і водою досягається проведенням як загальноміських інженерно-технічних засобів, так і заходів на об'єктах.

### *Загальними заходами для цих систем є:*

підключення об'єкта не менш як до двох джерел постачання; створення автономних резервних джерел (будівництво на об'єкті артезіанських свердловин та резервного водопостачання, використання рухомих електростанцій, підземних газосховищ); захист джерел постачання та їх розосередження на інтервалах безпеки; кільцювання систем постачання;

пристосування об'єкта до роботи на різних видах палива (газ, вугілля, мазут) і створення резервних запасів палива; заглиблення комунікацій систем постачання; встановлення приладів автономного відключення зруйнованих ділянок систем постачання і переключення потоку постачання на діючі ділянки [85].

*Захист запасів сировини, напівфабрикатів, готової продукції від забруднення радіоактивними, сильнодіючими та отруйними речовинами і бактеріологічними засобами*

У мирний час здійснюють заходи, які спрямовані на забезпечення захисту запасів сировини, напівфабрикатів та готової продукції від зараження їх радіоактивними, сильнодіючими та отруйними речовинами і бактеріальними засобами: будівництво складських і виробничих приміщень з повною герметизацією; розробка планів підготовки до здійснення простої герметизації тих складських та інших приміщень, де немає повної герметизації; випуск продуктів та напівфабрикатів у герметичній тарі; утримання в справному стані герметизації герметизованих транспортних засобів для транспортування продуктів і товарів, для надійного захисту продуктів харчування, харчової сировини та інших продовольчих товарів і їх запасів можна використовувати гірські виробки й заглиблені порожнини. У них будують складські приміщення, які внаслідок такого розміщення простіше захистити не тільки від зараження, а й від усіх інших вражаючих факторів [85].

*Виключення або обмеження ураження від вторинних вражаючих факторів*

Основні заходи щодо захисту від дії вторинних факторів ураження, в тому числі від дії сильнодіючих отруйних речовин (СДОР)), включає такі заходи. Для об'єктів, які мають великі холодильники й подібні до них установки, захист від СДОР має велике значення, оскільки в цих установках застосовуються летючі речовини, наприклад аміак у великій кількості (декілька тонн або десятки тонн).



Основними заходами захисту від вторинних факторів є такі:

- вивіз наднормативних запасів паливно-мастильних матеріалів та СДОР на безпечну відстань від об'єкта; заглиблення або обвалування ємкостей з паливно-мастильними матеріалами та сильнодіючими речовинами, що підвищує стійкість ємкостей і виключає розтікання речовин на ґрунті, внаслідок чого зменшується радіус їх вражаючої дії; зміна технологічного процесу з метою заміни паливної та вибухової сировини; будівництво захисних дамб для запобігання затопленню території об'єкта; підготовка та раціональне розміщення засобів захисту, знезаражування території і обладнання від СДОР та ін [86].

#### *Забезпечення стійкого матеріально-технічного постачання*

Стійке постачання підприємства матеріально-технічними ресурсами досягається: встановленням стійких зв'язків з підприємствами - постачальниками; створенням запасів палива, сировини, матеріалів та ін. на випадок тимчасового руйнування зв'язків з постачальниками. Обсяг запасів встановлюють з розрахунку можливості роботи підприємства впродовж встановленого терміну; будівництво за кордонами великих міст філіалів об'єкта; здійснення маневру матеріально-технічними засобами в межах виробничого об'єднання чи галузі [86].

#### *Підвищення стійкості системи керування*

Підвищення стійкості керування досягається проведенням наступних заходів: завчасним обладнанням захисних пунктів керування (ПК); створенням двох груп керування, які, знаходячись на ПК об'єкта і в заміській зоні, повинні забезпечити згідно з графіком роботи змін, керування виробничою діяльністю та виконання заходів ЦЗ; забезпеченням надійного зв'язку з місцевими органами, штабами ЦЗ, виробничими підрозділами та формуваннями ЦЗ (дублювання зв'язку, використання підземних ліній зв'язку і радіомереж); розробкою і створенням надійної системи сповіщення посадових осіб та всього виробничого персоналу об'єкта [86].

#### 4.2.2. Заходи, що проводяться на об'єкті під час загрози нападу противника

У період загрози нападу противника проводять ті заходи з підвищення стійкості роботи об'єкта, які недоцільно здійснювати у мирний час. До таких заходів належать: проведення згідно з особовим розпорядженням евакуаційних засобів; приведення в готовність системи сповіщення, захисних споруд та пунктів керування; видача робітникам і службовцям засобів індивідуального захисту; будівництво швидко будованих захисних споруд; підготовка об'єкта до швидкої та безаварійної зупинки виробництва згідно з сигналом "Повітряна тривога"; проведення заходів з підвищення стійкості інженерно-технічного комплексу (підсилення будівель та споруд, встановлення зонтів, навісів, захисних козирків над цінним обладнанням, запасів паливно-мастильних матеріалів, сильнодіючих отруйних речовин та вибухонебезпечної сировини, обваловка складів і т.ін.); здійснення переведення об'єкта на режим роботи воєнного часу (двозмінна праця) та перехід на випуск запланованої на воєнний час продукції; введення до дії графіка цілодобового чергування керуючого складу; підсилення охорони об'єкта і встановлення суворого пропускового режиму; здійснення світломаскування об'єкта [86].

На період загрози нападу противника згідно зі спеціальним розпорядженням на всіх об'єктах у темний час доби здійснюють світломаскування за режимом "часткове затемнення", при ньому обмежується зовнішнє освітлення до допустимої норми, затемнюють світлові пройми, вікна і т.ін.

За сигналом "Повітряна тривога" в темний час здійснюють світломаскування за режимом "повного затемнення". При цьому живлення електроенергією усіх об'єктів і жилих районів припиняється за винятком тих об'єктів, на яких не можна зупинити виробничий процес, а також вузлів зв'язку, станцій переливання крові, операційних і т.ін.

Для організованого й своєчасного проведення заходів з підвищення стійкості роботи ОГД завчасно складають плани-графіки заходів з

підвищення стійкості. Питання підвищення стійкості відображають також у плані ЦЗ об'єкта. У плані-графіку наводять перелік заходів на шкалі часу вказують початок і закінчення виконання кожного заходу. Для начальника ЦЗ і штабу ЦЗ цей документ є керівним під час вирішення одного з найважливіших завдань - підвищення стійкості роботи об'єкта [86].

Під час раптового нападу, коли термін на організацію та виконання заходів ЦЗ гранично обмежений, здійснюють виконання тільки першочергових завдань, які направлені передусім на захист робітників, службовців та членів їх сімей, на безаварійну зупинку виробництва та прийняття екстрених заходів, що дозволяють, якоюсь мірою, зменшити ступінь ураження в надзвичайних ситуаціях. Під час виконання заходів цивільного захисту особливе значення має надійність і оперативність керування цивільним захистом об'єкта як одна з основних ланок успішного вирішення завдань з підвищення стійкості роботи об'єкта господарської діяльності [85].

Отже, розробка й планування заходів, що є економічно обґрунтованими, щодо стійкості роботи об'єкта залежать від всебічного вивчення умов, які мають скластися під час надзвичайних ситуацій. Вивчення ступеня їх впливу на виробничу діяльність підприємства будь-якої форми приналежності й власності дозволяє значно скоротити витрати на строки підвищення стійкості роботи в надзвичайних ситуаціях, а це, в свою чергу, підвищує життєздатність як об'єкта, так і всього господарства в цілому.

Усі фахівці ОГД повинні володіти методикою оцінки стійкості об'єкта і на основі висновків визначати необхідні заходи з підвищення його стійкості.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Whitehurst, R. J., & Van Oort, M. (Eds.). (2010). *Enzymes in food technology* (Vol. 388). Singapore: Wiley-Blackwell.
2. Gupta, R., Gigras, P., Mohapatra, H., Goswami, V. K., & Chauhan, B. (2003). Microbial  $\alpha$ -amylases: a biotechnological perspective. *Process biochemistry*, 38(11), 1599-1616.
3. Van Dam, H. W., & HILLE, J. R. (1992). Yeast and enzymes in breadmaking. *Cereal Foods World*, 37(3), 245-251.
4. Goesaert, H., Gebruers, K., Courtin, C. M., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2006). Enzymes in breadmaking. *Bakery products: science and technology*, 1.
5. Si, J. Q., & Simonsen, R. (1994, November). Functional mechanism of some microbial amylases' anti-staling effect and correlation with their effect on wheat starch. In *Proceedings of the International Symposium of AACCC/ICC/CCOA, Beijing*.
6. Hebeda, R. E., Bowles, L. K., & Teague, W. M. (1990). Developments in enzymes for retarding staling of baked goods. *Cereal Foods World*, 35(5), 453-457.
7. 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.
8. 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.
9. Ranawana V, Raikos V, Campbell F, Bestwick C, Nicol P, Milne L, Duthie G (2016) Breads fortified with freeze-dried vegetables: quality and nutritional attributes. Part 1: Breads containing oil as an ingredient. *Foods* 5.

10. Gerrard, J. A., Every, D., Sutton, K. H., & Gilpin, M. J. (1997). The role of maltodextrins in the staling of bread. *Journal of Cereal Science*, 26(2), 201-209.
11. Morgan, K. R., Hutt, L., Gerrard, J., Every, D., Ross, M., & Gilpin, M. (1997). Staling in starch breads: the effect of antistaling  $\alpha$ -amylase. *Starch-Stärke*, 49(2), 54-59.
12. Christophersen, C., Otzen, D. E., Noman, B. E., Christensen, S., & Schäfer, T. (1998). Enzymatic characterisation of novamyl®, a thermostable  $\alpha$ -amylase. *Starch-Stärke*, 50(1), 39-45.
13. Van Oort, M. (2009). Enzymes in bread making. *Enzymes in food technology*, 103-143.
14. Jin, B., Van Leeuwen, J. H., & Patel, B. (1999). Mycelial morphology and fungal protein production from starch processing wastewater in submerged cultures of *Aspergillus oryzae*. *Process Biochemistry*, 34(4), 335-340.
15. Cheng, C. Y., Yabe, I., & Toda, K. (1989). Selective growth of a mutant in continuous culture of *Bacillus caldolyticus* for production of  $\alpha$ -amylase. *Applied microbiology and biotechnology*, 30, 125-129.
16. Class, I. P. C., & USPC, A. (2013). Patent application title: Method for Preparing Maltogenic Alpha-Amylase Variants Inventors: Joel Cherry (Davis, CA, US) Allan Svendsen (Birkerød, DK) Allan Svendsen (Birkerød, DK) Carsten Andersen (Vaerloese, DK) Carsten Andersen (Vaerloese, DK) Lars Beier (Lyngby, DK) Torben Peter Frandsen (Frederiksberg, DK) Assignees: Novozymes A/S.
17. Sarmiento, F., Peralta, R., & Blamey, J. M. (2015). Cold and hot extremozymes: industrial relevance and current trends. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 3, 148.
18. Boukid, F., Ganeshan, S., Wang, Y., Tülbek, M. Ç., & Nickerson, M. T. (2023). Bioengineered Enzymes and Precision Fermentation in the Food Industry. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(12), 10156.
19. Tucker, G. A., & Woods, L. F. J. (Eds.). (1995). *Enzymes in food processing*. Springer Science & Business Media.

20. Simpson, B. K., Rui, X., & Klomklo, S. (2012). Enzymes in food processing. *Food biochemistry and food processing*, 181-206.

21. Olaerts, H., Vandekerckhove, L., & Courtin, C. M. (2018). A closer look at the bread making process and the quality of bread as a function of the degree of preharvest sprouting of wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Cereal Science*, 80, 188-197.

22. Ray, L., Pramanik, S., & Bera, D. (2016). Enzymes-an existing and promising tool of food processing industry. *Recent patents on biotechnology*, 10(1), 58-71.

23. Schäfer, T. (2007). Discovering new industrial enzymes for food applications. In *Novel Enzyme Technology for Food Applications* (pp. 3-15). Woodhead Publishing.

24. Dodge, T. (2009). Production of industrial enzymes. *Enzymes in food technology*, 44-58.

25. Cleemput, G., Roels, S. P., Van Oort, M., Grobet, P. J., & Delcour, J. A. (1993). Heterogeneity in the structure of water-soluble arabinoxylans in European wheat flours of variable bread-making quality. *Cereal Chemistry*, 70, 324-324.

26. Skendi, A., Biliaderis, C. G., Izydorczyk, M. S., Zervou, M., & Zoumpoulakis, P. (2011). Structural variation and rheological properties of water-extractable arabinoxylans from six Greek wheat cultivars. *Food Chemistry*, 126(2), 526-536.

27. Карпик Г.В. Особливості виробництва булочних виробів з Rheum L. /Г.В. Карпик, О.І. Вічко, Н.Г., Копчак, О.В.Швед // Хімія, технологія речовин та їх застосування. Розділ: Технологія бродіння, біотехнологія Видавництво Львівської політехніки, Том 5, № 2, 2022. – С.136-141

28. Weegels, P. L., Verhoek, J. A., De Groot, A. M. G., & Hamer, R. J. (1994). Effects on gluten of heating at different moisture contents. I. Changes in functional properties. *Journal of Cereal Science*, 19(1), 31-38.

29. Van Der Borght, A., Goesaert, H., Veraverbeke, W. S., & Delcour, J. A. (2005). Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview of

the main processes and the factors involved. *Journal of Cereal Science*, 41(3), 221-237.

30. Skril Yu; Shved O; Hubrii Z; Vichko O; Kupka T. Analytical Review of Biotechnological Problem of Ukrainian Hard Cheeses. *Biotechnologia Acta// Kyiv*. -Tom. 16, No. 3, 2023. - P. 5-23.

31. Si, J. Q., & Drost-Lustenberger, C. (2002). Enzymes for bread, pasta and noodle products. *Enzymes in food technology*, 19-54.

32. Ray, L., Pramanik, S., & Bera, D. (2016). Enzymes-an existing and promising tool of food processing industry. *Recent patents on biotechnology*, 10(1), 58-71.

33. Hamer, R.J. In: Tucker, G., Woods, L.F. J. (eds) *Enzymes in Food Processing*. 2nd edn. Glasgow: Blackie Academic & Professional: 1995.

34. Bekes, F., MacRitchie, F., Panozzo, J. F., Batey, I. L., & O'Brien, L. (1992). Lipid mediated aggregates in flour and in gluten. *Journal of Cereal Science*, 16(2), 129-140.

35. Weegels, P. L., & Hamer, R. J. (1992). Improving the bread-making quality of gluten. *Cereal foods world*, 37(5), 379-385.

36. Gallagher, E. (Ed.). (2009). *Gluten-free food science and technology*. John Wiley & Sons.

37. Si, J. Q., & Hansen, T. T. (1994). Effect of lipase on breadmaking in correlation with their effects on dough rheology and wheat lipids. In *Proc. Int. Symp. AACCC/ICC/CCOA. Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN*.

38. Schaffarczyk, M., Østdal, H., Matheis, O., & Koehler, P. (2016). Relationships between lipase-treated wheat lipid classes and their functional effects in wheat breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 68, 100-107.

39. Kukhtyn, M., Vichko, O., Horyuk, Y., Shved, O., & Novikov, V. (2018). Some probiotic characteristics of a fermented milk product based on microbiota of "Tibetan kefir grains" cultivated in Ukrainian household. *Journal of food science and technology*, 55, 252-257.

40. Nylander, T. (2004). Interactions between proteins and polar lipids. *Food emulsions*, 4.
41. Jakobsen, T. S., & Si, J. Q. (1995). The effects of xylanases in baking and characterization of their modes of action. In *Wheat Structure* (pp. 343-349). Woodhead Publishing.
42. Verjans, P., Courtin, C., & Delcour, J. (2010). Functionality of extremophilic xylanases in bread making.
43. Si, J. Q., & Drost-Lustenberger, C. (2002). Enzymes for bread, pasta and noodle products. *Enzymes in food technology*, 19-54.
44. Law, B. A. (2002). The nature of enzymes and their action in foods. *Enzymes in food technology*, 1, 1-8.
45. Vichko, O. Microbiological Characteristics of Sour-Milk Feed Supplements and their Influence in Intestinal Micro-Biocenosis of Piglets / O. Vichko, V. Chervetsova, V. Novikov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2013. – Vol. 4, Iss. 4. – P. 1404 - 1410.
46. Zhang, Y., He, S., & Simpson, B. K. (2018). Enzymes in food bioprocessing—novel food enzymes, applications, and related techniques. *Current opinion in food science*, 19, 30-35.
47. Dybdal, L., Si, J. Q., Borne, J., & Eliasson, A. (1996). Lipases in baking: new approaches to a mechanistic understanding. In *Proc. 1st European Symp. on Enzymes in Grain Processing*.
48. Cowan, D. (2010). 15 Lipases for the production of food components. *Enzymes in food technology*, 332.
49. Rakotozafy, L., Mackova, B., Delcros, J. F., Boussard, A., Davidou, S., Potus, J., & Nicolas, J. (1999). Effect of adding exogenous oxidative enzymes on the activity of three endogenous oxidoreductases during mixing of wheat flour dough. *Cereal chemistry*, 76(2), 213-218.
50. MATHEIS, G., & WHITAKER, J. R. (1987). A review: enzymatic cross-linking of proteins applicable to foods. *Journal of Food Biochemistry*, 11(4), 309-327.



51. Thalmann, C., & Lötzbeyer, T. (2002). Enzymatic cross-linking of proteins with tyrosinase. *European Food Research and Technology*, 214, 276-281.
52. Si J. Q. Use of peroxidase in baking : пат. – 1994.
53. Hilhorst, R., Gruppen, H., van Vliet, T., Orsel, R., Laane, C., Schols, H., & Voragen, A. G. J. (1999). On the mechanism of action of peroxidase in wheat dough. In *Proceedings 2nd European symposium on enzymes in grain processing ESEGP-2, Helsinki, Finland, 8-10 December 1999* (pp. 127-131).
54. Human Health: Realities and Prospects. Monographic series. Volume 5. "Health and Nanobiotechnology", edited by Nadiya Skotna, Svitlana Voloshanska, Taras Kavetsky, Aziz Eftekhari, Rovshan Khalilov. Drohobych: Kolo, 2020, 213 p.(Chapter 9. Analysis of possibility of use functional drinks based on microbiotes . (Shved O., Hubrii Z., Vichko O., Petrina R., Chervetsova V., Novikov V.)- P.104)
55. Si, J. Q. (1996). New enzymes for the baking industry. *Food Tech Europe*, 3, 60-64.
56. Van Oort, M., & Whitehurst, R. J. (Eds.). (2009). *Enzymes in food technology*. John Wiley & Sons.
57. Stauffer, C. E. (1993). Frozen dough production. In *Advances in baking technology* (pp. 88-106). Boston, MA: Springer US.
58. Yi, J. (2008). Improving frozen bread dough quality through processing and ingredients. *Doctorate, University of Georgia, Athens*.
59. Abd El-Hady, E., El-Samahy, S. K., Seibel, W., & Meyer, D. (1995). Mikrostruktur von gefrosteten brotteigen. *Getreide, Mehl und Brot* (1972), 49(1), 40-46.
60. Weegels, P. L., & Hamer, R. J. (1992). Improving the bread-making quality of gluten. *Cereal foods world*, 37(5), 379-385.
61. Masure, H. G., Fierens, E., & Delcour, J. A. (2016). Current and forward looking experimental approaches in gluten-free bread making research. *Journal of Cereal Science*, 67, 92-111.

62. Wolt, M. J., & D'apponia, B. L. (1984). Factors involved in the stability of frozen dough. I. The influence of yeast reducing compounds on frozen-dough stability. *Cereal Chemistry*, 61(3), 209-212.

63. Selomulyo, V. O., & Zhou, W. (2007). Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers. *Journal of Cereal Science*, 45(1), 1-17.

64. Optimization of technological parameters for biotechnological production of feed additive based on microbiota of "Tibetan kefir grains". Olena Vichko, Olga Shved, Mykola Kukhtyn, Romanna Petrina, Andriy Mylyanych, Mariia Babii, Volodymyr Novikov. Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. Volume 22. Issue 2. 2021/4/1. Page 159-176.

65. Varriano-Marston, E. (1980). Rheological and structural changes in frozen dough. *Baker's Dig.*, 54, 32-34.

66. Raesaenen, J., Haerkoenen, H., & Autio, K. (1995). Freeze-thaw stability of prefermented frozen lean wheat doughs: effect of flour quality and fermentation time. *Cereal Chemistry*, 72(6), 637-642.

67. Bhattacharya, M., Langstaff, T. M., & Berzonsky, W. A. (2003). Effect of frozen storage and freeze-thaw cycles on the rheological and baking properties of frozen doughs. *Food Research International*, 36(4), 365-372.

68. Berglund, P. T., & Shelton, D. R. (1993). Effect of frozen storage duration on firming properties of breads baked from frozen doughs. *Cereal Foods World*, 38(2), 89-93.

69. DN, Y., Patki, P. E., Sharma, G. K., & Bawa, A. S. (2009). Role of ingredients and processing variables on the quality retention in frozen bread doughs: A review. *J Food Sci Technol*, 46(1), 12-20.

70. Yi, J., & Kerr, W. L. (2009). Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. *LWT-Food Science and Technology*, 42(9), 1474-1483.

71. Dahiya, S., Bajaj, B. K., Kumar, A., Tiwari, S. K., & Singh, B. (2020). A review on biotechnological potential of multifarious enzymes in bread making. *Process Biochemistry*, 99, 290-306.

72. 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.

73. Науменко, О., Богдан, Г., Бела, Н., Полонська, Т., & Гетьман, І. (2020). ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БОРОШНА. *ПРОДОВОЛЬЧІ РЕСУРСИ*, 8(15), 151-157.

74. Liu, W., Brennan, M., Tu, D., Brennan, C., & Huang, W. (2023). Effect of enzyme compositions on the rheological properties of bread dough enriched in buckwheat flour. *Food Science and Technology*, 43.

75. Alqah, H., Alamri, M. S., Mohamed, A. A., Hussain, S., Qasem, A. A., Ibraheem, M. A., & Yehia, H. M. (2022). Effect of annealing and  $\alpha$ -amylase extract on the rheological properties, syneresis, and water holding capacity of different starches. *Food Science and Technology*, 42, e83821.

76. Rebholz, G. F., Sebald, K., Dirndorfer, S., Dawid, C., Hofmann, T., & Scherf, K. A. (2021). Impact of exogenous maltogenic  $\alpha$ -amylase and maltotetraogenic amylase on sugar release in wheat bread. *European Food Research and Technology*, 247(6), 1425–1436.

77. Patel, M. J., Ng, J. H. Y., Hawkins, W. E., Pitts, K. F., & Chakrabarti-Bell, S. (2012). Effects of fungal  $\alpha$ -amylase on chemically leavened wheat flour doughs. *Journal of Cereal Science*, 56(3), 644–651.

78. Sahnoun, M., Naili, B., Elgharbi, F., Kammoun, R., Gabsi, K., & Bejar, S. (2013). Effect of *Aspergillus oryzae* CBS 819.72  $\alpha$ -amylase on rheological dough properties and bread quality. *Biologia*, 68(5), 808–815.

79. ДСТУ ISO 21415-1:2009. Пшениця і пшеничне борошно. Вміст клейковини. Частина 1. Визначання сирієї клейковини ручним способом. Держспоживстандарт України. Київ, 2011.5 с.

80. ДСТУ ISO 3093:2019.Пшениця, жито та борошно з них, пшениця тверда й манні крупи з твердої пшениці. Визначення числа падіння методом Хагберга-Пертена (Hagberg-Perten). ДП «УкрНДНЦ». Київ, 2019. 6 с.

81. ДСТУ 46.004-99. Борошно пшеничне. Технічні умови. Держспоживстандарт України. Київ, 1999.12 с.

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

83. 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 с.

84. Mykola Kukhtyn, Olena Vichko, Oleg Kravets, Halyna Karpyk, Olga Shved, Volodymyr Novikov. Biochemical and microbiological changes during fermentation and storage of a fermented milk product prepared with Tibetan Kefir Starter / Archivos Latinoamericanos de Nutricion. ALAN. Volumen 68, No. 4, 2018

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

86. 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**

*(Україна)*

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

*(Україна)*

**ІНСТИТУТ МЕДИЦИНИ ПРАЦІ ІМ. Ю.І. КУНДІЄВА**

*(Україна)*

**ВАРМІНСЬКО-МАЗУРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

*(Польща)*

**СЛОВАЦЬКИЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

*(Словаччина)*

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

*(Україна)*

**ПОЛЬСЬКА АКАДЕМІЯ ЗДОРОВ'Я**

*(Польща)*

**VII Міжнародна науково-технічна конференція**  
**Стан і перспективи харчової науки та**  
**промисловості**

**Тези доповідей**

**28 – 29 вересня 2023 р.**

**Тернопіль**

УДК 001 + 664  
С 76  
ISBN 978-617-7875-66-5

## 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:*

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

**Криськова Л.** – асистент кафедри харчової біотехнології і хімії

### *Члени програмного комітету*

Покотило О.	Україна
Кухтин М.	Україна
Юкало В.	Україна
Лещук Р.	Україна
Бриндза Ян	Словаччина
Вавренчик М.	Польща
Арсеньєва Л.	Україна
Вітенько Т.	Україна
Гавриляк В.	Україна
Грицак О.	Україна
Ковальчук В.	Україна
Крижовачук О.	Україна
Патика М.	Україна
Полтавченко Т.	Україна
Соколюк В.	Україна
Ткаченко О.	Україна
Шерстюк Р.	Україна
Цісарик О.	Україна
Гамрач В.	Україна

С 76 Стан і перспективи харчової науки та промисловості: тези доповідей VII  
Міжнародної науково-технічної конференції. (Тернопіль 28–29 вересня 2023 року)  
/ М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-тім. І. Пулюя [та ін.]. –  
Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. 126 с.

УДК 001 + 664

ISBN 978-617-7875-66-5

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

<b>Перкій Ю.Б., Болтик Н.П., Рушинська Т.М., Тихонова Б.Є.</b> Контамінація золотистим стафілококом молока-сировини, яке надходить на переробні підприємства Тернопільської області	<b>88</b>
<b>Труханович Т.С., Кухтин М.Д.</b> Бактерицидні властивості нізину щодо Тест-культур <i>s. Aureus</i> і <i>e. Coli</i>	<b>90</b>
<b>Дзюрбас Л.С.</b> Пробіотичні мікроорганізми, які використовуються в технології виробництва кисломолочних продуктів	<b>91</b>
<b>Криса П., Кравченко Х.</b> Способи зберігання мяса за виробництва консервів	<b>93</b>
<b>Яремкевич О. С., Семенюк І. В., Карпенко О.В., Лубенець В. І.</b> Антиоксидантні властивості гумінових кислот	<b>94</b>
<b>Сеник М.Б., Кравченко Х.Ю.</b> Використання шавлії для підвищення харчової цінності хліба	<b>95</b>
<b>Когут Н.З., Вічко О.І, Кушнірук Н.В.</b> Комплексні поліпшувачі для покращення хліба	<b>96</b>
<b>СЕКЦІЯ: БЕЗПЕЧНІСТЬ І КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ</b>	
<b>Дмитруха Н.М., Короленко Т.К., Лагутіна О.С.</b> Оцінка безпечності екстракту $\beta$ -каротину "LYC-O-BETA" з гриба BLAKESLEA TRISPOR	<b>97</b>
<b>Мадані М.</b> Екологізація закладів ресторанного господарства як запорука мінімізації ризиків небезпек	<b>100</b>
<b>Барська Н.М.</b> Якість та безпека харчових продуктів в сучасних умовах	<b>102</b>
<b>Коновалова С.О., Бегайдарова С.Ю.</b> Впровадження системи HACCP на підприємствах харчової промисловості	<b>104</b>
<b>Холмовой Ю.П., Лобанов Г.Г., Жигadlo Є.В.</b> Визначення кислотності молока методом кольориметричного титрування у хронометричному варіанті	<b>106</b>
<b>Крупельницький Т.В., Соколюк В.М.</b> Деякі аспекти безпечності і якості молока-сировини.	<b>109</b>
<b>Марценюк В.П., Багрій-Заяць О.А., Сверстюк А.С., Климук Н.Я., Кравець Н.О., Кучвара О.М.</b> Математичне моделювання відгуку опенціометричного біосенсора для визначення $\alpha$ -чаконіну	<b>111</b>
<b>Кочетова Г.С., Салата В.З., Кухтин М. Д.</b> Дослідження $17\beta$ -естрадіолу у молочних продуктах	<b>115</b>



УДК 664

**Когут Н.З.; Вічко О.І., к.т.н., доцент; Кушнірук Н.В.**

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна

### **КОМПЛЕКСНІ ПОЛІПШУВАЧІ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ХЛІБА**

**Kohut N.Z.; Vichko O.I., Ph.D., Assoc.Prof.; Kushniruk N.V.**

### **COMPLEX IMPROVERS FOR IMPROVING BREAD**

Хліб є основним і головним продуктом харчування, який готується з борошна шляхом його замішування з водою, дріжджами іншими компонентами та випікання. Даний продукт є найпоширеніший і відомий у всьому світі. На ринку хліб продається під різними назвами, що складаються з комбінації бажаних типів борошна, дріжджів, води та інших компонентів разом з одним або кількома інгредієнтами, включаючи сирну масу, незбиране або згущене або знежирене молоко, підкислену воду, сироватку, цукор, харчові крохмалі, мед, рафіновану олію чи або вершкове масло, а також концентровані білки [1]. У зв'язку з потребою в різноманітних видах хліба та збільшенням механізації хлібопекарської промисловості важливо модифікувати в'язкопружні властивості та структуру даного виробу [2].

Зазвичай хімічні речовини та ферменти додають у рецептуру хліба, щоб покращити процес приготування хліба, але сьогодні, завдяки ширшій обізнаності про серйозні наслідки хімічних речовин у харчових продуктах, серед населення, особливо в розвинених країнах, зростає тенденція, що продукти повинні бути більш біоорганічними і вільними від хімікатів або з мінімальною кількістю штучних не природних речовин. Додавання ферментів було вибрано замість додавання хімічних речовин, оскільки в кінцевому продукті ферменти не виявляють жодної активності.

Весь процес приготування хліба можна вивчати за трьома основними розділами, включаючи: 1) замішування/формування тіста; 2) бродіння; 3) випікання тістових заготовок. Мікроорганізми вважаються основним джерелом ферментів, тому що швидкість їх розмноження висока і вони виробляють біологічно активні сполуки та різноманітні ферменти, які відіграють важливу роль у харчовій промисловості. Мікробні ферменти сприяють виготовленню хліба з високою засвоюваністю, а також забезпечують добову потребу в поживних речовинах. Вони також впливають на спосіб дії ендогенних ферментів борошна, які присутні в невеликій кількості та мають низьку активність. Застосування ферментів у хлібобулочних виробках не тільки покращує такі властивості тіста, як газотримання, м'якість м'якушки, водопоглинаючу здатність та інші, але й покращує харчовий статус виробів. Мікробні джерела ферментів пропонують численні переваги перед рослинами та тваринами. Повідомляється, що мікробні ферменти з різних джерел можуть використовуватися у випічці хліба. Широкий спектр мікробних ферментів, а саме, ксиланази, фітази,  $\alpha$ -амілази, протеази, целюлази, глюкозооксидази, ліпаза та інші покращують поживні, сенсорні та інші бажані властивості хліба [1]. Отже, використання ензимних препаратів є досить перспективним в хлібопекарській промисловості.

#### **Література:**

1. Dahiya, S., Bajaj, B. K., Kumar, A., Tiwari, S. K., & Singh, B. (2020). A review on biotechnological potential of multifarious enzymes in bread making. *Process Biochemistry*, 99, 290-306.
2. Карпук, Н., Кукхтын, М., Сельскі, В., Назарко, І., Покотило, О., & Хайданака, М. (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.