

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Удосконалення рецептурного складу хліба  
пшеничного збагаченого біологічно-активними  
мікронутрієнтами**

Виконав: студент 6 курсу, групи МХмз-61  
спеціальності 181 Харчові технології

(шифр і назва спеціальності)

|                   |                                                         |
|-------------------|---------------------------------------------------------|
|                   | <u>Радченко В.В.</u><br>(підпис) (прізвище та ініціали) |
| Керівник          | <u>Вічко О.І.</u><br>(підпис) (прізвище та ініціали)    |
| Нормоконтроль     | <u>Кухтин М.Д.</u><br>(підпис) (прізвище та ініціали)   |
| Завідувач кафедри | <u>Кухтин М. Д.</u><br>(підпис) (прізвище та ініціали)  |
| Рецензент         | <u></u><br>(підпис) (прізвище та ініціали)              |

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)

« »

2025 р.

## З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 181 Харчові технології

(шифр і назва спеціальності)

студенту Радченко Вадим Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення рецептурного складу хліба  
пшеничного збагаченого біологічно-активними  
мікронутрієнтами

Керівник роботи Вічко Олена Іванівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «10» 10 2025 року № 4/7-890

2. Термін подання студентом завершеної роботи грудень 2025 року

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

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

– Провести історичну хронологію розвитку хлібопекарства та щодо застосуванням поліпшувачів у технології хліба;

– Обґрунтувати розробку дослідних зразків пшеничного хліба із мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат» та аскорбіновою кислотою;

– Охарактеризувати сировину та розробити рецептуру дослідних зразків хліба із мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат» та аскорбіновою кислотою;

– Дослідити технологічні показники тіста з «Йодіс-концентрат» та поліпшувачем аскорбінова кислота;

– Оцінити готові вироби – пшеничного хліба з різною кількістю аскорбінової кислота та з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат».

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

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ                           | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|----------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                  |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| Науково-дослідна частина         | Вічко О.І., доц.каф. ХБ                   |                |                  |
| Охорона праці                    | Окіпний І.Б., к.т.н., доц..               |                |                  |
| Безпека в надзвичайних ситуаціях | Стручок В.С., ст. викл.                   |                |                  |
| Нормоконтроль                    | Кухтин М.Д., зав.каф. ХБ                  |                |                  |

7. Дата видачі завдання

10 листопада 2025 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи                                                                     | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1.    | Вступ                                                                                   | 17.11.2025                     |          |
| 1.    | Аналітичний огляд та патентний пошук інформації відповідно до теми магістерської роботи | 20.11.25 р. – 27.11.25 р.      |          |
| 2.    | Складання схеми досліджень                                                              | 28.11.25 р. – 30.11.25 р.      |          |
| 3.    | Опрацювання методики досліджень                                                         | 01.12.25 р. – 02.12.25 р.      |          |
| 4.    | Виконання експериментальних досліджень (Частина I)                                      | 03.12.25 р. – 08.12.25 р.      |          |
| 5.    | Завершення експериментальних досліджень (Частина II)                                    | 09.12.25 р. – 10.12.25 р.      |          |
| 6.    | Збір інформації до виконання розділу та «Безпека в надзвичайних ситуаціях»              | 11.12.25 р. – 12.12.25 р.      |          |
| 7.    | Закінчення написання розділів                                                           | 13.12.25 р – 14.12.25 р.       |          |
| 8.    | Подання магістерської роботи до захисту, отримання відгуку та рецензії                  | 15.12.25 р                     |          |

Студент

(підпис)

Радченко В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Вічко О.І.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

|       |                                                                                                                                        |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|       | Реферат                                                                                                                                | 6  |
|       | Вступ                                                                                                                                  | 7  |
| 1.    | Огляд літератури                                                                                                                       | 12 |
| 1.1.  | Історичний розвиток харчових інгредієнтів у хлібопекарській галузі                                                                     | 12 |
| 1.2.  | Механізми дії окиснювачів для покращення структури тіста у хлібопечені                                                                 | 16 |
| 1.3.  | Токсичність і безпечність поліпшувачів для тіста, які використовуються у хлібопекарській промисловості                                 | 21 |
| 1.4.  | Сучасні поліпшувачі для тіста, які мають природне походження та безпечні                                                               | 26 |
| 1.5.  | Підсумки з огляду                                                                                                                      | 32 |
| 2.    | Матеріали і методи досліджень                                                                                                          | 33 |
| 3.    | Результати дослідження та їх обговорення                                                                                               | 36 |
| 3.1.  | Актуальність застосування поліпшувачів до борошняних виробів для покращення його структури                                             | 36 |
| 3.2.  | Обґрунтування розробки дослідних зразків пшеничного хліба із мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат»                                        | 38 |
| 3.3.  | Дослідження сировини та розроблення рецептури дослідних зразків хліба із мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат»                            | 39 |
| 3.4.  | Дослідження тіста з «Йодіс-концентрат» та поліпшувачем аскорбінова кислота                                                             | 46 |
| 3.5.  | Дослідження готових виробів – зразків пшеничного хліба з різною кількістю аскорбінової кислота та з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат» | 49 |
| 4     | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях                                                                                      | 57 |
| 4.1.1 | Аналіз травм і травматизму на підприємствах харчової промисловості                                                                     | 57 |

|       |                                                                                               |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.1 | Підвищення стійкості функціонування підприємств харчової промисловості в умовах воєнного часу | 59 |
|       | Висновки і пропозиції виробництву                                                             | 62 |
|       | Список літератури                                                                             | 63 |
|       | Додатки                                                                                       | 71 |

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 74 с., 5 рис., 9 табл., 71 джерел.

ХЛІБ ПШЕНИЧНИЙ, АСКОРБІНОВА КИСЛОТА, «ЙОДІС-КОНЦЕНТРАТ», ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ХЛІБА.

*Об'єкт дослідження* – поліпшувачі хліба, аскорбінова кислота, «Йодіс-концентрат», технологічні й органолептичні властивості тіста й хліба.

Мета роботи – обґрунтувати та розробити рецептуру пшеничного хліба зі мікронутрієном «Йодіс-коцентрат» та поліпшувачем аскорбіновою кислотою та дослідити технологічні властивості запропонованих виробів.

*Методи досліджень*: оглядово-аналітичні; технологічні показники сировини, напівфабрикатів (кислотність, питомий об'єм), готових дослідних виробів (вологість, пористість, крихкуватість); органолептичні; методи статистики.

Обґрунтовано й розроблено рецептуру пшеничного хліба з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат» та поліпшувачем аскорбінова кислота, як харчовий продукт для забезпечення споживачів у дефіцитному мікронутрієніті Йоді.

Встановлено позитивний вплив на структурно-механічні властивості пшеничного хліба запропонованих добавок. Оптимальним для підвищення питомого об'єму пшеничного тіста виявилось поєднання 0,02–0,03 % аскорбінової кислоти з 0,8 % йодіс-концентрату. Починаючи з концентрації 0,02 %, пористість м'якушки перевищувала мінімальні вимоги ДСТУ 7517:2014, одночасно спостерігалось зниження крихкуватості та уповільнення її зростання у процесі зберігання.

Пропонується використовувати у технології хліба пшеничного «Йодіс-концентрат» 0,8 % та аскорбінову кислоту у 0,02 % від маси борошна, як джерело біологічного йоду та поліпшувач тіста для покращення властивостей хліба

## Вступ

**Актуальність теми.** Хліб і хлібобулочні вироби традиційно займають провідне місце в харчуванні населення більшості країн світу, зокрема й України. Їх висока споживча цінність пояснюється доступністю, універсальністю використання, добрими органолептичними характеристиками та значним вмістом вуглеводів, білків, мінеральних речовин і вітамінів [38]. Проте сучасні умови харчування населення характеризуються дефіцитом низки життєво необхідних мікроелементів, серед яких особливе значення має йод [60]. Нестача йоду у раціоні є поширеною проблемою, що призводить до розвитку йододефіцитних захворювань, які негативно впливають на фізичний та розумовий розвиток людини, працездатність та якість життя. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, понад 2 мільярди людей у світі страждають на ті чи інші прояви йодного дефіциту, а Україна належить до територій із його природною поширеністю [61].

З огляду на це, актуальним напрямом сучасної харчової науки і промисловості є розробка та впровадження збагачених продуктів масового споживання, які здатні частково компенсувати нестачу йоду в щоденному раціоні. Хліб і хлібобулочні вироби є оптимальними об'єктами для збагачення мікронутрієнтами, оскільки вони щоденно споживаються більшістю населення, незалежно від віку, статі та соціального статусу. Таким чином, додавання йодовмісних інгредієнтів у рецептури хліба може розглядатися як ефективний і економічно доцільний засіб профілактики йододефіцитних станів.

Поряд із проблемою мікронутрієнтного дефіциту, перед сучасним хлібопекарським виробництвом стоїть завдання підвищення якості готової продукції. З огляду на особливості переробки борошна різних помелів та сортів, необхідно забезпечити високі технологічні показники тіста – його газоутримувальну здатність, еластичність і пружність, що визначають об'єм,

пористість та інші споживчі властивості хліба. Вирішення цього завдання можливе завдяки використанню поліпшувачів тіста, серед яких значне поширення отримала аскорбінова кислота.

Аскорбінова кислота є одним із найефективніших окислювачів, який застосовується у хлібопекарстві для поліпшення структурно-механічних властивостей тіста. Вона сприяє зміцненню клейковинного каркасу, що забезпечує формостійкість виробів, покращує пористість та об'ємність м'якушки. Крім технологічного ефекту, використання аскорбінової кислоти має й додаткову біологічну цінність, адже цей вітамін є важливим антиоксидантом, необхідним для нормального функціонування організму людини. Таким чином, включення аскорбінової кислоти у рецептури хліба та хлібобулочних виробів дозволяє поєднати вирішення двох завдань – покращення якісних показників продукції та підвищення її харчової цінності [34].

Поєднання збагачення хліба йодом із використанням поліпшувачів тіста, зокрема аскорбінової кислоти, відкриває нові перспективи у створенні функціональних продуктів харчування [34]. Такий підхід дозволяє отримати вироби з високими споживчими характеристиками, підвищеною біологічною та фізіологічною цінністю, здатні забезпечувати профілактику йододефіцитних станів і водночас відповідати сучасним вимогам ринку до якості продукції [60].

Слід підкреслити, що особливу актуальність дані дослідження мають у контексті сучасних соціально-економічних умов. Розвиток харчової промисловості України відбувається в умовах зростання попиту на продукти, що сприяють збереженню здоров'я, а також підвищення вимог до їхньої безпечності, якості та конкурентоспроможності. У цих умовах розробка рецептур хліба та хлібобулочних виробів із використанням йодовмісних добавок та аскорбінової кислоти відповідає глобальним тенденціям створення функціональних і профілактичних продуктів харчування.



Таким чином, наукові дослідження у даному напрямку мають вагомe значення як для харчової науки, так і для практики хлібопекарської промисловості. Їх результати можуть стати основою для удосконалення технологій виробництва, оптимізації складу рецептур, підвищення якості готової продукції та зміцнення здоров'я населення.

### **Мета і завдання досліджень.**

Метою роботи було обґрунтувати та розробити рецептуру пшеничного хліба зі мікронутрієном «Йодіс-концентрат» та поліпшувачем аскорбіновою кислотою та дослідити технологічні властивості запропонованих виробів.

### ***Для виконання мети було поставлені наступні завдання:***

- Провести історичну хронологію розвитку хлібопекарства та щодо застосуванням поліпшувачів у технології хліба;
- Обґрунтування розробки дослідних зразків пшеничного хліба із мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат» та аскорбіновою кислотою;
- Охарактеризувати сировину та розробити рецептуру дослідних зразків хліба із мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат» та аскорбіновою кислотою;
- Дослідити технологічні показники тіста з «Йодіс-концентрат» та поліпшувачем аскорбінової кислоти;
- Оцінити готові вироби – пшеничного хліба з різною кількістю аскорбінової кислоти та з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат».

**Об'єкт дослідження** – поліпшувачі хліба, аскорбінова кислота, Йодіс-концентрат, технологічні властивості тіста й хліба, органолептичні властивості.

**Предмет дослідження:** закономірності впливу мікронутрієнта «Йодіс-концентрат» та поліпшувача – аскорбінової кислоти на показники технологічні тіста, хліба та органолептику готових виробів.

**Методи досліджень:** оглядово-аналітичні (літературні дані публікацій, які класифікують поліпшувачі до хлібобулочних виробів, їх характеристика, переваги та недоліки відносно біологічної цінності у процесі застосування);

технологічні показники сировини, напівфабрикатів (кислотність, питомий об'єм), готових дослідних виробів (вологість, пористість, крихкуватість); органолептичні (смак й запах, загальний вигляд, консистенція); методи статистики.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Обґрунтовано й розроблено рецептуру пшеничного хліба з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат» та поліпшувачем аскорбінова кислота, як харчовий продукт для забезпечення споживачів у дефіцитному мікронутрієнті Йоді.

Встановлено позитивний вплив на структурно-механічні властивості пшеничного хліба запропонованих добавок. Оптимальним для підвищення питомого об'єму пшеничного тіста виявилось поєднання 0,02–0,03 % аскорбінової кислоти з 0,8 % йодіс-концентрату. Починаючи з концентрації 0,02 %, пористість м'якушки перевищувала мінімальні вимоги ДСТУ 7517:2014, одночасно спостерігалось зниження крихкуватості та уповільнення її зростання у процесі зберігання.

**Практичне значення отриманих результатів.** Пропонується використовувати у технології хліба пшеничного «Йодіс-концентрат» 0,8 % та аскорбінову кислоту у 0,02 % від маси борошна, як джерело біологічного йоду та поліпшувач тіста для покращення властивостей хліба.

**Особистий внесок здобувача.** Здобувач самостійно опрацьовував літературні дані публікацій, які класифікують поліпшувачі до хлібобулочних виробів, їх характеристика, переваги та недоліки відносно біологічної цінності у процесі застосування, сформував мету та ідею магістерського дослідження, запропонував завдання і план досліджень, провів необхідні дослідження та оформив їх у магістерську роботу.

**Апробація результатів.** За матеріалами кваліфікаційної роботи опубліковано одну наукову працю у тезах: Радченко В.В. (2025). Збагачення хлібопекарської продукції йодом як інноваційний напрям профілактики йододефіциту. Стан і перспективи харчової науки та промисловості: тези доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 30-

річчю заснування кафедри харчової біотехнології і хімії ТНТУ імені Івана Пулюя (Тернопіль 25–26 вересня 2025 року), М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. – С. 79. (Додаток А).

**Публікації.** За матеріалами кваліфікаційної роботи було опубліковано одні тези конференції (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 74 стор. та містить 9 таблиць, 5 рисунків. Перелік літератури складається з 71 джерел.

## РОЗДІЛ І

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### 1.1. Історичний розвиток харчових інгредієнтів у хлібопекарській галузі

##### *1.1.1. Стародавні традиції: ферментація та закваски*

Зародження хлібопекарства сягає кілька тисячоліть тому. Ще за доби неоліту, близько 10 000 р. до н.е., коли людство почало обробляти зерно, випадкове бродіння суміші борошна і води стало першопочатковим способом придати тісту підйом. Ймовірно, залишки тіста чи крохмальні стружки спонтанно заброджували завдяки наявним природним дріжджам, які циркулюють у повітрі, очевидно так зародилася традиція виготовлення закваски [1].

Найдавніші археологічні свідчення справжнього кисломолочного хліба *Carbon molecular*, знайдені у Швейцарії, датуються приблизно 3700 р. до н.е., а споживання такого хліба сягає часів Стародавнього Єгипту, тобто приблизно 6000 р. до н.е. [2].

У Стародавньому Римі, за словами Плінія Старшого (І століття н.е.), популярною було використання техніки спонтанного бродіння закваски, тобто попередньо заквашене тісто повторно використовувалось для нового замісу [1]. У середньовічній Європі традиційні технології зберігалися: сімейні заквасками передавалися з покоління в покоління, часто в монастирях, де вибудовувалося високе мистецтво хлібопекарства [3].

##### *1.1.2. Промисловий злам у XIX–XX століті щодо технології виробництва заквасок*

Переломним стало XIX століття: після наукового відкриття Луї Пастером про роль дріжджів у бродінні [4] з'явилась можливість промислового виробництва чистих культур дріжджів – пекарських дріжджів. Це істотно скоротило час бродіння, зробило процес однорідним та менш

залежним від природних умов [5]. Унаслідок чого ХХ століття ознаменувалося масовою індустріалізацією в галузі хлібопекарства:

- У 1912–1928 роках були створені хліборізальні та пакувальні машини для хліба.
- Введення процесу Chorleywood (1961 р., Великобританія) дозволило пекти хліб усього за 3–4 години завдяки інтенсивному механічному обробленню тіста [6].
- У США з 1941 року обов'язковим стало збагачення борошна різними біологічно-активними нутрієнтами – попереджаючи дефіцит вітамінів і мінералів у раціоні [6].

Все це створило потужний попит на добавки, які дозволяли підлаштувати традиційні методи під нові технологічні вимоги, а саме скоротити час бродіння, покращити структуру тіста, зменшити кількість дріжджів і одночасно підтримувати якість хлібобулочних виробів.

#### *1.1.3. Поява синтетичних окислювачів: калієвий бромат і азодикарбонамід*

На початку ХХ століття з'явилися перші синтетичні окислювачі, які почали широко застосовуватися у хлібопекарській галузі. За даними, саме у 1917 році в США було доведено, що суміш, що містить калієвий бромат, хлорид кальцію і сульфат амонію, здатна значно знизити потребу в дріжджах практично у два рази, при цьому підйомна сила тіста була практично без змін [7]. Таким чином, первинні "yeast nutrient salts" значною мірою увійшли у рутинні технологічні рецептури [7].

У другій половині ХХ століття популярність здобули азодикарбонамід (АЗД) та калієвий бромат ( $\text{KBrO}_3$ ):

- Бромат калію ( $\text{KBrO}_3$ ) повільно діє під час випікання, стабілізує структуру тіста, сприяє покращенню об'єму [7].

- АДЗ — швидкодіючий окислювач, використовувався для швидкого стабілізування тіста навіть низької якості, забезпечуючи підвищення еластичності й збільшення газоутримувальної здатності [7].

Ці інновації суттєво оптимізували виробничі цикли, але з часом багато з цих речовин виявилися токсичними, що підштовхнуло регуляторів до обмежень або повної заборони [7].

#### *1.1.4. Перехід до безпечніших альтернатив, хімічним покращувачам у хлібопекарській галузі*

У зв'язку із шкідливим впливом на здоров'я, ряд синтетичних добавок було поступово заміщено менш ризикованими альтернативами, зокрема наступними:

- Аскорбінова кислота – природна, безпечна, недорога, ефективна у сприянні утворенню дисульфідних зв'язків, покращенні структури тіста та об'єму хліба [6].

- Ферментні системи — ензими (амілази, протеази), що покращують текстурні й хімічні характеристики без жорстких хімічних реакцій [6].

- Натуральні закваски — повернення до традицій, коли тривале бродіння (наприклад, із закваскою) створює складні смакові профілі, покращує засвоюваність і продуктову «м'якість» [8].

Отже, історичний нарис від застосування реологічних покращувачів тіста показав, що це подорож від випадкових ферментативних експериментів до масштабної промислової хлібопекарської техніки, зокрема:

1. Стародавні культури використовували природні закваски та тривале бродіння.

2. Індустріалізація створила потребу у швидких, контрольованих технологіях – народилися процеси на кшталт «Chorleywood» і синтетичні окислювачі.

3. Ера синтетики (KBrO<sub>3</sub>, АДЗ) прискорила виробництво, але привела до ризиків для здоров'я.

4. Сучасна тенденція – заміна на безпечніші природні альтернативи: аскорбат, ферменти й справжні закваски.

Хронологічна таблиця з основними віхами історії використання реологічних покращувачів тіста наведена в табл. 1.1

Таблиця 1.1

**Історичні віхи розвитку щодо використання покращувачів тіста у хлібопекарській галузі [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]**

| Рік / Період                  | Подія                                                        | Значення для реології тіста                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| близько 10 000 р. до н.е.     | Початок землеробства, обробка зерна                          | Виникнення перших сумішей з борошна і води, що спонтанно бродили |
| близько 6000–3000 рр. до н.е. | Стародавній Єгипет, Месопотамія — використання заквасок      | Кероване бродіння, поява пористої структури тіста                |
| I ст. н.е.                    | Пліній Старший описує використання заквашених залишків тіста | Збереження культури бродіння, стабільність якості                |
| XIV–XVII ст.                  | Середньовічна Європа, монастирське хлібопекарство            | Закріплення традицій довгого бродіння і заквасок                 |
| XIX ст. (середина)            | Луї Пастер відкриває роль дріжджів у бродінні                | Початок промислового виробництва пекарських дріжджів             |
| 1917                          | В США описано                                                | Скорочення часу                                                  |

|              |                                                                                         |                                                                         |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|              | використання суміші<br>$\text{KBrO}_3$ , $\text{CaCl}_2$ , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | бродіння, економія<br>дріжджів                                          |
| 1920–1930-ті | Масове впровадження<br>чистих культур<br>дріжджів                                       | Відхід від заквасок у<br>промисловому<br>виробництві                    |
| 1940-ві      | Дослідження й<br>стандартизація<br>окислювачів у<br>хлібопеченні                        | Початок широкого<br>використання $\text{KBrO}_3$                        |
| 1961         | Розробка процесу<br>Chorleywood Bread<br>Process (Велика<br>Британія)                   | Надшвидке<br>замішування, потреба у<br>сильних окислювачах              |
| 1970-ті      | Популяризація<br>азодикарбонамідів                                                      | Швидке стабілізування<br>тіста, підвищення<br>еластичності              |
| 1980–2000-ті | Поступова заборона<br>$\text{KBrO}_3$ та АДЗ у<br>багатьох країнах                      | Перехід на безпечніші<br>альтернативи                                   |
| Сучасність   | Аскорбінова кислота,<br>ферменти, натуральні<br>закваски                                | Комбінація<br>технологічної<br>ефективності та<br>безпечності продукції |

## 1.2. Механізми дії окиснювачів для покращення структури тіста у хлібопеченні

У хлібопекарстві окислювачі використовуються для покращення якості тіста зокрема, щоб посилити його структуру, еластичність і здатність утримувати газ. Ключовий механізм полягає у впливі на сульфгідрильні (–



SH) групи білків глютену, що веде до утворення дисульфідних ( $-S-S-$ ) зв'язків між білковими ланцюгами. Це створює міцну, стабільну секретну мережу, що формує скелет тіста.

### ***1.2.1. Загальний біохімічний контекст***

Якісна глютеніва мережа є надзвичайно важливою для хлібопечення, безпосередньо впливаючи на здатність дріжджів утримувати вуглекислий газ та покращуючи властивості тіста. Якість глютенівих білків може змінюватися залежно від генетичних, екологічних та післязбиральних умов. Для підтримки однакової якості хлібопечення додавання добавок/консервантів, кондиціонерів для тіста або зміцнювачів допомагає подолати недоліки в якості пшениці [37, 30, 31]. Основними функціями цих зміцнювачів та консервантів для тіста є підвищення толерантності до машин, замішування та обробки. Деякі з удосконалень процесу призводять до скорочення часу, необхідного для розвитку глютенівої матриці тіста, максимізації поглинання води; мінімізації використання жиру; покращення якостей хліба, таких як об'єм буханця, текстура та ніжність скоринки; уповільнення швидкості черствіння; та збільшення терміну зберігання та якості [19, 38].

Різні зміцнювачі, такі як бромат калію, йодат, діоксид хлору, хлор, азодикарбонамід, аскорбінова кислота, естери моно- та дигліцеридів діацетилвинної кислоти, стеароїллактилат натрію та пероксиди, змінюють білки глютену [20, 39]. Окрім впливу, який вони мають на загальну реологію тіста для продовження терміну зберігання використовуються також інші хімічні добавки. Емульгатори – це тип зміцнювачів тіста, які покращують оброблюваність тіста, скорочують час витримки та покращують якості хліба, такі як об'єм, колір скоринки, білизна м'якушки, аромат та смак [19, 40]. Ще однією перевагою емульгаторів є те, що вони можуть покращити термін зберігання виробів. Хімічні консерванти, такі як органічні кислоти, зазвичай

використовуються для запобігання росту небажаних мікроорганізмів та продовження терміну зберігання хлібобулочних виробів [41].

- Сульфгідрильні групи ( $-SH$ ), які присутні в цистеїнових залишках білків, є ключовими для формування поперечних зв'язків при окисленні. Перетворення  $-SH \rightarrow -S-S-$  створює стабільні структури, що надають тісту еластичність і стійкість [9].

- Окислювачі сприяють цьому процесу: вони реагують із  $-SH$  групами, утворюючи дисульфідні містки, що зміцнюють глютену матрицю [10].

Розрізняють окисні та відновні покращувачі тіста:

- *Окисники* (як АДЗ,  $KBrO_3$ , аскорбінова кислота) збільшують утворення  $-S-S-$  [9];

- *Редуктанти* (наприклад, незначні дози сульфідів) навпаки — розривають зв'язки, роблячи структуру більш пластичною [9].

#### *Аскорбінова кислота*

Формально аскорбінова кислота (вітамін С) є відновником, але в умовах тіста і завдяки ферменту аскорбат-оксидазі (природному в борошні) вона швидко окиснюється до дегідроаскорбінової кислоти — активного окисника [11].

Ця форма (дегідроаскорбінова кислота) окиснює  $-SH$  групи білків, сприяючи формуванню дисульфідних містків між білками, що:

- підвищує еластичність тіста;
- зменшує прилипання;
- поліпшує здатність утримувати газ, що підвищує об'єм хліба;
- формує більш рівномірну структуру м'якуша [12].

Дія L-тио та D-еритро-аскорбатів свідчить, що саме дегідроформа є активною, а початкова реакція відбувається під час замісу [12].

### *Калієвий бромат ( $KBrO_3$ )*

$KBrO_3$  – приклад повільнодіючого окисника: він майже неефективний під час замісу, а своєю дією значною мірою підсилює тісто під час бродіння та випікання [12].

Механізми дії калію бромату:

1. Окиснює  $-SH$  групи до  $-S-S-$ , інгібуючи глютен-редуктанти і стабілізуючи структуру — створює міцну клейковинну мережу [10].
2. Гальмує активність протеолітичних ферментів, що покращує стабільність тіста під час обробки [13].
  - Завдяки повільній дії отримують оптимальний об'єм і структуру хліба [13].
  - Хімічні рівняння, подані у роботі Wieser (2012), описують стадійність реакції  $BrO_3^- \rightarrow BrO_2^- \rightarrow Br^-$  із утворенням  $S-S$ -зв'язків [14].

### *Азодикарбонамід (АДЗ)*

АДЗ – швидкодіючий окисник, який активно діє вже під час замісу (за  $\sim 2,5$  хв) [10]. Він миттєво окиснює  $-SH$  групи, що особливо корисно для борошна низької якості, бо:

- покращує структуру тіста;
- підвищує утримування газу, що дає більший об'єм;
- покращує текстуру м'якуша [15].

Безконтрольне дозування АДЗ може призвести до зворотнього ефекту, зокрема погіршення обсягу, блідішої структури [13].

Молекулярні дослідження підтверджують зменшення  $freien-SH$ , укріплення структури — особливо ефективне на ранніх етапах обробки [13].

### ***1.2.2. Взаємодія окислювачів з крохмалем і ліпідами***

- Окислювачі можуть не прямо впливати на глютен, а через зміну реології взаємодіяти з крохмалем і ліпідами.

- Наприклад, покращення структури дозволяє рівномірніше проводити клейстеризацію крохмалю, що підвищує об'єм і текстуру хліба.
- Ліпіди у складі тіста утворюють аміло-ліпідні комплекси, які стабілізують крихку частину – але у поєднанні із зміцненим глютенем ступінь стабільності м'якуша зростає.
- Ці аспекти потребують подальшого вивчення, але вже зрозуміло, що вплив є системним і комплексним [16].

Порівняльний підсумок механізму дії трьох поліпшувачів для тіста наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

**Механізм дії трьох поліпшувачів тіста [11, 12, 13, 14, 15]**

| Окислювач                      | Швидкість дії   | Механізм дії                                                        | Основний ефект                  |
|--------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Аскорбінова кислота            | Проміжна        | Окиснення до дегідроаскорбат<br>$\rightarrow -SH \rightarrow -S-S-$ | Поліпшення структури, об'єму    |
| Калієвий бромат                | Повільна, пізня | $-SH \rightarrow -S-S-$ ,<br>інгібіція протеаз                      | Великий об'єм, стабільність     |
| Азодикарбонамід                | Дуже швидка     | Швидке окиснення $-SH$ у замісі                                     | Збільшення об'єму, еластичності |
| Взаємодія з крохмалем/ліпідами |                 | Поліпшення клейстеризації, стабілізація м'якуша                     | Краща текстура і структура      |

Отже, окислювачі – ключовий інструмент у технології хлібопекарства. Їхні механізми дії зводиться від формування дисульфідних зв'язків до впливу на крохмаль та ліпіди до забезпечення потрібної структури, об'єму і текстури хліба. Різна реакційна швидкість (швидкодіючі АДЗ, проміжні аскорбат,

повільні  $\text{KBrO}_3$ ) дає технологам змогу обирати оптимальні добавки залежно від процесу.

### **1.3. Токсичність і безпечність поліпшувачів для тіста, які використовуються у хлібопекарській промисловості**

Питання токсичності покращувачів тіста є одним з найбільш дискусійних у харчовій технології. З одного боку, ці речовини дозволяють отримувати стабільний і передбачуваний результат у промисловому хлібопекарстві; з іншого – частина з них може мати небажані ефекти на здоров'я людини, особливо при надмірному вживанні або за наявності залишкових продуктів розпаду.

Автори наукових публікацій [17] розглядають кожний поширений окислювач окремо, наводячи дані щодо гострої та хронічної токсичності, механізмів впливу, а також нормативів безпечності.

#### ***1.3.1. Калієвий бромат ( $\text{KBrO}_3$ )***

Білий кристалічний порошок, добре розчинний у воді. Використовується як повільнодіючий окислювач: під час випікання поступово перетворюється на безпечний калієвий бромід ( $\text{KBr}$ ). Не весь бромат встигає відновитися до броміду під час випікання, особливо якщо умови температури та вологості тіста не оптимальні. Залишки  $\text{KBrO}_3$  можуть потрапити у готовий продукт.

Бромід калію визнаний канцерогеном (IARC Group 2B — “можливо канцерогенний для людини”). У дослідях на тваринах викликав пухлини нирок, щитоподібної залози та шлунка. Тому бромід калію вважається сильний окислювальний агент: може пошкоджувати ДНК, білки та ліпіди клітин [18].

Регуляторний статус щодо використання у харчовій промисловості полягає в тому, що в ЄС, Канаді, Бразилії, Китаї, Україні є повна заборона у хлібопекарській галузі [17].

Водночас у США – дозволений на федеральному рівні, але кілька штатів запровадили заборону [21].

У країнах, де використання дозволене, встановлюються дуже низькі допустимі рівні залишків у харчових продуктах [21].

### ***1.3.2. Азодикарбонамід (АДЗ)***

Жовто-оранжевий порошок, розчинний у воді, діє як швидкодіючий окислювач і одночасно як розпушувач тіста. При термічному розкладі виділяє азот, що допомагає утворювати пористу структуру [22].

Під час нагрівання АДЗ перетворюється на біурет та семикарбазид тобто сполуки з відомою токсичною дією [23].

Семикарбазид у високих дозах пошкоджує репродуктивну систему та може впливати на нервову систему [22].

Біурет подразнює слизові оболонки та у великих кількостях викликає ниркові порушення.

У ряді досліджень виявлено потенційну канцерогенність побічних продуктів, хоча сам АДЗ не класифікований як канцероген міжнародним агентством з дослідження раку [23]. Тому в ЄС, Австралії, Новій Зеландії, Україні АДЗ заборонений. Водночас у США дозволений у межах 45 мг у борошні, але більшість великих виробників добровільно відмовилися від нього через суспільний тиск [24].

### ***1.3.3. Пероксиди (пероксид бензоїлу, пероксид кальцію)***

Використовуються переважно для вибілювання борошна, але також мають помірну окислювальну дію на білки тіста [25].

У малих дозах вважаються відносно безпечними, оскільки швидко розкладаються на кисень і воду (або на відповідні солі) [25].

Надлишок пероксидів може викликати окислювальний стрес у клітинах, ушкоджуючи мембрани та ДНК [26].

Пероксид бензоїлу у високих концентраціях подразнює шкіру, очі та дихальні шляхи (відомий як активний компонент у лікуванні акне, де використовується зовнішньо, але з обмеженням дозування) [26].

Дозволені в багатьох країнах, але у дуже низьких концентраціях (зазвичай 50–75 мг/кг борошна). У ЄС та Україні контролюють вміст залишкових пероксидів у готовій продукції [26].

#### ***1.3.4. Калієвий йодат ( $KIO_3$ )***

Сильний окислювач, добре розчинний у воді, діє швидше за бромат. Окрім технологічної дії, є джерелом йоду [27].

При надмірному надходженні йоду може виникати гіперфункція або гіпофункція щитоподібної залози [27].

У великих дозах  $KIO_3$  подразнює шлунково-кишковий тракт і викликає запальні реакції [28].

У більшості країн не використовується в промисловому хлібопекарстві через ризик надлишку йоду [28].

В окремих регіонах Африки застосовується з метою боротьби з йододефіцитом, але під контролем ВООЗ [29].

#### ***1.3.5. Аскорбінова кислота (вітамін С)***

L-аскорбінова кислота – це окислювач, який використовується як покращувач тіста [34]. Вона вважається проміжним окислювачем і сприяє розвитку тіста за високої швидкості замішування. Крім того, вона покращує міцність тіста, зменшує його липкість і покращує утримання газу, що призводить до більшого об'єму хліба та гарної текстури м'якушки [41]. L-аскорбінова кислота також широко відома як вітамін С і часто використовується для заміни бромату в країнах, де вона заборонена, хоча й менш ефективна. Цей ефект покращувача тіста залежить від якості борошна,

часу зберігання, процесу хлібопечення, виду хліба та дозування від 30 до 120 ppm. Для споживачів вона також дає ефект свіжості хліба завдяки кращому відновленню форми хліба після стиснення [42].

Природний антиоксидант, який у тісті діє як окислювач після перетворення на дегідроаскорбінову кислоту [34].

Вважається безпечним при звичайних харчових дозах. У надлишку (понад 2 г/добу) може викликати діарею та утворення оксалатних каменів у нирках, але в хлібопекарстві такі дози неможливі [35].

Дозволена і широко використовується в усьому світі. Не має статусу небезпечної харчової добавки [36].

#### ***1.3.6. Використання естерів діацетилвинної кислоти моно- та діацилгліцеридів у хлібопекарській галузі***

Естери діацетилвинної кислоти моно- та діацилгліцериди – це естери полівалентних спиртів, що складаються з похідних гліцерину, естерифікованих харчовими жирними кислотами та моно- та діацетилвинною кислотами. Може відбуватися між- та внутрішньоклітинний обмін ацильними групами, що призводить до утворення невеликої кількості вільного гліцерину, вільних жирних кислот, а також вільної винної та оцтової кислот [43]. Перевагами додавання естерів діацетилвинної кислоти моно- та діацилгліцеридів до борошна є зменшення вмісту жиру під час випікання, покращення жувальних та смакових властивостей, а також підвищення стійкості під час обробки тіста [43]. Деякі галузі промисловості також перейшли з естерів діацетилвинної кислоти моно- та діацилгліцеридів на ліпазні ферменти, але для оцінки їх використання в характеристиках хліба все ще потрібна додаткова інформація та дослідження [44, 45].



### ***1.3.7. Пропіонова та сорбінова кислоти***

Пропіонова та сорбінова кислоти зазвичай використовуються, але інші кислоти, такі як бензойна кислота, досліджуються для хлібобулочних виробів з обмеженнями щодо їх використання. У попередньо упакованому ненарізаному хлібі можна використовувати 0,2% (мас./мас.) сорбату та 0,3% пропіонату, тоді як у неупакований хліб додавання ні сорбату, ні пропіонату не допускається [19, 20]. Пропіонова кислота та інші мають антимікробну дію та використовуються для консервування хлібобулочних виробів [20]. Високі концентрації сорбату або пропіонату як добавок не рекомендуються, оскільки вони змінюють продукт [19]. Пропіонова кислота дуже летка на пару, а сорбінова кислота не часто розчиняється у воді. Крім того, використання сухої сорбінової кислоти менш рекомендується, оскільки вона подразнює шкіру та слизову оболонку. Сорбінова кислота та сорбат кальцію також використовуються в харчовій промисловості як активні речовини у фунгістатичній плівковій упаковці [20, 30].

### ***Загальні висновки щодо безпечності зазначених харчових добавок у хлібопекарській галузі.***

Ризик від покращувачів тіста залежить не лише від токсичності самої речовини, а й від: умов обробки (температура, тривалість випікання, вологість); залишкової кількості у готовому продукті; кумулятивного ефекту при регулярному споживанні.

Найбільш серйозні претензії з боку регуляторів і наукової спільноти висуваються до калієвого бромату та азодикарбонаміду.

Сучасна тенденція – це відмова від синтетичних високотоксичних окислювачів на користь ферментних систем, натуральних екстрактів (наприклад, виноградних кісточок) та органічних кислот.

#### **1.4. Сучасні поліпшувачі для тіста, які мають природне походження та безпечні**

Нині споживачі шукають натуральні інгредієнти та відсутність хімічних добавок через проблеми зі здоров'ям. Більшість добавок, що використовуються сьогодні, не становлять ризику для здоров'я, але все ж деякі споживачі віддають перевагу використанню знайомих назв у списку інгредієнтів. Деякі з цих добавок/консервантів становлять ризик для здоров'я, якщо їх використовувати певним чином або в надмірній кількості. Використання азодикарбонамідів може становити ризик для здоров'я під час випікання хліба, якщо вона перетворюється на семікарбазид, який може бути надзвичайно високим у скоринці та мати мутагенну та канцерогенну дію [42]. Під час випікання азодикарбонамід перетворюється на бісечовину, яка частково перетворюється на семікарбазид. Цей покращувач тіста заборонений у Європейському Союзі, але інші країни, такі як Бразилія, Сполучені Штати та Канада, все ще дозволяють його використання. Бромід калію також є добавкою, яка вважається канцерогенною. У щурів при пероральному введенні було доведено, що він викликає пухлини ниркових клітин, мезотеліоми очеревини та фолікулярноклітинні пухлини щитовидної залози [46]. Після випікання в скоринці хліба все ще може залишатися залишковий бромат при використанні 9 мг. Використання ФБ заборонено в деяких країнах, тоді як в інших воно все ще є легальним, але його використання значно скоротилося [42]. Аскорбінова кислота вважається незамінною харчовою речовиною та діє як антиоксидант, але також може спричинити різні хронічні захворювання при неправильному вживанні [19]. Однак, у дослідженнях з високою дозою вітаміну С, що становить 2 г на день, малоймовірно, що він становитиме ризик або побічні ефекти для більшості людей. Естер діацетилвинної кислоти моно- та діацилгліцеридів, ще один зміцнювач тіста, що використовується в рецептурах хліба, може мати токсичність у щурів, викликаючи фіброз серця та надмірний ріст надниркових залоз [47].

Наразі покупці схильні купувати харчові продукти, які їм подобаються та які вони вважають здоровими, не лише з точки зору поживності, але й знайомляться з інгредієнтами [48]. У Європі 78 % покупців вважають інгредієнти життєво важливим фактором при виборі продукту [49]. Крім того, деякі споживачі можуть негативно реагувати на продукти, що містять інгредієнти з невідомими назвами, науковими назвами або назвами, які їх бентежать. Покупці стали більш скептично налаштованими, і якщо певні інгредієнти не розпізнаються, певні продукти можуть вважатися занадто обробленими, а іноді навіть небезпечними [42]. Покупці молодшого покоління витрачають більше часу на ознайомлення з продуктом, перш ніж вирішити його купити, і частіше купують нові, модні та привабливі продукти [48]. Інші продукти, які є органічними або натуральними, екологічно чистими, соціально сталими та інноваційними, також привертають увагу покупців. Близько 56% споживачів шукають продукти з «чистою» етикеткою, оскільки вони вважаються більш натуральними та здоровими [42]. Різні інгредієнти, такі як аскорбінова кислота, сироватковий протеїн та крохмаль, більш прийнятні у списку інгредієнтів, ніж гуарова камедь, ксантанова камедь, казеїнат та інші [49]. Споживачі все ще шукають здоровіші продукти, які зберігають свіжість, якість, смак, текстуру та консистенцію за доступною ціною. Завданням для більшої кількості галузей є пошук чистих етикеток з переформулюванням, які відповідають ефективності, низькій вартості та легкості читання інгредієнтів, яких шукають споживачі, не знижуючи їхньої якості. Стабільність продукту – це те, що більшість покупців шукають у продукті, а пекарі шукають рецептури з кращою обробкою тіста та стабільністю терміну придатності [48].

Продукт із «чистою етикеткою» має бути натуральним, органічним та/або не містити добавок/консервантів [42]. Водночас інші ринки просто називають його інгредієнтами, які є зрозумілими, які легко розпізнати, не будучи вченим-харчовиком, і які споживачі вважають корисними для здоров'я та не шкідливими [48, 49]. Більшість із них мають схожість у

визначенні «чистої етикетки», але її можна розглядати двома різними способами. Такі установи, як Ingredion, визначають продукт із «чистою етикеткою» як такий, що містить натуральні, органічні або корисні складові; назви інгредієнтів не звучать хімічно та знайомі споживачеві; а самі складові вважаються інгредієнтами (їжею), а не хімічними речовинами [49]. Інші установи також додають менше загальних інгредієнтів – інгредієнтів, які позитивно впливають на здоров'я, та відсутність складових, які сприяють нездоровому способу життя, таких як жир [50].

У широкому сенсі, продукт із «чистою етикеткою» матиме письмові або візуальні заяви про «чисту етикетку», матиме логотипи сертифікації, матиме простий вигляд етикеток на передній стороні упаковки, належатиме до категорій натуральних та органічних, а також не міститиме консервантів/добавок [20]. Продукт із «чистою етикеткою», у вузькому сенсі, матиме детальний список інгредієнтів та панель інформації про харчову цінність; короткий, простий список інгредієнтів зі знайомими інгредієнтами; та не матиме штучних або хімічно звучачих інгредієнтів [19]. Навіть якщо споживачі шукають продукти, які вони вважають здоровішими, наприклад, продукти з «чистою етикеткою», ці продукти повинні зберігати свіжість, хорошу якість, смак, текстуру та консистенцію [48]. В останні роки різні галузі зосередили свої дослідження на інгредієнтах, які відповідають цим характеристикам та замінюють хімічні добавки/консерванти. Натуральні інгредієнти як зміцнювачі тіста та консерванти стали значною альтернативою для «чистої етикетки».

#### ***1.4.1 Зміцнювачі для тіста***

У рецептурах хліба тістозміцнювачі покращують процес обробки тіста та його зволоження, збільшують об'єм та/або текстуру м'якушки, зменшують черствіння та покращують харчові якості [51]. Для цієї мети в промисловості використовуються різні хімічні інгредієнти. Зараз проводиться більше досліджень для пошуку інших покращувачів з більш натуральними

інгредієнтами в рецептурах з екологічно чистим смаком. Були проведені дослідження щодо використання пшеничного борошна та інших видів борошна, а також ферментів як альтернатив [51].

#### ***1.4.2. Пшенична клейковина для борошняних виробів з «чистою етикеткою»***

Життєво корисна клейковина вважається високоцінним функціональним білком і є нерозчинною білковою частиною пшеничного борошна. У хлібобулочних рецептурах життєво важлива пшенична клейковина є важливою завдяки своїм властивостям, таким як збільшення вмісту функціонального білка, водопоглинання, толерантність до тіста та в'язкопружність, покращення об'єму та якості кінцевого продукту [52]. Мережа глютенових білків пшеничного борошна поділяється на мономерні гліадини та полімерні глютеніни. Більшість гліадинів містять внутрішньомолекулярні дисульфідні (SS) зв'язки, а субодиноці глютеніну також утворюють міжмолекулярні SS зв'язки, які стабілізують полімери глютеніну. У тісті гідратовані гліадини відповідають за розтяжність і в'язкість тіста та є менш когезивними, ніж глютеніни [14].

На противагу цьому, гідратований глютенін більше відповідає за міцність та еластичність тіста завдяки своїй когезивності та еластичності [14]. Правильна суміш гліадинів та глютенінів є важливою для в'язкопружних властивостей та якості тіста для крохмально-глютенової матриці, яка може утримувати газові клітини для кращої м'якушки та великих об'ємів хліба [53]. Високоякісне борошно з твердої червоної ярої пшениці та життєво важлива клейковина можуть замінити зміцнювачі тіста як варіант для рецептур з чистою етикеткою [54]. Реологія тіста та якість хліба корелюють з розподілом молекулярної маси білка, екстрагованого з твердої червоної ярої пшениці. Низькомолекулярні субодиноці глютеніну сильно впливають на якість хлібопечення [53]. Різні дослідники показали, що життєво важлива клейковина є важливою у хлібобулочних виробках,

використовується як зв'язуючий агент, сприяючи міцності тіста, утриманню газу та підйому, одночасно покращуючи текстуру та смак [53].

#### ***1.4.3. Інші зміцнювачі***

У рецептурах хліба тістозміцнювачі стали необхідними для процесу обробки та отримання стандартизованого продукту протягом усього року. Деякі компанії почали використовувати передові ферментно-окислювальні системи та інші інгредієнти, щоб відповідати стандартам чистого етикетування [55]. Ферменти розглядаються як більш натуральні та відповідають стандартам чистого етикетування. Гідроколоїди та емульгатори можна замінити ферментами та використовувати як альтернативу хімічним покращувачам [54]. У борошні деякі ферменти зустрічаються природним чином, а в інших їх можна додавати для покращення оброблюваності тіста та його зволоженості, покращення об'єму та/або структури крихти, зменшення черствіння або покращення харчових якостей [52]. Ліпазні ферменти нещодавно використовуються в промисловості як заміна естерів діацетилвинної кислоти моно- та діацилгліцеридів [56]. Деякими з причин є труднощі з транспортуванням естерів діацетилвинної кислоти моно- та діацилгліцеридів та вартість, а також все більше пекарів шукають альтернативи емульгаторам у рецептурах чистого етикетування [56].

Амілази впливають на глютенно-крохмальну матрицю і, зрештою, було доведено, що вони впливають на структуру м'якушки, підвищують рівень ферментованих цукрів та збільшують об'єм хліба, а термостабільні амілази допомагають зменшити черствіння хліба [57]. Деякі дослідники досліджували додавання солодового борошна до цільнозернового хліба замість чистої  $\alpha$ -амілази через велику кількість цієї сполуки [51]. Ефективність солодового борошна залежить від якості борошна. Солодове борошно може збільшити водопоглинання та розтяжність, але воно також може послабити тісто та знизити якість м'якушки. У [51] солодове борошно

незначно збільшило об'єм хліба, але це все ще було значне збільшення ( $p < 0,05$ ) порівняно з контролем.

Ще одним ферментом, який використовується як окислювач для покращення якості хліба, є глюкозооксидаза. Цей фермент каталізує окислення глюкози до глюконової кислоти та перекису водню [51]. Було показано, що глюкозооксидаза впливає на розтяжність тіста в цілнозерновому хлібі та зменшує енергію, необхідну для обробки під час виробництва хліба, до рівня, подібного до білого тіста. Крім того, було показано, що глюкозооксидаза більше збільшує об'єм буханця в цілнозерновому хлібі, ніж у білому хлібі без додаткових покращувачів або додавання глютену [51].

Окрім солодового борошна, проводилися дослідження щодо додавання інших видів борошна або використання різних видів та рівнів дріжджів як зміцнювачів у рецептурах хліба [50]. Вищий рівень дріжджів може впливати на питомий об'єм буханця в деяких рецептурах. Види *Lactobacillus* використовуються в хлібі з чистою етикеткою для пригнічення росту бактерій, а такі штами, як *Lactobacillus amylovorus*, як закваска для ферментації пшеничного тіста, демонструють хороші реологічні властивості хліба. У хлібі на гречаній заквасці інші ферментери, такі як *Gluconobacter albidus* та *Kozakia baliensis*, також покращили сенсорні властивості хліба, додавши йому високого питомого об'єму та м'якшої м'якушки [52].

Деякі дослідники знайшли застосування знежиреного борошна *Cephalaria syriaca* як закріплювача тіста. *Cephalaria syriaca* – це рослина, яка поширена в Туреччині на пшеничних полях і посадка якої зазвичай заохочується. Доведено, що це борошно підвищує міцність слабого борошна, позитивно впливаючи на екстензографічні характеристики. Іншим борошном, яке використовується як закріплювач, є борошно з кісточок шипшини (*Rosa canina*). Ця рослина добре відома підвищеним вмістом вітаміну С, що, як доведено, покращує реологічні властивості тіста на

відміну від синтетичної аскорбінової кислоти. Крім того, шипшина може бути джерелом інших вітамінів і мінералів, каротиноїдів, токоферолу, органічних кислот, амінокислот і ефірних олій [53]. Борошно з бобових також було предметом досліджень завдяки своїй поживній якості. Окрім вмісту вітамінів і мінералів, було показано, що його ферментативна активність збільшує питомий об'єм цільозернового хліба завдяки його ліпоксигеназній активності [17]. Інші дослідники також виявили, що неактивні дріжджі можна використовувати як розпушувач тіста та вони здатні замінити такі добавки, як L-цистеїн та метабісульфіт натрію [50].

### **1.5. Підсумки з огляду**

З огляду проглядається тяжіння використання у хлібопекарській галузі поліпшувачів для тіста, які б походили з натуральної природної сировини, оскільки споживачі все частіше вибирають борошняні вироби, які не містять хімічних інгредієнтів. Це повинно вказуватися написом на етикетці.



## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метою роботи було обґрунтувати та розробити рецептуру пшеничного хліба зі мікронутрієном «Йодіс-коцентрат» та поліпшувачем аскорбіновою кислотою та дослідити технологічні властивості запропонованих виробів.

Об'єкт дослідження – поліпшувачі хліба, аскорбінова кислота, Йодіс-коцентрат, технологічні властивості тіста й хліба, органолептичні властивості.

Предмет дослідження: закономірності впливу мікронутрієнта «Йодіс-коцентрат» та поліпшувача – аскорбінової кислоти на показники технологічні тіста, хліба та органолептику готових виробів.

Методи досліджень: оглядово-аналітичні (літературні дані публікацій, які класифікують поліпшувачі до хлібобулочних виробів, їх характеристика, переваги та недоліки відносно біологічної цінності у процесі застосування); технологічні показники сировини, напівфабрикатів (кислотність, питомий об'єм), готових дослідних виробів (вологість, пористість, крихкуватість); органолептичні (смак й запах, загальний вигляд, консистенція); методи статистики.

Схема ілюстрації досліджень під час виконання кваліфікаційної роботи наведена на рис. 2.1.

Схема складається з чотирьох взаємно пов'язаних частин:

– у першій частині ми проводили огляд джерел літератури з проблеми йододефіциту у харчових продуктах, яка наявна в Україні та раціональні шляхи її вирішення. Також дали характеристику харчовим добавкам, які використовуються у технології для покращення хлібобулочних виробів.

– у другій частині ми здійснювали розроблення дослідних зразків хліба пшеничного із запропонованими мікронутрієнтом «Йодіс-коцентрат»



Рис. 2.1. – Схема ілюстрації досліджень наявних у роботі

для підвищення вмісту йоду у ньому та з різною концентрацією аскорбінової кислоти.

– у третій частині визначали відповідність вимогам стандарту показників дослідних зразків тіста з йоді-концентратом та аскорбіновою кислотою. При цьому використовували загальнозживані у технології хлібобулочних виробів методики, зокрема визначали кислотність тіста за часу його бродіння, питомий об'єм та газоутворювальну здатність [62, 63]. Після цього з даних зразків тіста випікали пшеничний хліб, які також піддавалися технологічній оцінці. Зокрема у зразках хліба з мікронутрієнтом йоді-концентратом та поліпшувачем аскорбінова кислота визначали, вологість, крихкуватість за тридобового часу зберігання, пористість м'якушки, питомий об'єм. Усі ці показники були оцінено за тривіальними класичними методиками згідно [62, 63, 65, 66, 67].

– четвертій частині нами здійснено органолептичну дегустаційну оцінку готових виробів хліба з мікронутрієнтом йоді-концентрат та поліпшувачем аскорбінова кислота. Визначено загальні показники, такі як загальний вигляд хліба, колір, консистенція м'якушки запах й смак [62, 63].

Усі визначені нами показники здійснювалися тричі, а одержані цифрові значення піддавалися методам варіаційної статистики з використанням програмного ліцензійного забезпечення. Експериментальні дані вважали вірогідними, коли порівнювальні величини були менше  $P \leq 0,05$ .

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### **3.1. Актуальність застосування поліпшувачів до борошняних виробів для покращення його структури**

Хліб – це продукт харчування, який існує вже багато століть і вважається важливим основним продуктом харчування в усьому світі. Крім того, те, що вважається «хлібом», та інгредієнти, що використовуються, змінюються залежно від регіону. Хліб є важливим у раціоні людини та гарним джерелом вуглеводів, харчових волокон, білка, мінералів та вітамінів [13, 14]. Випікання хліба з часом змінювалося, і існують відмінності в рецептурах залежно від кінцевого продукту. Хліб має чотири необхідні інгредієнти: борошно, дріжджі, воду та сіль. Хлібопереробна промисловість зазвичай шукає способи покращення своїх рецептур [30]. На початку двадцятого століття хлібобулочна промисловість продовжувала розвиватися, і ринок змінився завдяки більш стандартизованому процесу. Для підтримки консистенції та покращення якості додавали такі продукти та процеси, як вибілене біле борошно, збагачення борошна та хімікати [31]. Рецептури хліба також містять додаткові інгредієнти, такі як цукор (підсолоджувачі загалом), сухі речовини молока, жири та кондиціонери [34]. Ці інгредієнти впливають на якість та смак хліба, але інші інгредієнти можуть покращити якість, покращити обробку тіста та продовжити термін зберігання [34]. Інші інгредієнти, такі як окислювачі, відновники, буфери, ферменти, глютеніві білки та покращувачі/кондиціонери тіста, можуть покращити реологію тіста та подовжити термін його зберігання [30].

У хлібопеченні життєво важливо встановити якість борошна та кінцеву мету, враховуючи його якість або промислові вимоги, щоб вибрати правильні інгредієнти. На якість хліба, виготовленого з пшеничного борошна, безпосередньо впливають глютеніві білки. Пшеничне борошно в основному

складається з білків, вуглеводів та ліпідів [36]. Глютенові білки взаємодіють з іншими компонентами пшеничного борошна. При змішуванні з потрібною кількістю води розвивається глютенінова матриця, яка дозволяє тісту утримувати газ під час бродіння [37]. Глютенінові білки відіграють вирішальну роль у випіканні, впливаючи на водопоглинальну здатність, когезивність, в'язкість та еластичність тіста [38]. Тим не менш, коли якість борошна змінюється або знижується, покращувачі тіста допомагають стандартизувати кінцевий продукт та зберегти якість. Крім того, до рецептури хліба іноді додають консерванти для продовження терміну придатності. Грибкове псування хліба загальновідоме і має суттєвий економічний вплив, спричинений тим, що хліб стає непридатним для споживання людиною через проблеми безпечності харчових продуктів [30].

Покращувачі та кондиціонери для тіста були частиною рецептур у хлібопекарській промисловості протягом десятиліть. Покращувачі хліба допомагають подолати недоліки в якості борошна, покращуючи об'єм буханця, структуру м'якушки, термін придатності, смак та колір. Кондиціонери можуть бути хімічними окисно-відновними агентами та ферментами, які можуть бути або не бути ендогенними для пшеничного борошна, впливаючи на глютенінову мережу [31]. Хлібна промисловість та рецептури змінилися за останні роки через те, що більше споживачів турбуються про харчові інгредієнти. Деякі покращувачі хліба сприймаються як невідомі та шкідливі хімічні речовини, а деякі можуть мати суперечливі проблеми зі здоров'ям. Люди хочуть знати, що являють собою інгредієнти, та розуміти їх або відчувати себе знайомими з ними через проблеми зі здоров'ям. Продукт з чистою етикеткою може називатися їжею або інгредієнтами, які є більш натуральними, органічними або не мають хімічного запаху та не містять добавок/консервантів [40]. Хлібна промисловість та пекарні прагнуть продуктів з чистою етикеткою, додаючи лише натуральні інгредієнти та рецептури без добавок/консервантів, але зберігаючи високу якість хліба [19, 20]. Таким чином, подальші дослідження

натуральних інгредієнтів можуть надати хлібу ті ж властивості, що й традиційні консерванти/добавки.

### **3.2. Обґрунтування розробки дослідних зразків пшеничного хліба із мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат»**

Йод належить до мікроелементів, які відіграють ключову роль у підтриманні нормального функціонування організму людини, зокрема в регуляції обміну речовин, синтезі тиреоїдних гормонів та розвитку нервової системи [60]. Недостатнє надходження йоду з їжею є однією з найпоширеніших форм мікронутрієнтної недостатності у світі, що призводить до розвитку йододефіцитних захворювань. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я, близько двох мільярдів людей у світі мають недостатній рівень споживання йоду, а значна частка з них проживає в регіонах із природним дефіцитом цього елемента в ґрунті та воді [60].

Україна належить до територій з низьким умістом йоду у ґрунтових і поверхневих водах, що зумовлює недостатнє його потрапляння в харчові продукти місцевого виробництва. Результати епідеміологічних досліджень, проведених в останні десятиліття, свідчать про високий рівень поширеності йододефіциту серед населення, особливо серед дітей шкільного віку та вагітних жінок. Цей стан має серйозні соціально-економічні наслідки, оскільки йододефіцит асоціюється зі зниженням когнітивних здібностей, уповільненням фізичного розвитку, зростанням ризику уражень щитоподібної залози та іншими хронічними порушеннями здоров'я [61].

Міжнародна практика боротьби з йододефіцитом ґрунтується на широкому впровадженні програм збагачення харчових продуктів йодом, зокрема через обов'язкову йодизацію солі, молочних продуктів, хліба та напоїв. В Україні йодизація солі рекомендована з 2002 року, однак рівень фактичного споживання йодованої солі залишається недостатнім через

низьку інформованість населення, відсутність законодавчих вимог щодо обов'язкового використання йодованої солі у харчовій промисловості та певні економічні чинники [60].

У цьому контексті актуальним є пошук і впровадження альтернативних та додаткових способів збагачення харчових продуктів йодом. Особливу увагу привертає використання продуктів повсякденного споживання – молочних виробів, напоїв, борошняних виробів, – які можуть слугувати ефективними носіями цього мікроелемента. Такий підхід дозволяє підвищити рівень споживання йоду у різних вікових та соціальних групах населення без істотних змін у харчових звичках.

Таким чином, збагачення харчових продуктів йодом є одним із пріоритетних напрямів профілактики йододефіциту в Україні, що потребує наукового обґрунтування, технологічних розробок та популяризації серед виробників і споживачів.

### **3.3. Дослідження сировини та розроблення рецептури дослідних зразків хліба із мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат»**

Початково приступаючи до розроблення рецептури й технології виробництва хліба пшеничного з підвищеними вмістом дефіцитного мікронутрієнта йоду, нами було проаналізовано хімічний та технологічний склад пшеничного борошна від різних виробників, яке ми використали для розробки дослідних зразків водовмісного продукту. Результати приведено в табл. 3.1.

У табл. 3.3 відображено середні значення поживної цінності та технологічних показників пшеничного борошна трьох різних виробників (умовно позначених №1, №2, №3). Виявлено, що показник вміст клейковини коливається в межах 35,8–36,2%, що свідчить про високий вміст клейковинних білків у всіх зразках. Такі значення є характерними для борошна з сильних пшениць, придатного для виробництва хліба з добрими

структурно-механічними властивостями м'якушки. Відмінності між виробниками мінімальні та статистично незначні.

Таблиця 3.1

**Поживна цінність та технологічні показники пшеничного борошна різних виробників**

| Досліджувані показники               | Пшеничне борошно різних виробників (в середньому) |          |          |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|----------|
|                                      | №1                                                | №2       | №3       |
| Клейковина, %                        | 35,8±0,4                                          | 36,2±0,3 | 35,9±0,4 |
| Розтяжність пшеничної клейковини, см | 13,9±0,3                                          | 14,1±0,2 | 14,0±0,2 |
| Протеїн, г/кг                        | 15,2±0,3                                          | 14,8±0,2 | 15,3±0,2 |
| Перетравність пшеничного білка, %    | 77,8±1,3                                          | 77,4±1,1 | 77,7±1,0 |
| Незамінні аміно-кислоти, мг/100 г    | 46,5±1,9                                          | 46,1±1,5 | 46,4±1,6 |
| Кислотність пшеничного борошна, град | 4,6±0,2                                           | 4,7±0,1  | 4,5±0,2  |

Значення показника розтяжність клейковини варіюють від 13,9 до 14,1 см, що вказує на достатню еластичність клейковинного каркаса тіста. Це є позитивною характеристикою, оскільки така клейковина здатна утримувати газу під час бродіння тіста, забезпечуючи добрий об'єм готових виробів.

Значення такого показник, як вміст протеїну перебуває на рівні 14,8–15,3 г/кг, що відповідає борошну з підвищеною білковістю. Високий вміст протеїну зумовлює не лише харчову цінність, але й впливає на формування структури тіста та якість готових виробів. Тобто вироби з таким вмістом білка характеризуються більш корисними у плані забезпечення організму різними амінокислотами.



Не менш важливе значення у фізіології харчування має перетравність пшеничного білка, у наших зразках пшениці цей показник був у діапазоні 77,4–77,8%, що свідчать про високий ступінь засвоюваності білків борошна організмом людини, що є важливим показником його біологічної цінності.

Ще одним із важливим базовим показником є вміст незамінних амінокислот. Рівень їх знаходиться у межах 46,1–46,5 мг/100 г. Це демонструє стабільний амінокислотний профіль борошна всіх виробників, що підтверджує його повноцінність як джерела білків.

Також такий показник, який регламентується стандартом на пшеничне борошно, як його кислотність суттєво не відрізнявся у досліджених зразках пшеничного борошна. Зокрема цей показник коливається в межах 4,5–4,7 град., що є типовим для свіжого борошна належної якості. Підвищення кислотності могло б свідчити про погіршення зберігання або початок окислювальних процесів, але у даному випадку таких ознак немає.

Отже, узагальнення досліджень щодо технологічних показників пшеничного борошна, яке ми використали, як основний інгредієнт нашого виробу вказує, що всі зразки пшеничного борошна трьох виробників характеризуються високою та приблизно однаковою харчовою цінністю і хорошими технологічними властивостями. Незначні коливання показників не мають істотного впливу на кінцеву якість виробів, що свідчить про стабільність сировини незалежно від виробника.

Як джерело йоду ми використали розроблену в Україні харчову добавку у вигляді розчину «Йодіс-концентрат», яка є термостабільна та біологічно активна [58]. «Йодіс-концентрат» реалізується у пляшках місткістю 500 см<sup>3</sup> (рис. 3.1) і призначений для споживання різних вікових категорій населення. Те що дана харчова добавка є термостабільна дуже актуально, оскільки під час технології виробництва хліба застосовується температура випікання вище 200 °С. До того ж «Йодіс-концентрат» випускається у розчині, що дозволяє легко його дозувати і вводити до води під час приготування опари або безпосередньо у борошно.

На рис. 3.1 наведено фото пляшки з харчовою добавкою «Йодіс-концентрат», який ми використовували у своїх дослідях для приготування п'ять зразків хліба пшеничного з різним вмістом аскорбінової кислоти й цієї йодвмісної добавки.



**Рис. 3.1. Харчова добавка – «Йодіс-концентрат»**

У досліді використано артезіанську мінеральну воду «Йодіс-концентрату» наступного хімічного складу (ТУ У 14326060.003-98).

Таблиця 3.2

Хімічний склад «Йодіс-концентрату»

| Показники                                    | Кількість |
|----------------------------------------------|-----------|
| Загальна мінералізація, г/дм <sup>3</sup>    | 0,4 – 0,8 |
| Натрій + Калій, мг/дм <sup>3</sup>           | 10 – 100  |
| Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>                  | 50 – 150  |
| Магній, мг/дм <sup>3</sup>                   | 10 – 100  |
| Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>                  | < 50      |
| Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>                 | < 50      |
| Гідрокарбонати, мг/дм <sup>3</sup>           | 300 – 600 |
| Йод, мкг/см <sup>3</sup>                     | 40,0      |
| Вміст органічних речовин, мг/дм <sup>3</sup> | < 30      |

На початковому етапі експериментального дослідження було проведено аналіз хімічного складу запропонованої нами йодіснормованої термостабільної добавки «Йодіс-концентрату». Хімічний склад цієї йодіснормованої добавки наведено в табл. 3.2.

З даних показаних у табл. 3.2 бачимо, що 1 мл розчину містить безпосередньо 40,0 мкг йоду. Виходячи з цього під час забезпечення мінімальної добової потреби середньостатистичної дорослої людини в йоді (200–300 мкг відповідно до даних ВООЗ, UNICEF та ICCIDD, 2007 р.) потрібно приймати в середньому 8,0 мл «Йодіс-концентрату». Враховуючи дані цього розрахунку було виготовлено рецептурний склад пшеничного хліба із аскорбіновою кислотою та йодовмісною добавкою. При цьому, як базисну основу взяли класичну технологію виготовлення найбільш вживаного у нашій країні хліба пшеничного.

У таблиці 3.3 наведено у відсотках рецептурний склад пшеничного хліба у структуру, якого входили поліпшувач аскорбінова кислота й мікронутрієнт «Йодіс-концентрат».

Таблиця 3.3

**Рецептурний склад пшеничного хліба у структуру, якого входили поліпшувач аскорбінова кислота й мікронутрієнт «Йодіс-концентрат»**

| Інгредієнти      | Концентрація інгредієнтів у дослідних зразках пшеничного хліба, % |      |      |      |      |
|------------------|-------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
|                  | №1<br>контроль                                                    | №2   | №3   | №4   | №5   |
| Борошно пшеничне | 100                                                               | 100  | 100  | 100  | 100  |
| Вода питна       | 70                                                                | 69,2 | 69,2 | 69,2 | 69,2 |
| Сіль             | 2,0                                                               | 2,0  | 2,0  | 2,0  | 2,0  |
| Цукор            | 1,5                                                               | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5  |
| Дріжджі          | 1,3                                                               | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  |

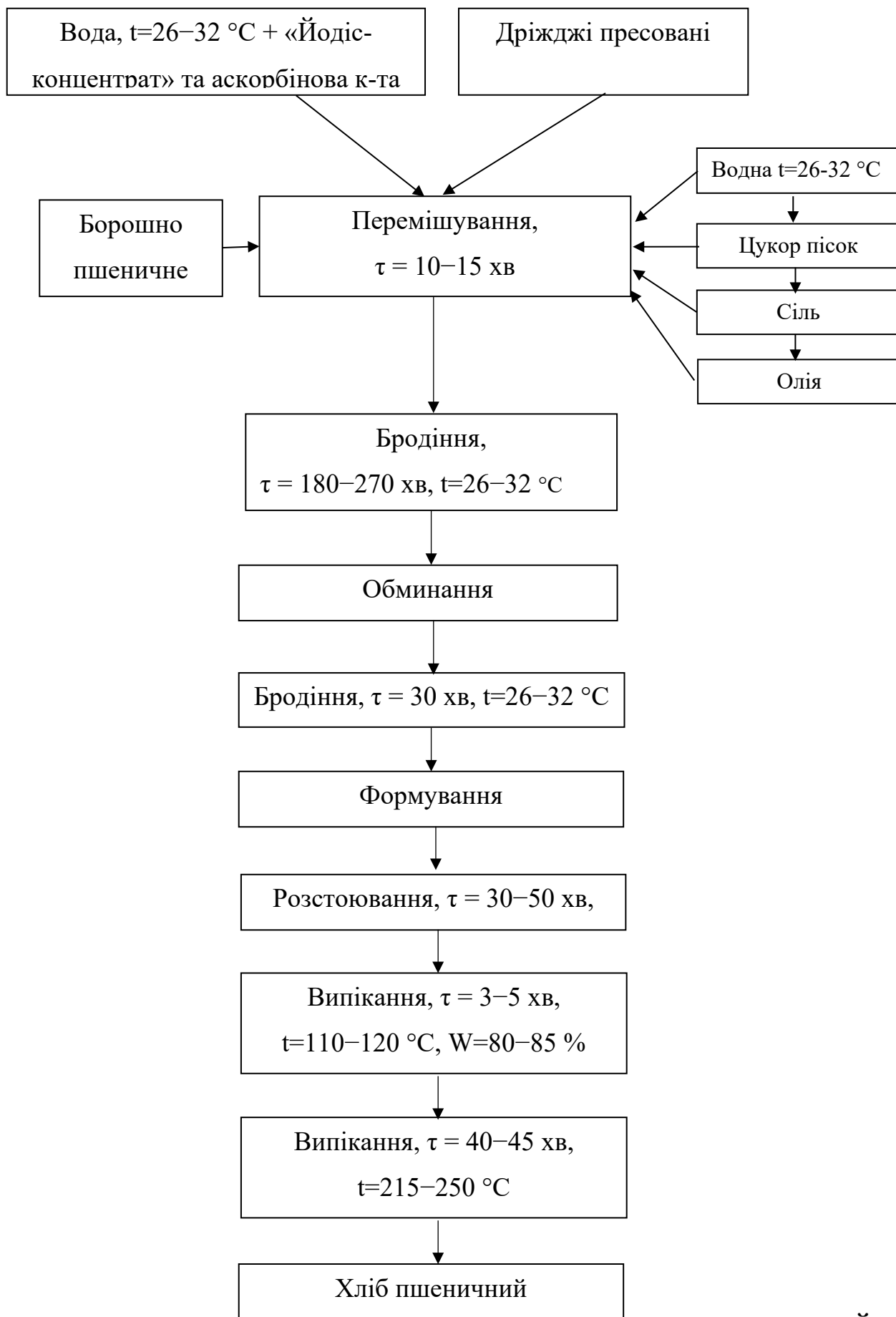
|                     |     |      |      |      |      |
|---------------------|-----|------|------|------|------|
| Олія соняшникова    | 2,5 | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,5  |
| Йодіс-концентрат    | —   | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,8  |
| Аскорбінова кислота | —   | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |

У табл. 3.3 вказано рецептурний склад пшеничного хліба, у який, окрім базових компонентів, вводили харчовий поліпшувач – аскорбінову кислоту, та мікронутрієнт «Йодіс-концентрат». Представлено п'ять варіантів зразків: один контрольний (№1), без додаткових інгредієнтів, і чотири дослідні (№2–№5) з різною концентрацією аскорбінової кислоти при сталому рівні «Йодіс-концентрату».

Такі базові інгредієнти, як пшеничне борошно (100 %), питна вода (69,2–70 %), сіль (2,0 %), цукор (1,5 %), дріжджі (1,3 %) та соняшникова олія (2,5 %) – залишалися незмінними у всіх зразках, за винятком незначної різниці у кількості води між контролем і дослідними варіантами (70 % у контролі проти 69,2 % у збагачених зразках).

Оновний наш мікронутрієнт «Йодіс-концентрат» вводили у дослідні зразки №2 – №5 у концентрації 0,8 % від маси борошна, тоді як у контрольному зразку він був відсутній. Це дозволяло оцінити вплив йоду на харчову та технологічну якість хліба.

Поліпшувач тіста й хліба аскорбінова кислота додавалася лише у дослідні зразки, причому її вміст поступово зростав: 0,01 % у зразку №2, 0,02 % у №3, 0,03 % у №4 і 0,04 % у №5. Такий підхід забезпечує можливість дослідити вплив зростаючої кількості цього поліпшувача на структуру, пористість та інші показники готового хліба.



**Рис. 3.2. Технологія виробництва хліба пшеничного з «Йодіс-концентрат» та поліпшувачем аскорбінова кислота**

Таким чином, таблиця відображає принцип експериментального планування, де контрольний зразок дозволяє порівняти ефект одночасного збагачення пшеничного хліба «Йодіс-концентратом» і аскорбіновою кислотою.

За схемою рис. 3.2 було виготовлено дослідні зразки (табл. 3.3) хліба пшеничного з поліпшувачем аскорбінової кислоти та мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат».

### 3.4. Дослідження тіста з «Йодіс-концентрат» та поліпшувачем аскорбінової кислоти

У таблиці 3.4 наведено дані результати щодо зміни кислотності у дослідних зразках тіста з аскорбіновою кислотою та мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат» під час його 180 хвилинного бродіння.

Таблиця 3.4

#### Характеристика титрованої кислотності у зразках тіста з різною кількістю аскорбінової кислоти та з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат» $M \pm m$ , $n=5$

| Зразки | Конц-я аскорбінової кислоти та йодіс-концентрату | Кислотність, град, за час бродіння, хв |                 |                             |                            |
|--------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------|
|        |                                                  | 0                                      | 60              | 120                         | 180                        |
| 1      | – (контроль)                                     | $2,1 \pm 0,01$                         | $2,84 \pm 0,02$ | $3,08 \pm 0,02^{\diamond}$  | $3,7 \pm 0,02^{\diamond}$  |
| 2      | $0,01 + 0,8$                                     | $2,2 \pm 0,01$                         | $2,90 \pm 0,02$ | $3,15 \pm 0,02^{\diamond}$  | $3,9 \pm 0,02^{\diamond}$  |
| 3      | $0,02 + 0,8$                                     | $2,2 \pm 0,01$                         | $2,98 \pm 0,02$ | $3,25 \pm 0,02^{\diamond}$  | $4,2 \pm 0,02^{\diamond}$  |
| 4      | $0,03 + 0,8$                                     | $2,3 \pm 0,01$                         | $3,05 \pm 0,02$ | $3,37 \pm 0,02^{\diamond*}$ | $4,5 \pm 0,02^{\diamond*}$ |
| 5      | $0,04 + 0,8$                                     | $2,3 \pm 0,01$                         | $3,12 \pm 0,02$ | $3,52 \pm 0,02^{\diamond*}$ | $4,7 \pm 0,02^{\diamond*}$ |

Примітка:  $\diamond p < 0,05$  – проти початкової кислотності тіста;

\*  $p < 0,05$  – проти кислотності тіста в контролі

У табл. 3.4 наведено динаміку зміни титрованої кислотності пшеничного тіста протягом 180 хв бродіння залежно від вмісту аскорбінової кислоти та йодіс-концентрату. У контрольному зразку (без поліпшувача та мікронутрієнта) кислотність зростала від  $2,1 \pm 0,01$  °Н на початку процесу до  $3,7 \pm 0,02$  °Н через 180 хв. Внесення аскорбінової кислоти у концентрації 0,01 % разом із 0,8 % йодіс-концентрату зумовило підвищення кінцевої кислотності до  $3,9 \pm 0,02$  °Н, тоді як за подальшого зростання концентрації аскорбінової кислоти (0,02–0,04 %) спостерігалось достовірне збільшення цього показника порівняно з контролем ( $p < 0,05$ ).

Найбільш виражений ефект відзначено у зразку з додаванням 0,04 % аскорбінової кислоти та 0,8 % йодіс-концентрату, де початкова кислотність становила  $2,3 \pm 0,01$  °Н, а кінцева –  $4,7 \pm 0,02$  °Н, що суттєво перевищувало контрольний показник ( $p < 0,05$ ). Усі зразки демонстрували достовірне підвищення кислотності відносно початкового рівня вже після 120 хв бродіння ( $p < 0,05$ ).

Таким чином, спільне використання аскорбінової кислоти та йодіс-концентрату сприяло інтенсифікації кислотонакопичення у пшеничному тісті, причому ефект мав дозозалежний характер.

Для точнішої характеристики впливу нашого доданого поліпшувача та мікронутрієнта на бродильні властивості було визначено питомий об'єм тіста за бродіння. Адже, питомий об'єм тіста є важливим показником його газоутримуючої здатності та інтенсивності бродіння. Він відображає співвідношення об'єму тіста до його маси та характеризує накопичення вуглекислого газу дріжджами [62]. Збільшення питомого об'єму свідчить про добру якість борошна, оптимальні умови ферментації та дію поліпшувачів [63]. Надмірне зниження або уповільнене зростання цього показника може вказувати на слабку клейковину або порушення технологічного процесу. Зазвичай для тіста під час бродіння: питомий об'єм зростає з початкових  $\sim 0,9$ – $1,0$  см<sup>3</sup>/г до  $1,8$ – $2,0$  см<sup>3</sup>/г у добре розвинених зразках [62]. Дослідження

зміни даного технологічного показника у наших експериментальних зразках тіста наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

**Характеристика питомого об'єму зразків тіста з різною кількістю аскорбінової кислоти та з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат»,  
M±m, n=5**

| Зразки | Конц-я аскорбінової кислоти та йодіс-концентрату | Питомий об'єм тіста, см <sup>3</sup> /г, за бродіння, хв |           |           |                         |
|--------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|
|        |                                                  | 0                                                        | 60        | 120       | 180                     |
| 1      | – (контроль)                                     | 0,91±0,02                                                | 1,01±0,02 | 1,34±0,02 | 1,41±0,02 <sup>◇</sup>  |
| 2      | 0,01 + 0,8                                       | 0,92±0,02                                                | 1,07±0,02 | 1,43±0,02 | 1,49±0,02 <sup>◇</sup>  |
| 3      | 0,02 + 0,8                                       | 0,92±0,02                                                | 1,13±0,02 | 1,65±0,02 | 1,87±0,03 <sup>◇*</sup> |
| 4      | 0,03 + 0,8                                       | 0,92±0,02                                                | 1,17±0,02 | 1,73±0,03 | 1,98±0,03 <sup>◇*</sup> |
| 5      | 0,04 + 0,8                                       | 0,92±0,02                                                | 1,19±0,02 | 1,77±0,02 | 1,99±0,03 <sup>◇*</sup> |

Примітка: <sup>◇</sup>p < 0,05 – проти початкового об'єму тіста;

\*p < 0,05 – проти об'єму тіста в контролі.

У табл. 3.5 представлено зміни питомого об'єму пшеничного тіста під час бродіння за наявності різних концентрацій аскорбінової кислоти у поєднанні з 0,8 % йодіс-концентрату. У контрольному зразку (без додатків) питомий об'єм зростає поступово: від 0,91±0,02 см<sup>3</sup>/г на початку процесу до 1,41±0,02 см<sup>3</sup>/г після 180 хв бродіння.

Додавання аскорбінової кислоти сприяло прискореному наростанню об'єму тіста. При концентрації 0,01 % кінцевий показник становив 1,49±0,02 см<sup>3</sup>/г, що перевищувало контроль. Подальше підвищення концентрації аскорбінової кислоти до 0,02–0,03 % зумовлювало інтенсивніше зростання питомого об'єму: до 1,87±0,03 та 1,98±0,03 см<sup>3</sup>/г відповідно, що було достовірно вищим за контрольні значення (p<0,05).



Варто відзначити, що за найвищої концентрації аскорбінової кислоти (0,04 %) початкові показники залишалися подібними до інших зразків, проте кінцевий об'єм після 180 хв підвищився не суттєво до  $1,99 \pm 0,03$  см<sup>3</sup>/г, що вказує на стабілізацію процесів газоутворення внаслідок розвитку дріжджів та нездатності вищої концентрації аскорбінової кислоти впливати на газоутримуючу здатність тіста.

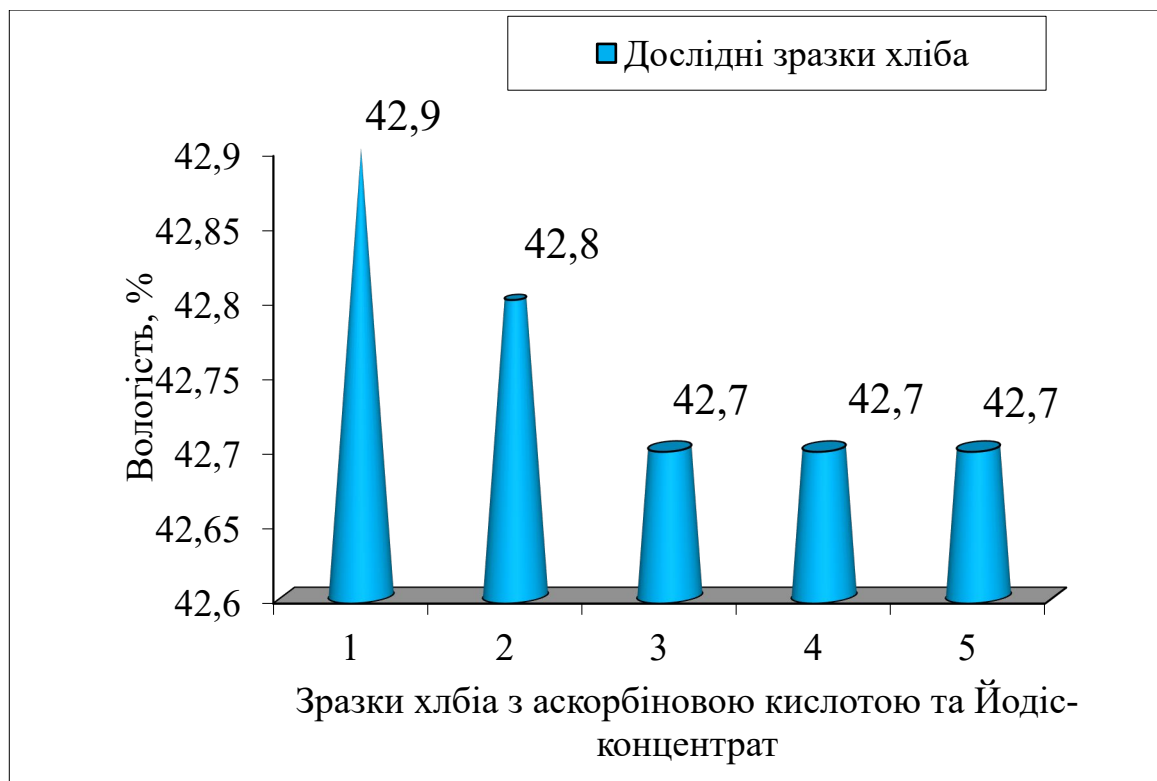
Таким чином, поєднане використання аскорбінової кислоти та йодіс-концентрату сприяє збільшенню питомого об'єму тіста під час бродіння, однак ефект має оптимальну концентраційну межу, перевищення якої не відбувається суттєвого впливу на технологічні властивості тіста.

Отже, оптимальним для підвищення питомого об'єму пшеничного тіста виявилось поєднання 0,02–0,03 % аскорбінової кислоти з 0,8 % йодіс-концентрату, тоді як надлишок поліпшувача (0,04 %) вірогідно не збільшував газоутримуючу здатність тіста, порівнюючи з концентрацією аскорбінової кислоти 0,2–0,03 %.

### **3.5. Дослідження готових виробів – зразків пшеничного хліба з різною кількістю аскорбінової кислота та з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат»**

Контроль вологості у хлібі проводять для забезпечення його якості та безпечності. Вологість впливає на структуру м'якушки, смакові властивості та свіжість виробу. Надмірна вологість сприяє розвитку плісняви та мікроорганізмів, а занижена — призводить до швидкого черствіння та крихкості. Крім того, показник вологості є важливим для відповідності стандартам і визначає строк придатності хліба до споживання. Згідно ДСТУ 7517:2014 (Хліб з пшеничного борошна. Загальні технічні умови) величина вологості для цієї категорії хліба не повина бути більша як 44 % [59]. Тому вологість є одним із головних показників якості хліба, оскільки визначає його

смак, консистенцію та термін зберігання. У наших дослідних зразках готових виробів також було оцінено вологість. Результати приведено на рис. 3.2.



**Рис. 3.2. Характеристика вологості зразків хліба з різною кількістю аскорбінової кислоти та з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат», n=5**

На рисунку 3.2 представлено показники вологості пшеничного хліба залежно від кількості введеної аскорбінової кислоти та додавання мікронутрієнта «Йодіс-концентрат». Спостерігається тенденція до збереження оптимальних значень вологості (у межах 42–44%) у зразках із поєднаним використанням аскорбінової кислоти та йодвмісної добавки. Збільшення концентрації аскорбінової кислоти сприяє більш рівномірному розподілу вологи в м'якушці та уповільнює процес висихання. Додавання «Йодіс-концентрату» позитивно впливає на стабільність структури виробів, що виявляється у кращій вологоутримувальній здатності порівняно з контрольними зразками.

Отже, аскорбінова кислота у кількості 0,1 – 0,4 % від маси борошна та «Йодіс-концентрат» 0,8 % не порушували значення показника вологості у готових виробах і вона не перевищувала норматив ДСТУ [59].

Для повнішої характеристики було визначено пористість у наших зразках хліба, адже суть показника пористості для пшеничного хліба полягає у тому, що він відображає частку об'єму м'якушки, зайняту порами (порожнинами, утвореними газами під час бродіння тіста). Іншими словами, це показник того, наскільки “легкий” і “повітряний” хліб. Технологічне значення цього показника у наступному:

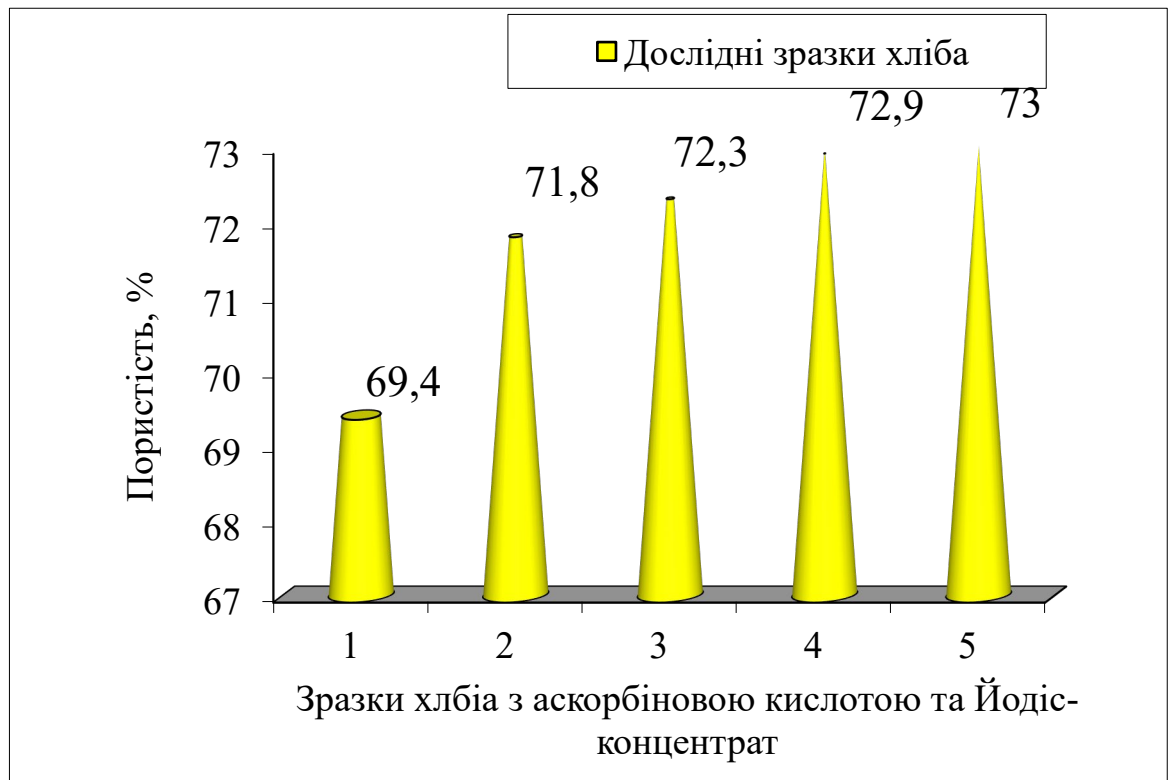
- висока пористість свідчить про добру газоутримувальну здатність тіста, правильний перебіг бродіння й оптимальну якість клейковини;
- занадто низька пористість робить хліб щільним, “важким” і погіршує його споживні властивості;
- надмірна пористість теж небажана, бо м'якушка стає крихкою і непридатною для нормального нарізання.

Споживче значення його в наступному:

- оптимальна пористість забезпечує приємну текстуру м'якушки, легкість у жуванні та засвоюванні;
- візуально робить хліб більш привабливим, із рівномірно розподіленими дрібними порами.

Норматив за ДСТУ 7517:2014 [59] для пшеничного хліба показник пористості має становити не менше 72 %.

Отже, пористість – це інтегральний показник якості бродіння, реологічних властивостей тіста та кінцевих споживчих характеристик хліба. Результати пористості наших експериментальних зразків хліба приведено на рис. 3.3.



**Рис. 3.3. Характеристика пористості зразків хліба з різною кількістю аскорбінової кислоти та з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат»,  $n=5$**

На рисунку 3.3 наведено результати визначення пористості м'якушки хліба залежно від вмісту аскорбінової кислоти за обов'язкової присутності «Йодіс-концентрату» (0,8 %). Контрольний зразок без добавок характеризувався пористістю 69,4 %. Додавання аскорбінової кислоти у концентрації 0,01 % призвело до зростання показника до 71,8 %. Подальше підвищення дози аскорбінової кислоти (0,02–0,04 %) забезпечило статистично достовірне ( $p < 0,05$ ) збільшення пористості порівняно з контролем, досягаючи максимального значення 73,0 % при концентрації 0,04 %. Таким чином, аскорбінова кислота в поєднанні з «Йодіс-концентратом» сприяє формуванню більш розвиненої та рівномірної пористої структури м'якушки.

Отже, додавання аскорбінової кислоти у концентрації від 0,02 % у присутності «Йодіс-концентрату» забезпечує формування м'якушки хліба з

пористістю, що відповідає нормативним вимогам ДСТУ 7517:2014. Це свідчить про доцільність використання комбінації даних добавок для покращення структурних характеристик хлібобулочних виробів.

У ході проведення дослідження виявлено, що збагачення борошна аскорбіною кислотою й «Йодіс-концентратом» є ефективним з технологічної точки щодо покращення властивостей тіста (газоутворювальна здатність, вологість, кислотність, пористість виробів) було визначено можливий вплив цих комбінацій інгредієнтів на крихкуватість. Адже крихкуватість це здатність м'якушки хліба ламатися та утворювати крихти при різанні або розриванні. Інакше кажучи, це показник відображає, наскільки міцно пов'язані між собою часточки м'якушки.

Технологічне значення цього показника наступне:

- низька крихкуватість – бажаний показник. Вона свідчить про еластичність і пружність м'якушки, зручність у нарізанні, менші втрати продукції при пакуванні та споживанні.

- висока крихкуватість – небажане явище. Вона зумовлена або слабкою клейковиною, або неправильними умовами випікання, або низькою вологістю тіста. Такий хліб швидко обсипається крихтами, виглядає менш привабливо і гірше зберігає свіжість.

Нормативний аспект у тому, що ДСТУ 7517:2014 [59] не задає жорстких числових меж для «крихкуватості», але цей показник оцінюють у процесі дегустаційної (органолептичної) оцінки якості хліба. Оптимальним вважається стан, коли м'якушка не надто суха й не розсипається при нарізанні, але водночас легко відділяється від скоринки.

Отже, крихкуватість – це характеристика текстури м'якушки, яка в комплексі з пористістю, еластичністю та вологістю визначає споживчі властивості пшеничного хліба. У табл. 3.6 приведено дані експериментальних досліджень крихкуватості хліба з «Йодіс-концентратом» й аскорбіною кислотою у процесі зберігання.

**Крихкуватість зразків хліба з аскорбіновою кислотою й «Йодіс-концентратом» у процесі зберігання  $M \pm m$ ,  $n=5$**

| Зразки | Конц-я аскорбінової кислоти та йодіс-концентрату | Показник крихкуватості, % через доби зберігання |               |                 |                 |
|--------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|
|        |                                                  | 1 доба                                          | 2 доба        | 3 доба          | 4 доба          |
| 1      | – (контроль)                                     | $1,7 \pm 0,1$                                   | $2,0 \pm 0,1$ | $2,6 \pm 0,1^*$ | $3,3 \pm 0,1^*$ |
| 2      | $0,01 + 0,8$                                     | $1,6 \pm 0,1$                                   | $1,8 \pm 0,1$ | $2,3 \pm 0,1^*$ | $3,0 \pm 0,1^*$ |
| 3      | $0,02 + 0,8$                                     | $1,5 \pm 0,1$                                   | $1,7 \pm 0,1$ | $2,1 \pm 0,1^*$ | $2,8 \pm 0,1^*$ |
| 4      | $0,03 + 0,8$                                     | $1,4 \pm 0,1$                                   | $1,7 \pm 0,1$ | $2,0 \pm 0,1^*$ | $2,8 \pm 0,1^*$ |
| 5      | $0,04 + 0,8$                                     | $1,4 \pm 0,1$                                   | $1,8 \pm 0,1$ | $2,1 \pm 0,1^*$ | $2,9 \pm 0,1^*$ |

Примітка:  $*p < 0,05$  – щодо початкового показника

У табл. 3.6 подано результати зміни показника крихкуватості хліба протягом 4 діб зберігання. У контрольному зразку, що не містив функціональних добавок, спостерігається поступове зростання крихкуватості від  $1,7 \pm 0,1$  % (1 доба) до  $3,3 \pm 0,1$  % (4 доба), причому статистично достовірне ( $p < 0,05$ ) підвищення відмічено вже з третьої доби. Додавання аскорбінової кислоти разом із «Йодіс-концентратом» сприяло зниженню інтенсивності крихкуватості: на 1–2 добу показники були нижчими від контрольних значень, а на 3–4 добу спостерігалось більш повільне зростання цього параметра. Найбільш виражений ефект зафіксовано у зразках із  $0,02$ – $0,03$  % аскорбінової кислоти, де рівень крихкуватості на 4 добу залишався на рівні  $2,8$  %, що суттєво нижче за контроль ( $3,3$  %).

Таким чином, застосування аскорбінової кислоти у поєднанні з «Йодіс-концентратом» позитивно впливає на текстурні властивості м'якушки та уповільнює процеси черствіння хліба, що проявляється у зниженні динаміки зростання його крихкуватості під час зберігання.

Отже, додавання аскорбінової кислоти в поєднанні з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат» знижує крихкуватість пшеничного хліба та сповільнює її зростання у процесі зберігання, що свідчить про покращення збереження свіжості виробів.

Визначення дегустаційною комісією показників органолептики зразків хліба з аскорбіновою кислотою в поєднанні з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат» виявило наступне (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

**Характеристика органолептичних показників експериментальних зразків хліба із аскорбіновою кислотою й «Йодіс-концентратом» n=5**

| Зразки хліба з поліпшувачами | Показники                                                                            |                                                    |                                                      |                                                            |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                              | Зовнішній вигляд і колір                                                             | Консистенція                                       | Запах                                                | Смак                                                       |
| 1<br>(контроль)              | Правильної, симетричної форми, золотисто-жовтий, скоринка гладка без суттєвих тріщин | Еластичність мякуша добра, пропеченість задовільна | Стандарний як у пшеничного хліба                     | Відповідає пшеничному хлібу, приймний на смак              |
| 2<br>(0,01 + 0,8)            |                                                                                      |                                                    | Відповідає пшеничному хлібу, без сторонніх присмаків |                                                            |
| 3<br>(0,02 + 0,8)            |                                                                                      |                                                    |                                                      |                                                            |
| 4<br>(0,03 + 0,8)            |                                                                                      |                                                    |                                                      | Відповідає пшеничному хлібу, дещо кисліший, ніж у контролі |
| 5<br>(0,04 + 0,8)            |                                                                                      |                                                    |                                                      |                                                            |

Дослідження показали, що додавання аскорбінової кислоти у поєднанні з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат» позитивно впливає на структурно-механічні властивості пшеничного хліба. Починаючи з концентрації 0,02 %, пористість м'якушки перевищує мінімальні вимоги ДСТУ 7517:2014 (72 %), що свідчить про формування більш розвиненої та рівномірної пористої структури. Одночасно спостерігається зниження крихкуватості та уповільнення її зростання у процесі зберігання, особливо у зразках із 0,02–0,03 % аскорбінової кислоти. Це вказує на доцільність використання комбінації аскорбінової кислоти й «Йодіс-концентрату» як ефективних поліпшувачів, що підвищують якість і подовжують термін свіжості пшеничного хліба. До того ж органолептична оцінка дегустаційною комісією готових виробів не виявила значних відмінностей між дослідними зразками хліба, що робить перспективним застосування цієї комбінації у технології пшеничного хліба. Також додавання «Йодіс-концентрату» дозволить збагатити хліб таким цінним мікронутрієнтом як Йод, що може бути ефективним та недорогим способом у боротьбі з йододефіцитом в Україні.



## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Охорона праці

##### 4.1.1. Аналіз травм і травматизму на підприємствах харчової промисловості

Для зниження рівня виробничого травматизму та професійної захворюваності на підприємствах харчової промисловості, на основі аналізу стану умов і безпеки праці розробляють коротко- та довгострокові програми профілактичних заходів. Їх головна мета – покращення умов праці, запобігання виникненню травм і професійних патологій [69, 70].

**Травма** (від грец. *trauma* – рана, пошкодження) визначається як раптове порушення анатомічної цілісності організму або його функцій унаслідок короткочасної дії зовнішнього фактора, що призводить до тимчасової або постійної втрати працездатності.

**Небезпечний виробничий чинник** – це фактор виробничого середовища, який у певних умовах викликає травму або різке погіршення здоров'я працівника.

**Виробнича травма** – пошкодження здоров'я, отримане працівником у процесі трудової діяльності внаслідок недотримання вимог охорони праці.

**Захворювання** – порушення нормальної життєдіяльності організму, зумовлене морфологічними або функціональними змінами.

**Шкідливий виробничий чинник** – фактор, дія якого може спричинити професійне захворювання або зниження працездатності.

**Професійне захворювання** розвивається під впливом шкідливих виробничих чинників, характерних для конкретного виду діяльності, і не виникає поза їх дією.

**Виробничо зумовлене захворювання** – хвороба, частота і перебіг якої обтяжуються умовами праці та перевищують рівень захворюваності серед осіб, які не контактують із відповідними чинниками.

Головною метою вивчення виробничого травматизму та професійної захворюваності є виявлення їхніх причин із подальшою розробкою ефективних заходів для покращення умов праці та зниження ризику непрацездатності. Для цього необхідний систематичний аналіз і класифікація причин, які зазвичай поділяють на чотири групи:

- **організаційні** – недотримання законодавчих норм і правил з охорони праці, відсутність належного інструктажу та навчання, несвоєчасний ремонт обладнання, порушення санітарно-гігієнічних норм;
- **технічні** – несправність або невідповідність обладнання та засобів захисту вимогам безпеки, конструктивні недоліки техніки;
- **психофізіологічні** – помилки працівників через втому, перевтому, монотонність праці, необережність або погіршений стан здоров'я;
- **санітарно-гігієнічні** – підвищений рівень шуму, вібрації, шкідливих речовин у повітрі, несприятливі кліматичні умови, погане освітлення, порушення правил особистої гігієни [69, 70].

Для вивчення причин травматизму застосовують такі методи:

- **статистичний** – базується на аналізі звітної документації підприємства (акти Н-1, Н-5, П-4, П-5, звіти 7-ТНВ, 1-ПВ, листки непрацездатності). Дозволяє оцінити динаміку, виділити найпоширеніші види травм і визначити небезпечні виробничі ділянки;
- **топографічний** – передбачає нанесення місць травмування на план виробничого приміщення для виявлення зон підвищеної небезпеки;
- **монографічний** – передбачає глибокий аналіз усіх чинників виробничого процесу, що можуть становити небезпеку, з метою виявлення як фактичних, так і потенційних ризиків;

- **економічний** – спрямований на оцінку матеріальних збитків від травматизму та визначення економічної ефективності профілактичних заходів [69, 70].

До основних елементів економічних втрат від виробничого травматизму належать: виплати за лікарняними листками, пенсії потерпілим та їхнім утриманцям, допомога при переведенні на іншу роботу, компенсації у разі втрати працездатності, витрати на підготовку нового працівника та інші види відшкодувань. Найбільшу частку становлять витрати за листками непрацездатності – понад 50 %.

## **4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **4.2.1. Підвищення стійкості функціонування підприємств харчової промисловості в умовах воєнного часу**

Заходи, спрямовані на підвищення стійкості роботи підприємств, плануються з урахуванням місцевих умов, значення об'єкта, його територіального розташування та економічної доцільності. У мирний період основна увага приділяється заходам, що потребують значних матеріальних витрат і тривалого часу для реалізації. У разі виникнення безпосередньої загрози противника вживають першочергових заходів, які не вимагають значних ресурсів та не є раціональними в мирний час [71].

#### *Заходи, що здійснюються у мирний час*

Усі дії з підвищення стійкості роботи підприємства поділяються на організаційні, інженерно-технічні та технологічні (адаптація виробничих процесів до умов воєнного часу). В умовах миру першочергово проводяться організаційні та інженерно-технічні заходи, серед яких:

- забезпечення захисту працівників і членів їхніх сімей;
- підвищення міцності будівель та споруд;
- збереження технологічного обладнання;
- надійність систем електро-, водо- та газопостачання;

- запобігання зараженню сировини, напівфабрикатів та готової продукції;

- мінімізація ураження вторинними чинниками;
- стабільність матеріально-технічного постачання;
- підвищення ефективності управління;
- раціональне розміщення запасів;
- підготовка до відновлення виробництва після руйнувань.

#### *Захист працівників та їхніх сімей*

Для гарантування безпеки персоналу та їхніх родин здійснюються такі дії:

- спорудження захисних об'єктів (сховищ) на території підприємства та поза його межами;
- створення систем оповіщення та підтримання їх у робочому стані;
- забезпечення індивідуальними засобами захисту;
- підготовка до можливої евакуації у заміські зони;
- проведення навчань щодо користування засобами захисту та дій у надзвичайних ситуаціях.

#### *Підвищення стійкості будівель і споруд*

Для зміцнення виробничих об'єктів передбачено:

- укріплення несучих і захисних конструкцій (установка додаткових колон, рам, ферм тощо);
- посилення цокольних поверхів, закладення вікон цеглою чи щитами;
- встановлення додаткових перекриттів, підпор і розпірок;
- використання піщаних мішків для захисту конструкцій;
- закріплення елементів споруди між собою;
- застосування відтяжок для стійкості високих об'єктів;
- обвалування та заглиблення будівель;
- використання вогнестійких матеріалів замість легкозаймистих.

### *Захист технологічного обладнання*

Комплекс заходів передбачає:

- розміщення важких агрегатів на нижніх поверхах;
- надійне кріплення обладнання до фундаменту;
- використання контрфорсів для зменшення ризику перекидання під час ударної хвилі.

### *Забезпечення стійкості систем постачання*

Надійність електро-, газо- та водопостачання досягається за рахунок:

- підключення підприємства щонайменше до двох незалежних джерел;
- створення резервних систем (артезіанські свердловини, пересувні електростанції, газові сховища);
- захисту та розосередження джерел;
- кільцювання мереж;
- можливості роботи на різних видах палива і створення його запасів;
- підземного прокладання комунікацій;
- встановлення пристроїв для автономного відключення пошкоджених ділянок і переключення потоків.

### *Захист сировини, напівфабрикатів та готової продукції*

Для збереження продовольчих запасів від зараження радіоактивними, хімічними та біологічними агентами у мирний час застосовуються:

- будівництво герметичних складських приміщень;
- підготовка планів спрощеної герметизації там, де вона відсутня;
- фасування продукції у герметичну тару;
- використання герметизованих транспортних засобів;
- розміщення складів у гірських виробках чи заглиблених приміщеннях, що забезпечує додатковий захист від шкідливих впливів [71].

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Обґрунтовано й розроблено рецептуру пшеничного хліба з мікронутрієнтом «Йодіс-концентрат» та поліпшувачем аскорбінова кислота, як харчовий продукт для забезпечення споживачів у дефіцитному мікронутрієніті Йоді.

2. Виявлено, що додавання аскорбінової кислоти у поєднанні з йодіс-концентратом прискорює процес кислотонакопичення у пшеничному тісті. Встановлено дозозалежний ефект: підвищення концентрації аскорбінової кислоти від 0,01 % до 0,04 % призводило до достовірного зростання кінцевої кислотності порівняно з контролем ( $p < 0,05$ ). Найбільш інтенсивне підвищення кислотності спостерігалось у зразку з 0,04 % аскорбінової кислоти та 0,8 % йодіс-концентрату.

3. Оптимальним для підвищення питомого об'єму пшеничного тіста виявилось поєднання 0,02–0,03 % аскорбінової кислоти з 0,8 % йодіс-концентрату, тоді як надлишок поліпшувача (0,04 %) вірогідно не збільшував газотримуючу здатність тіста, порівнюючи з концентрацією аскорбінової кислоти 0,2–0,03 %.

4. Встановлено позитивний вплив на структурно-механічні властивості пшеничного хліба наших добавок. Починаючи з концентрації 0,02 %, пористість м'якушки перевищує мінімальні вимоги ДСТУ 7517:2014 (72 %), що свідчить про формування більш розвиненої та рівномірної пористої структури. Одночасно спостерігається зниження крихкуватості та уповільнення її зростання у процесі зберігання, особливо у зразках із 0,02–0,03 % аскорбінової кислоти. Це вказує на доцільність використання комбінації аскорбінової кислоти й «Йодіс-концентрату» як ефективних поліпшувачів, що підвищують якість і подовжують термін свіжості пшеничного хліба.

5. Пропонується використовувати у технології хліба пшеничного «Йодіс-концентрат» 0,8 % та аскорбінову кислоту у 0,02 % від маси борошна.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Bread - Wikipedia. URL:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Bread?utm\\_source=chatgpt.com](https://en.wikipedia.org/wiki/Bread?utm_source=chatgpt.com)
2. The Origins and History of Sourdough. URL:  
[https://revolutionfermentation.com/en/blogs/tempeh-soy-grains/sourdough-history-origins/?utm\\_source=chatgpt.com](https://revolutionfermentation.com/en/blogs/tempeh-soy-grains/sourdough-history-origins/?utm_source=chatgpt.com)
3. A Brief History of Sourdough. URL:  
[https://fermentology.pubpub.org/pub/h6fg4us2/release/2?utm\\_source=chatgpt.com](https://fermentology.pubpub.org/pub/h6fg4us2/release/2?utm_source=chatgpt.com)
4. Shved, O., Vichko, O., Karpyk, H., & Hubrii, Z. (2025). PHYTOADDITIONAL SUPPLEMENTS PHYTO-SUPPLIANCES WITH BIOACTIVE PHYTO-EXTRACTS IN FOOD BIOTECHNOLOGY. *European Science*, (sge39-02), 85-115.
5. Why did we switch from sourdough to commercial yeast? URL:  
[https://www.reddit.com/r/AskFoodHistorians/comments/1d5enpv/why\\_did\\_we\\_switch\\_from\\_sourdough\\_to\\_commercial/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.reddit.com/r/AskFoodHistorians/comments/1d5enpv/why_did_we_switch_from_sourdough_to_commercial/?utm_source=chatgpt.com)
6. History of bread. URL:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_bread?utm\\_source=chatgpt.com](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_bread?utm_source=chatgpt.com)
7. Dough conditioner - Wikipedia. URL:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Dough\\_conditioner?utm\\_source=chatgpt.com](https://en.wikipedia.org/wiki/Dough_conditioner?utm_source=chatgpt.com)
8. Sourdough - Wikipedia. URL:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Sourdough?utm\\_source=chatgpt.com](https://en.wikipedia.org/wiki/Sourdough?utm_source=chatgpt.com)
9. Gao, J., Guo, Y., Yan, R., Liang, J., & Yang, D. (2022). Mechanism differences between reductive and oxidative dough rheology improvers in the formation of 1D and 3D gluten network. *Biomaterials*, 280, 121275.
10. Abedi, E., & Pourmohammadi, K. (2020). The effect of redox agents on conformation and structure characterization of gluten protein: An extensive review. *Food Science & Nutrition*, 8(12), 6301-6319.

11. Vinay, G. M., Pathiam, S., Kumar, D., & Prakasha, R. (2025). Food Additives and Processing Aids Used in Bread-making: An Overview. *Journal of Scientific Research and Reports*, 31(1), 19-36.
12. Dong, W. E. I., & Hosney, R. C. (1995). Effects of certain breadmaking oxidants and reducing agents on dough rheological properties. *Cereal chemistry*, 72(1), 58-63.
13. Vargas, M. C. A., & Simsek, S. (2021). Clean label in bread. *Foods*, 10(9), 2054.
14. Wieser, H. (2012). The use of redox agents in breadmaking. *Breadmaking*, 447-469.
15. Gioia, L., Ganancio, J., & Steel, C. (2017). *Food additives and processing aids used in breadmaking*. IntechOpen.
16. Shanmugavel, V., Santhi, K. K., Kurup, A. H., Kalakandan, S., Anandharaj, A., & Rawson, A. (2020). Potassium bromate: Effects on bread components, health, environment and method of analysis: A review. *Food chemistry*, 311, 125964.
17. Nkwatoh, T. N., Fon, T. P., & Navti, L. K. (2023). Potassium bromate in bread, health risks to bread consumers and toxicity symptoms amongst bakers in Bamenda, North West Region of Cameroon. *Heliyon*, 9(2).
18. Olusola, J. A., Aturamu, A. O., Akeju, K. F., Ogunsakin, R. E., & Awotoye, O. O. (2024). Assessment of health risks from potassium bromate and trace metals in bread consumption in Ado Ekiti, Southwest, Nigeria. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 8, 100158.
19. Кухтин, М. (2024). Використання консервантів у харчовій промисловості. *Матеріали VII Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання “*, 303-304.
20. Юськів, Н. М., & Кухтин, М. Д. (2014). Використання консервантів в харчовій промисловості. *Збірник тез доповідей Міжнародної науково-*



технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 298-298.

21. Ayembilla, J. A., Quarcoo, A., Whyte, B. K., Gordon, A., Otu, P. N. Y., Bonah, D. A., ... & Owusu-Ansah, L. (2024). Health risk assessment of potassium bromate in bread in Ghana. *Heliyon*, 10(2).

22. Dennis, M. J., Massey, R. C., Ginn, R., Parker, I., Crews, C., Zimmerli, B., ... & Osborne, B. (1997). The effect of azodicarbonamide concentrations on ethyl carbamate concentrations in bread and toast. *Food Additives & Contaminants*, 14(1), 95-100.

23. Beghin, A. S., Ooms, N., Hooyberghs, K., Coppens, E., Pareyt, B., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2022). The influence of varying levels of molecular oxygen on the functionality of azodicarbonamide and ascorbic acid during wheat bread making. *Food Research International*, 161, 111878.

24. Cañas, B. J., Diachenko, G. W., & Nyman, P. J. (1997). Ethyl carbamate levels resulting from azodicarbonamide use in bread. *Food Additives & Contaminants*, 14(1), 89-94.

25. Saiz, A. I., Manrique, G. D., & Fritz, R. (2001). Determination of benzoyl peroxide and benzoic acid levels by HPLC during wheat flour bleaching process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(1), 98-102.

26. Nisar, N., Mustafa, F., Tahira, A., Qadri, R. W. K., Yang, Y., & Khan, M. I. (2019). Proximate composition and quantitative analysis of benzoyl peroxide and benzoic acid in the wheat flour samples: wheat flour quality. *PeerJ Preprints*, 7, e27969v1.

27. Abu-Obaid, A., AbuHasan, S., & Shraydeh, B. (2016). Determination and degradation of potassium bromate content in dough and bread samples due to the presence of metals. *American Journal of Analytical Chemistry*, 7(6), 487-493.

28. Aletan, U. I. (2019). Potassium Bromate Content of Bread Samples in Lagos City. *Nigerian Journal of Pharmaceutical and Applied Science Research*, 8(2), 33-36.

29. Emeje, M. O., Ofoefule, S. I., Nnaji, A. C., Ofoefule, A. U., & Brown, S. A. (2010). Assessment of bread safety in Nigeria: Quantitative determination of potassium bromate and lead. *African journal of food Science*, 4(6), 394-397.
30. 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.
31. 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.
32. Лялик, А. Т., Покотило, О. С., Кухтин, М. Д., & Добровольська, С. Я. (2020). Зміна органолептичних показників сиркової пасти з лляною олією за різних умов зберігання. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, (1-1 (72)), 109-116.
34. Корнієнко, І. М. (2021). Дослідження впливу аскорбінової кислоти на титр молочнокислих бактерій та ферментацію тіста. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*, 1(38), 123-133.
35. Baratto, C. M., Becker, N. B., Gelinski, J. M. L. N., & Silveira, S. M. (2015). Influence of enzymes and ascorbic acid on dough rheology and wheat bread quality. *African Journal of Biotechnology*, 14(46), 3124-3130.
36. Franco, M., Belorio, M., & Gómez, M. (2022). Assessing acerola powder as substitute for ascorbic acid as a bread improver. *Foods*, 11(9), 1366.
37. Sidorov, A., Protsak, P., Kukhtyn, M., & Voytko, K. (2024). Characteristics of the production technology of wheat bread with organic acids. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 26(101), 121-126.

38. Lisovska, T., Rybak, O., Kuhtyn, M., & Chorna, N. (2015). Investigation of water binding in sponge cake with extruded corn meal. *Ukrainian food journal*, 4(3), 413-422.
39. Lialyk, A., Kravcheniuk, K., & Kukhtyn, M. (2024). Characteristics of fermentation changes in the dough for rye-wheat bread with the addition of propionic and lactic acid bacteria. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 26(101), 35-40.
40. Karpyk, H., & Sventa, N. (2024). Stabilization of consumer characteristics of bread made from wheat flour with reduced baking properties. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 26(101), 41-47.
41. Verbitska, V., Kukhtyn, M., Procak, P., Sidorov, A., & Koval, H. (2025). Assessment of technological indicators of Zaporizhzhya roll with a microbial metabolite–Tregalose. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 27(103), 23-30.
42. Joye, I. J., Lagrain, B., & Delcour, J. A. (2009). Use of chemical redox agents and exogenous enzymes to modify the protein network during breadmaking—A review. *Journal of cereal science*, 50(1), 11-21.
43. Gaupp, R., & Adams, W. (2014). Diacetyl tartaric esters of monoglycerides (DATEM) and associated emulsifiers in bread making. *Emulsifiers in food technology*, 121-146.
44. Moayedallaie, S., Mirzaei, M., & Paterson, J. (2010). Bread improvers: Comparison of a range of lipases with a traditional emulsifier. *Food chemistry*, 122(3), 495-499.
45. Horyuk, Y. V., Kukhtyn, M. D., Perkiy, Y. B., Horyuk, V. V., & Semenyuk, V. I. (2016). Identification of Enterococcus isolated from raw milk and cottage cheese “home” production and study of their sensitivity to antibiotics. *Scientific Messenger LNUVMBT named after SZ Gzhytskyj*, 18(3), 70.

46. Kurokawa, Y., Maekawa, A., Takahashi, M., & Hayashi, Y. (1990). Toxicity and carcinogenicity of potassium bromate--a new renal carcinogen. *Environmental health perspectives*, 87, 309-335.
47. Winter, R. (2009). *A consumer's dictionary of food additives: Descriptions in plain English of more than 12,000 ingredients both harmful and desirable found in foods*. Crown Archetype.
48. Sargent, K. (2020). The rise of clean-label baking. *Stack Food Wholes. Bak*, 109, 26.
49. Edwards, A. Natural and Clean Label Trends. Available online: <https://www.foodnavigator.com/Events/Natural-Clean-Label-Trends-2013> (accessed on 25 August 2021).
50. Skarra, L. (2006). Using gums in „clean label “formulations. *Prep. Foods*, 175, 61-62.
51. Tebben, L., Shen, Y., & Li, Y. (2018). Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 10-24.
52. Boz, H., Murat Karaoğlu, M., Gürbüz Kotancilar, H., & Emre Gerçekaslan, K. (2010). The effects of different materials as dough improvers for organic whole wheat bread. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(7), 1472-1477.
53. Lever, T., Kelly, A., De Faveri, J., Martin, D., Sheppard, J., Quail, K., & Miskelly, D. (2005). Australian wheat for the sponge and dough bread making process. *Australian journal of agricultural research*, 56(10), 1049-1057.
54. Zhang, X., Jin, H., Zhang, Y., Liu, D., Li, G., Xia, X., ... & Zhang, A. (2012). Composition and functional analysis of low-molecular-weight glutenin alleles with Aroona near-isogenic lines of bread wheat. *BMC Plant Biology*, 12(1), 243.
55. Snack Food & Wholesale Bakery. Ingredient Briefs. Available online: <https://www.snackandbakery.com/topics/2680-ingredient-briefs> (accessed on 25 August 2021).

56. Ponzio, N. R., Ferrero, C., & Puppo, M. C. (2013). Wheat varietal flours: Influence of pectin and DATEM on dough and bread quality. *International Journal of Food Properties*, 16(1), 33-44.

57. Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., & Delcour, J. A. (2005). Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in food science & technology*, 16(1-3), 12-30.

58. Вирішення проблеми йододефіциту «Йодіс-концентрат». URL: [http://www.jodis-k.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=127&Itemid=157&lang=uk](http://www.jodis-k.com/index.php?option=com_content&view=article&id=127&Itemid=157&lang=uk)

59. ДСТУ 7517:2014 (Хліб з пшеничного борошна. Загальні технічні умови)

60. Dalevska, D., Pokotylo, O., Kukhtyn, M., Kopchak, N., Salata, V., Horiuk, Y., & Uglyar, T. (2021). Changes in organoleptic, microbiological and biochemical properties of kefir with iodine addition during the storage. *Slovak Journal of Food Sciences/Potravinarstvo*, 15(1).

61. Зайцев, В., Трохименко, О., & Писарев, Є. (2010). Актуальні питання контролю вмісту йоду в харчових продуктах, сільськогосподарській сировині та біологічних рідинах. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Хімія*, (48), 47-49.

62. Дробот, В. І., Юрчак, В. Г., & Білик, О. А. (2015). Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навчальний посібник / за ред. чл.-кор. НААН В.І. Дробот. К.: Кондор, 958.

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

65. Лабораторний практикум з технології хлібопекарного та макаронного виробництва: навч. посібник / В.І. Дробот, Л.Ю. Арсеньєва. Білик Л.Ю. та інші. - К.: Центр навчальної літератури, 2006. - 341с.
66. ДСТУ 7045 – 2009. Вироби хлібобулочні. Методи визначення фізико – хімічних показників. Держспоживстандарт України. Київ, 2009. 33 с.
67. Кухтин, М. Д., & Кравченко, Х. Ю. (2023). Лабораторний практикум з мікробіології молока і молочних продуктів: навчальний посібник. ТНТУ, 157с.
68. Horiuk, Y. V., Kukhtyn, M. D., Vergeles, K. M., Kovalenko, V. L., Verkholiuk, M. M., Peleno, R. A., & Horiuk, V. V. (2018). Characteristics of enterococci isolated from raw milk and hand-made cottage cheese in Ukraine. *Research journal of pharmaceutical biological and chemical sciences*, 9(2), 1128-1133.
69. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В. Мельников. – Львів: Афіша, 2000. – 350 с.
70. Основи охорони праці / Під ред. К.Н. Ткачука, Н.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006. – 448 с
71. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 156 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39196>.

## ДОДАТКИ

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

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

*присвячена 30-річчю заснування  
кафедри харчової біотехнології і хімії  
ТНТУ імені Івана Пулюя*

Тези доповідей

25 – 26 вересня 2025 р.

Тернопіль

|                                                                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Радченко В.В., Вічко О.І.</b>                                                                                                          | <b>79</b> |
| ЗБАГАЧЕННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ЙОДОМ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ НАПРЯМ ПРОФІЛАКТИКИ ЙОДОДЕФІЦИТУ                                               |           |
| <b>Божик Л.І.</b>                                                                                                                         | <b>80</b> |
| ХАРЧОВА ТА БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ ЗЕРЕН ЧІА І ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ТЕХНОЛОГІЯХ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ                                 |           |
| <b>Chvaliuk H.V., Korniienko A. Y., Hrubinko V. V.</b>                                                                                    | <b>82</b> |
| PROMISING AND SCIENTIFICLY BASED USE OF ALGAE AS A FOOD ADDITIVE                                                                          |           |
| <b>Кравченко Х.Ю., Кошелюк К.Л.</b>                                                                                                       | <b>84</b> |
| ФУНКЦІОНАЛЬНІ БУЛОЧНІ ВИРОБИ НА ОСНОВІ НЕТРАДИЦІЙНИХ СОРТІВ БОРОШНА                                                                       |           |
| <b>Швед О.В., Вічко О.І., Лубенець В.І.</b>                                                                                               | <b>85</b> |
| ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТА СПОЖИВАННЯ ПРОДУКЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СПРЯМУВАННЯ                                                                 |           |
| <b>Криницька І.Я.</b>                                                                                                                     | <b>86</b> |
| АСОЦІАЦІЯ СИТУАТИВНОЇ ТРИВОЖНОСТІ ТА ХАРЧОВОЇ ПОВЕДІНКИ В ОСІБ З НАДЛИШКОВОЮ МАСОЮ ТІЛА                                                   |           |
| <b>Сторож Л.А., Клим Л.В.</b>                                                                                                             | <b>88</b> |
| МАСЛЯНКА ЯК ВАЖЛИВЕ ДЖЕРЕЛО НУТРИЦЕВТИКІВ                                                                                                 |           |
| <b>Марчишин С.М., Слободянюк Л.В., Будняк Л.І., Карпик Г.В., Вічко О.І.</b>                                                               | <b>89</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ФЕНОЛЬНИХ СПОЛУК У ГУСТОМУ ЕКСТРАКТІ ТРАВИ ЧОРНОБРИВЦІВ                                                                |           |
| <b>Ткач В.В., Морозова Т.В., Іванушко Я.Г., Ізабел О'Нілл ді</b>                                                                          | <b>91</b> |
| <b>Машкареньяш Гайвау, Ана Мартінш-Бесса, Ана Ізабел Нову Рамуш Аморім ді Барруш, Ягодинець П.І., Жозе Інасіу Феррау ді Пайва Мартінш</b> |           |
| ТЕОРЕТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ТІАБЕНДАЗОЛУ (E233) НА КАТОДІ, МОДИФІКОВАНОМУ ВАНАДІЙ (III) ОКСИГІДРОКСИДОМ                                  |           |
| <b>Ткач В.В., Білецька Г.А., Назарко І.С., Ізабел О'Ніл ді</b>                                                                            | <b>92</b> |
| <b>Машкареньяш Гайвау, Ана Ізабел Нову Рамуш Аморім ді Барруш</b>                                                                         |           |
| ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОКСИХІНОЛУ І СЕЗАМОЛУ У ХАЛВІ ТА РАХАТ-ЛУКУМІ                                                               |           |
| <b>Ткач В.В., Морозова Т.В., Іванушко Я.Г., Ізабел О'Нілл ді</b>                                                                          | <b>93</b> |
| <b>Машкареньяш Гайвау, Ана Мартінш-Бесса, Ана Ізабел Нову Рамуш Аморім ді Барруш, Ягодинець П.І.</b>                                      |           |
| ВИЗНАЧЕННЯ ЦУКРОЗАМІННИКІВ СУКРАЛОЗА ТА ЕРИТРОЛ В РІДИНАХ ДЛЯ ЕЛЕКТРОННИХ ЦИГАРОК                                                         |           |



**УДК 664**

**В. В. Радченко, магістр, О. І. Вічко, канд. техн. наук, доцент  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна**

**ЗБАГАЧЕННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ЙОДОМ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ  
НАПРЯМ ПРОФІЛАКТИКИ ЙОДОДЕФІЦИТУ**

**V. V. Radchenko, master, O. I. Vichko, Ph.D.; Assoc. Prof.  
ENRICHMENT OF BAKERY PRODUCTS WITH IODINE AS AN INNOVATIVE  
DIRECTION OF PREVENTION OF IODINE DEFICIENCY**

Сучасний стан харчової науки та промисловості визначається пошуком ефективних шляхів профілактики поширених дефіцитних станів населення. Однією з актуальних проблем в Україні є йододефіцит, що охоплює значну частину регіонів та негативно впливає на стан здоров'я людей. Йод необхідний для синтезу гормонів щитоподібної залози, які регулюють обмін речовин, розвиток нервової системи та інтелектуальний потенціал нації [1]. Дефіцит цього мікроелемента призводить до ендемічного зобу, зниження когнітивних функцій, підвищеної вразливості до захворювань [2].

Одним із найбільш ефективних методів подолання йодного дефіциту є масове збагачення харчових продуктів, які споживаються щоденно. Традиційним рішенням є використання йодованої солі, однак сучасні тенденції до зменшення її вживання з метою профілактики серцево-судинних хвороб вимагають пошуку альтернативних носіїв. У цьому контексті перспективним напрямом є збагачення хлібопекарської продукції, що становить основу раціону більшості населення [3]. Використання йодовмісних добавок у технологіях виробництва хліба має низку переваг. По-перше, хліб є щоденним продуктом з високим рівнем споживання серед різних вікових і соціальних груп. По-друге, йодовмісні форми, зокрема йодат калію чи органічні комплекси йоду, зберігають стабільність під час випікання та забезпечують біологічну доступність мікроелемента. По-третє, технологічний процес легко адаптувати без значного впливу на смакові властивості та структуру готової продукції.

Водночас впровадження збагачених виробів вимагає нормативного врегулювання, контролю вмісту йоду та інформаційної роботи серед населення. Важливим аспектом є поєднання профілактичних і лікувально-оздоровчих властивостей такої продукції з традиційними очікуваннями споживача.

Таким чином, збагачення хлібопекарської продукції йодом є актуальним напрямом розвитку харчової науки та промисловості в Україні. Реалізація цієї стратегії сприятиме зниженню поширеності йододефіцитних станів, підвищенню рівня громадського здоров'я та формуванню культури здорового харчування.

**Література**

1. Dalevska, D., Pokotylo, O., Kukhtyn, M., Kopchak, N., Salata, V., Horiuk, Y., & Uglyar, T. (2021). Changes in organoleptic, microbiological and biochemical properties of kefir with iodine addition during the storage. *Slovak Journal of Food Sciences/Potravinarstvo*, 15(1).
2. Зайцев, В., Трохименко, О., & Писарев, Є. (2010). Актуальні питання контролю вмісту йоду в харчових продуктах, сільськогосподарській сировині та біологічних рідинах. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Хімія*, (48), 47-49.
3. Karpyk H., Vichko O., Marchyshyn S., Slobodianiuk L., Budniak L., Shved O. The influence of the extract from the flowers on the *Tagetes patula* on the consumer properties of the buns products. *Fitoterapiia. Chasopys – Phytotherapy. Journal*, 2024. (4), P.156–164.)