

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд і технологій

(назва факультету)

Харчової біотехнології і хімії

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Удосконалення технології хліба “Домашнього”  
підвищеної стійкості до зберігання**

Виконав: студент \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ курсу, групи МХмз-61  
спеціальності \_\_\_\_\_ 181- Харчові технології

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Гайдук С. В.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Кухтин М. Д.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ (підпис)

Покотило О.С.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Рецензент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль  
2022



## 6. Консультанти розділів роботи

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

## 7. Дата видачі завдання

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналітичний огляд та патентний пошук інформації відповідно до теми магістерської роботи	24.01.22 р. – 23.05.22 р.	
2.	Складання схеми досліджень	20.06.22 р. – 27.06.22 р.	
3.	Опрацювання методики досліджень	30.06.22 р. – 08.07.22 р.	
4.	Виконання експериментальних досліджень (Частина I)	06.07.22 р. – 25.07.22 р.	
5.	Завершення експериментальних досліджень (Частина II)	29.08.22 р. – 19.09.22 р.	
6.	Збір інформації до виконання розділу та «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	20.09.22 р. – 03.10.22 р.	
7.	Закінчення написання розділів	05.10.22 р. – 28.11.22 р.	
8.	Подання магістерської роботи до захисту	01.12.22 р.	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Гайдук С. В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Кухтин М. Д.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

	Реферат	6
	Вступ	7
1	Огляд літератури	10
1.1	Основні проблеми, які пов'язані з псуванням і черствінням хліба та хлібобулочних виробів	10
1.2	Причини, які обумовлюють виникнення розвитку картопляної хвороби пшеничного хліба у торговельній мережі	12
1.3	Основні фактори, що впливають на термін зберігання хліба після виробництва	14
1.4	Біологічні розпушувачі: пекарські дріжджі та закваска та їх вплив на тривалість зберігання хліба	18
1.5	Додаткові інгредієнти для збагачення хліба поживними речовинами і продовження терміну зберігання	24
	Висновки з огляду літератури	29
2	Матеріали і методи досліджень	30
2.1	Етапи проведення досліджень	30
3	Результати дослідження та їх обговорення	33
3.1	Необхідність та перспективи введення у технологію виробництва пшеничного хліба додаткових інгредієнтів	33
3.2	Оцінка пшеничного борошна за мікробіологічними показниками для виробництва хліба Домашнього з органічними кислотами	35
3.3	Удосконалення технології виробництва хліба Домашнього із підкислювачем – молочна кислота	39
3.4	Технологічні властивості тіста під час бродіння з різною концентрацією харчової молочної кислоти	41

3.5	Технологічні властивості свіжовипеченого хліба з різною концентрацією харчової молочної кислоти	45
	Висновки і пропозиції виробництву	54
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	55
4.1	Мікроклімат виробничих приміщень	55
4.2	Оцінка стійкості процесу виготовлення хліба і хлібобулочних виробів в умовах надзвичайного стану	58
	Список літератури	63
	Додатки	76

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 80 с., 14 рис., 115 джерел.

### ХЛІБ ДОМАШНІЙ, ПШЕНИЧНЕ БОРОШНО, ХАРЧОВА МОЛОЧНА КИСЛОТА, ТЕХНОЛОГІЯ ХЛІБА.

Об'єкт дослідження: рецептура хліба Домашнього, харчова молочна кислота, технологічні властивості тіста і хліба, стійкість при зберіганні.

Мета роботи – удосконалити технологію виробництва хліба Домашнього підвищеної стійкості до зберігання шляхом додавання харчової молочної кислоти.

Методи дослідження: аналітичні (аналіз цифрової і паперової інформації про причини і засоби для профілактики тягучої хвороби хліба), органолептичні (оцінка хліба з харчовою молочною кислотою); технологічні (оцінка хліба з параметрами, які характеризують черствіння).

Обґрунтовано доцільність та актуальність використання різної концентрації молочної кислоти у технології виробництва хліба Домашнього з борошна пшеничного вищого і другого сорту для зниження черствіння і мікробного псування. Експериментально визначено, що оптимальним вмістом харчової молочної кислоти у хлібі Домашньому – це 0,3 %. За такої кількості харчової молочної кислоти виріб відповідав вимогам, які характерні для хліба Домашнього. Виявлено суттєве збільшення вмісту мікроорганізмів у борошні нижчого сорту. Тобто у нижчому сорті борошна, в середньому в 6 разів більша кількість мезофільних бактерій, ніж у вищому та від 4 до 5 разів виявляється більше бактерій роду *Bacillus*, що вимагає контролю їх у готових виробах для попередження виникнення мікробіологічного псування хліба.

Удосконалено технологію виробництва хліба Домашнього із підкислювачем – молочна кислота. Зокрема, підкислення тіста харчовою молочною кислотою сприяє активізації бродильних процесів та скороченню терміну бродіння тіста. У такому хлібі покращується пористість, знижується крихкуватість та мікробна стійкість за зберігання.

## Вступ

**Актуальність теми.** Нині загально визнано, що погіршення якості свіжоспеченого хліба впливає на термін придатності продукту, і є результатом складного багатofакторного процесу, який включає фізичне черствіння, а також мікробіологічне, хімічне та сенсорне псування. Незважаючи на нещодавні розробки в галузі виробництва хліба, в міжнародній науковій літературі, весь механізм, який викликає черствіння хліба, ще далекий від повного розуміння, і найкращі аналітичні методи, які слід прийняти для вимірювання та/або детального опису цього процесу, здається, все ще обговорюються. Досліджується вплив на термін зберігання хліба біологічних розпушувачів (пекарських дріжджів і закваски), а також деяких додаткових інгредієнтів, які включені до рецепти хліба. Зокрема було виділено дві ключові проблеми, які необхідно розглянути та обговорити їх вплив на кінетику черствіння хліба [7, 8, 11, 28].

Пропонується для покращення якісних показників і контролювання мікробіологічних та біохімічних процесів у тісті використовувати регулятори кислотності – органічні кислоти [8, 105]. При цьому групу даних речовин необхідно застосовувати у таких концентраціях, які б не порушували мікробіоту тіста її біохімічну активність. Водночас добре впливали на мікрофлору і процеси, які вважаються факторами черствіння. До того ж використання солей органічних кислот дозволяє використовувати у виробництві пшеничного хліба борошно нижчих сортів, без суттєвого порушення технологічних процесів. Так, науковці [107, 108] розробили комплексні препарати - підкислювачі «Оптимальний 1», «Оптимальний 2» «Ефект плюс» для застосування у технології хліба. Проте, все більше зусилля вчених витрачається на розкриття механізму впливу різних добавок на процеси в тісті на молекулярному рівні.

Отже, враховуючи постійні зусилля наукового співтовариства, які спрямовані на краще з'ясування всього механізму черствіння хліба для

покращення терміну його придатності та зменшення харчових відходів, на сьогоднішній день основні фактори, що впливають на термін придатності хліба після випікання достатньо не з'ясовані.

**Мета і завдання досліджень.** Мета роботи – Метою роботи було удосконалити технологію виробництва хліба Домашнього підвищеної стійкості до зберігання шляхом додавання харчової молочної кислоти.

*Для виконання запланованої мети визначені наступні завдання:*

1) Здійснити аналіз літературних джерел щодо застосування можливих інгредієнтів для підвищення стійкості хліба.

2) Визначити причини, які обумовлюють виникнення розвитку картопляної хвороби пшеничного хліба.

3) Провести оцінку пшеничного борошна за мікробіологічними показниками для виробництва хліба Домашнього з органічними кислотами.

4) Удосконалити технологію виробництва хліба Домашнього із підкислювачем – харчова молочна кислота.

5) Оцінити технологічні властивості тіста під час бродіння з різною концентрацією харчової молочної кислоти.

6) Оцінити технологічні властивості свіжовипеченого хліба з різною концентрацією харчової молочної кислоти.

Об'єкт дослідження – рецептура хліба Домашнього, харчова молочна кислота, технологічні властивості тіста і хліба, стійкість при зберіганні.

Предмет дослідження – структурно-механічні, реологічні, органолептичні та фізико-хімічні властивості хліба Домашнього з харчовою молочною кислотою.

Методи досліджень: аналітичні (аналіз цифрової і паперової інформації про причини і засоби для профілактики тягучої хвороби хліба), органолептичні (оцінка хліба з харчовою молочною кислотою); технологічні (оцінка хліба з параметрами, які характеризують черствіння).



**Наукова новизна одержаних результатів.** Обґрунтовано доцільність та актуальність використання різної концентрації молочної кислоти у технології виробництва хліба Домашнього з борошна пшеничного вищого і другого сорту для зниження черствіння і мікробного псування. Експериментально визначено, що оптимальним вмістом харчової молочної кислоти у хлібі Домашньому – це 0,3 %.

**Практичне значення отриманих результатів.** Пропонується у технології хліба Домашнього застосовувати 0,3 % харчової молочної кислоти від маси борошна.

**Особистий внесок здобувача.** Магістрант провів аналітичний аналіз електронних і друкованих джерел щодо використання речовин для зменшення черствіння хліба, сформував мету і завдань запланованої роботи, здійснив планування і відпрацювання методів дослідження, провів дослідження відповідно до завдань, оформив отримані результати у вигляді друкованої роботи, виконав інженерно-графічну частину.

**Апробація результатів.** Виступ на XIV міжнародній науково-технічній конференції «Техніка і технологія харчових виробництв» 21-22 квітня 2022 року /Могилів: БГУТ (м. Могилів, 21-22 квітня 2022 р.). (Додаток А).

**Публікації.** За матеріалами кваліфікаційної роботи опубліковано одну наукову працю у тезах: Лісовська Т.О., Гайдук С.В. Питання безпеки харчової сировини яка використовується в харчових технологіях для дієтичного харчування: Матеріали XIV міжнародної науково-технічної конференції «Техніка і технологія харчових виробництв» / Могилів: БГУТ, 2022, С. 320. (Додаток А).

**Структура і обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота має такий зміст: вступ, три розділи основної частини, розділ інженерно-графічний, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, висновки та пропозиції виробництву, перелік літератури та додатки. Магістерська робота має 80 стор. та містить 14 рисунків. Перелік літератури складається з 115 джерел.

# РОЗДІЛ 1

## ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1. Основні проблеми, які пов'язані з псуванням і черствінням хліба та хлібобулочних виробів

Зазвичай слово «хліб» відноситься до одного з найважливіших основних продуктів харчування, основними складовими якого є борошно, змішане з молоком або водою, виготовлене в тісто, з дріжджами або без них або іншими біологічними розпушувачами, і випечене [27, 28]. Враховуючи високий рівень клейковина, пшениця – найпоширеніша злакова культура, яка використовується для виробництва хліба; незважаючи на це, багато харчових інгредієнтів, крім вищезазначених компонентів, можуть бути включені до рецептури хліба, щоб збільшити його різноманітність, функціональність і продукт стає більш привабливим [29, 30, 31]. Незалежно від його рецептури, хліб вважається швидкопсувним продуктом, який є найкращим, коли споживається свіжоспеченим [32]. Через широке розповсюдження хліба, його якість погіршується після випічки внаслідок цього, проблеми з відходами спричиняють значні економічні втрати, які притаманні, як для хлібопекарської галузі, так і для споживача [33, 34].

Хліб справді є динамічною системою, яка зазнає фізичних (черствіння, перерозподіл вологи), хімічних (згіркнення, зміни харчової цінності) та мікробіологічних (дріжджі, пліснява та бактеріальне псування) модифікацій, які викликають процеси черствіння [35]. Черствіння обмежує термін зберігання хліба, тобто тривалість часу за певних умов зберігання, протягом якого їжа залишається «прийнятною» для споживача. Прийнятний означає не тільки безпечний, але й збереження бажаних сенсорних, хімічних, фізичних і біологічних характеристик [36]. Оцінка терміну придатності хліба, включає різні методики, що виконуються за допомогою інструментальних і сенсорних параметрів, що впливають на прийнятність хліба (тобто текстура, леткі

органічні сполуки, розвиток неактивних речовин). присмак, розвиток мікробних забруднень тощо).

Фізичне черствіння визначає органолептичне порушення та є наслідком складних багатофакторних явищ, у яких беруть участь різні класи сполук (тобто різні фракції крохмалю, вода, глютен, ліпіди та білки борошна, ферменти тощо) та їхні взаємодії. Про це є велика кількість літератури, що пропонує різні теорії, які включають кілька явищ, що відбуваються одночасно в хлібі під час зберігання (наприклад, ретроградація крохмалю, модифікація структури клейковини або міграція/перерозподіл вологи в м'якуші з відповідною загальною втратою якості хліба), але на молекулярному рівні весь механізм фізичного черствіння далеко не повністю з'ясований [37, 38, 39]. Крім фізичного черствіння, мікробіологічне псування, яке викликає видиме зростання цвілі та невидиме утворення мікотоксинів, є іншим основним фактором, що обмежує термін придатності хлібобулочних виробів під час зберігання після випічки, оскільки при високих рівнях вологості ( $a_w=0,94-0,99$ ) сприяє росту майже всіх бактерій, дріжджів і цвілі [40, 41].

Крім того, після випікання хліб може бути підданий як втраті поживних речовин, так і хімічному розкладанню. Це останнє, як правило, пов'язане з прогірклістю, особливо для хліба, приготованого з цільнозернового борошна або з високим вмістом жиру [42]. Окислювальне згіркнення виникає внаслідок розщеплення ненасичених жирних кислот киснем через автолітичний вільнорадикальний механізм з утворенням неприємних запахів альдегідів, кетонів і коротколанцюгових жирних кислот. Вільні радикали та перекиси, що утворюються під час окислення ліпідів, можуть негативно вплинути на якість харчових продуктів через відбілювання пігменту та деградацію вітамінів і білків. На відміну від окислювального згіркнення, гідролітичне згіркнення посилюється присутністю вологи та ендогенних ферментів (тобто ліпаз і ліпоксигеназ), що призводить до гідролізу тригліцеридів і вивільнення гліцерину та жирних кислот із неприємним запахом.

У хлібопекарській галузі все частіше розробляються нові рецептури хліба, тому вплив інгредієнтів нової рецептури на термін придатності хліба є головним питанням, яке постійно досліджується та обговорюється. Крім того зараз відбувається зростаючий світовий запит на функціональні харчові продукти завдяки їх високому вмісту нутрицевтиків, що прямо впливає на запобігання захворювання, пов'язані з харчуванням [39].

Таким чином, доповнення хліба поживними добавками для покращення його фізичних і поживних властивостей, а також використання композитного борошна для покращення якості білка хліба є все більш широкою практикою [43, 44, 45]. Крім того, відповідно до концепції циклічної економіки харчові побічні продукти можуть бути цікавим джерелом потенційних функціональних інгредієнтів (тобто пептидів, каротиноїдів і фенолів).<sup>47–49</sup> Тим не менш, вплив збагачення різними фітодобавами на термін зберігання хліба враховується не всіма дослідниками, хоча є численні публікації щодо фортифікації та збагачення хліба.

## **1.2. Причини, які обумовлюють виникнення розвитку картопляної хвороби пшеничного хліба у торговельній мережі**

Випадки псування пшеничного хліба, викликаного бактеріями роду *Bacillus*, імовірно зросли тому, що більше хліба виробляється без консервантів і з додаванням сировини, такої як висівки та насіння. Картопляна вада хліба вважається найважливішою після плісняви псування хліба, виникає особливо влітку в теплих і вологих умовах і в основному спричинена *B. subtilis*. Домінування *B. subtilis* у хлібі можна пояснити високою термостійкістю цього виду – деякі спори можуть виживати під час процесу випікання, оскільки максимальна температура під час випікання в центрі буханки становить від 97 °C до 100 °C протягом кількох хвилин [1, 2]. Спори, що вижили, проростають, якщо умови сприятливі; їх вегетативні клітини розмножуються шляхом розкладання білків і вуглеводів м'якушки хліба, перетворюючи м'якоть хліба в липку, слизову і неприємно пахнучу масу. Цей дефект характеризується

неприємним солодкуватим, затхлим запахом гниючих ананасів [3, 4, 5]. Перші ознаки рум'яності з'являються через 10-20 годин після запікання. Змінюється колір буханки хліба, він стає м'яким і липким, на наступних етапах м'якуш стає більш в'язким. Текстура хліба погіршується через протеолітичні та амілолітичні ферменти, що виділяються *B. subtilis* [3, 6, 7].

Дослідники вказують [4, 5, 8], що ріст *B. subtilis* частково пригнічується низьким рівнем води і сприятливими умовами розвитку; вищі суми спори проростають у вегетативні клітини і викликають псування хліба. Дефекти хліба можуть спричинити величезні економічні втрати для хлібопекарської промисловості [9, 10].

Щоб запобігти розвитку дефекту картопляної хвороби пшеничного хліба, необхідно визначити, який рівень зараження хліба аеробними спороутворюючими бактеріями може спричинити дефект розрідження крохмалю та який вплив на це може мати тривалість зберігання хліба та температура [11].

Бацили поширені в різних екологічних нішах: ґрунті, воді, фекаліях комах і тварин [12, 13, 14, 15]. Зібрані зерна злаків також містять спори *Bacillus* [16, 17, 18] в результаті обробки або забруднення після обробки. Вони в основному розподіляються на поверхні зерна. Домінуючими інфекційними видами зазвичай є *Bacillus subtilis* [19, 20], але спори *B. licheniformis*, *B. megaterium* і *B. cereus* також можуть бути інфекційними [21, 22, 23, 24]. Ендоспори *Bacillus* дуже стійкі до руйнування під час зберігання, тому вони можуть виживати в стані спокою та бути переданими до перероблених продуктів, де вони можуть стати проблемою. Попередні дослідження [6, 19, 25, 26] показали, що всі типи пшеничного борошна були забруднені спорами *Bacillus*.

У дослідженнях [7] показано, що онтамінація зразків тіста аеробними спороутворюючими бактеріями не впливала на якість хліба на початковому етапі зберігання (6–16 год після випічки). Критична кількість *Bacillus subtilis* *subsp. spizizenii* ATCC 6633 були визначені на рівні, що спричиняють різкість

випеченого хліба:  $7,8 \times 10^6$  КУО (колонієутворюючі одиниці) г після зберігання зразків протягом 3 днів при  $2 \pm 2$  °С,  $1,3 \times 10^6$  КУО г після зберігання зразків протягом 3 діб при  $18 \pm 2$  °С і  $6,0 \times 10^6$  КУО г після зберігання зразків протягом 1 доби при температурі  $30 \pm 2$ °С. Встановлено, що контамінація тіста аеробними спороутворюючими бактеріями не повинна перевищувати  $1,0 \times 10^3$  КУО г. Оцінку антимікробної активності молочнокислих бактерій родів *Lactococcus* і *Lactobacillus* щодо аеробних спороутворюючих бактерій проводили методом дифузії в агарі. Також встановлено, що пшеничному хлібі, який був ферментований *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* 148/3, *L. acidophilus* 336 і *L. casei subsp. casei*, антимікробні ефекти спостерігалися протягом 3 днів зберігання при температурі 18 і 30 °С. При зберіганні зразків хліба протягом 5 діб при  $18 \pm 2$ °С ( $1,7 \times 10^2$  КУО г) і при  $30 \pm 2$ °С протягом 3 і 5 дні ( $1,5 \times 10^2$  КУО г).

### **1.3. Основні фактори, що впливають на термін зберігання хліба після виробництва**

На основі критичного аналізу наукової літератури наведено основні фактори, які можуть безпосередньо впливати на погіршення якості хліба після випічки. Проте, що хліб черствіє це загально визнаний факт. Однак кінетика черствіння залежить від складного балансу вхідних параметрів (інгредієнти тіста, дріжджі та ферменти), процесу (перемішування, розстойка, випікання та охолодження) і параметрів зберігання (вологість, температура), які синергічним чином сприяють зміцнення м'якушки, що в кінцевому випадку призводить до ретроградації крохмалю. Під час зберігання хліба ретроградація крохмалю супроводжується та обумовлюється складним процесом перерозподілу вологи в буханці з подальшою втратою вологи [46]. Крім того, рекристалізацію крохмалю можна значно зменшити також завдяки взаємодії між глютенною сіткою та гранулами крохмалю за допомогою водневих зв'язків [47].

Останніми роками дослідження здебільшого були присвячені поясненню процесу черствіння з фізичної точки зору, зокрема, яку роль відіграють у затримці черствіння хліба різні класи хімічних сполук, що природно присутні або корисно додаються до рецептур хліба. Незважаючи на нещодавні розробки в міжнародній науковій літературі, механізми дії черствіння хліба на молекулярному рівні все ще не повністю вивчені, і основними питаннями, які необхідно розглянути та пояснити, є наступні: весь механізм, який визначає міцність м'якушки; основні фактори, що впливають на кінетику фізичного черствіння та їх взаємодія; весь механізм перерозподілу вологи і втрат води, як рушійної сили черствіння; роль основних і другорядних інгредієнтів, що входять до складу рецептів хліба; вплив ферментативної активності на всі аспекти, перераховані вище [48, 49, 50]. Для отримання додаткової інформації про вимірювання ретроградації крохмалю, фактори впливу та його вплив на засвоюваність крохмалю, дослідники можуть звернутися до огляду Wang та співавторів робітників [51].

Найважливіші нові висновки про роль різноманітних харчових добавок, що додаються до хліба, для затримки черствіння були розглянуті Теббеном та його співробітниками та додатково обговорені нижче [52]. Враховуючи ефект, спричинений як амілозою, так і амілопектином, на ретроградацію крохмалю, роль певних ферментів (в основному альфа-амілаза та мальтогенна амілаза) у подовженні терміну придатності хліба є загально визнаним, навіть якщо конкретний механізм дії цих ферментів, що запобігають черствінню, далекий від повного розуміння [51, 52, 53]. На дану тематику нещодавно було опубліковано цікаве двоетапне дослідження з метою з'ясування впливу альфа-амілази на зменшення твердості м'якушки білого пшеничного хліба [54, 55]. Відповідно до Amigo et al. [55] використання амілаз у хлібопекарстві, здається, зменшує міцність хліба трьома різними механізмами:

- 1) зниження ретроградації крохмалю;
- 2) зниження жорсткості мережі крохмального гелю та
- 3) зменшення взаємодії крохмаль-білок.

Також добре відомо, що ефект від черствіння альфа-амілаз зумовлений їхньою здатністю гідролізувати амілопектин і утворювати розчинні полімери з розгалуженим ланцюгом з низькою молекулярною вагою [54]. Ці продукти справді менш схильні до ретроградації та можуть впливати на доступність води.

Ті ж автори стверджують, що використання ефективних ферментів проти черствіння у рецептурі хліба дозволяє підтримувати еластичність м'якушки хліба майже постійною протягом усього часу зберігання, тоді як ретроградація крохмалю може бути відкладена до точки, коли інші властивості хліба (сенсорні та безпечні властивості) становлять межу прийнятності хліба [54]. Крім того, вони також підкреслили, що процес черствіння достовірно відрізнявся у верхній/нижній частині м'якушки від середньої [55]. Інноваційний ферментний склад альфа-амілази-ліпази також був протестований як анти-агент черствіння в порівнянні з різними комерційними препаратами амілази, а також з контролем без додавання ферментів [38]. Альфа-амілаза-ліпаза дозволила краще уповільнити як затвердіння, так і зміни жування протягом часу. Інші вчені порівняли ефект запобігання старінню, продемонстрований раніше охарактеризованою альфа-амілазою (AmyM), що продукує мальтогексаозу (G6) [39, 56]. Альфа-амілаза продемонструвала позитивний вплив на фізичні, в'язкопружні та структурні властивості пшеничного хліба при низькій дозі (0,02 мг кг<sup>-1</sup>) порівняно з комерційними препаратами амілази (5 мг кг<sup>-1</sup>). Як повідомлялося вище, утримання вологи та рухливість води відіграють життєво важливу роль у властивостях тіста та хліба, особливо під час зберігання [46]. У цьому контексті вуглеводи можуть сповільнити ретроградацію крохмалю, оскільки вони втручаються у взаємодію між водою та крохмалем [52, 47]. Серед вуглеводів трегалоза, в основному використовується для підвищення продуктивності як замороженого, так і свіжого тіста, але вона також може бути агентом, що запобігає черствінню в хлібі, підвищуючи стабільність і міцність тіста, а також забезпечуючи більш еластичне і м'яке тісто [49].



Показано, що лінійні декстрини ефективні у зменшенні черствіння м'якушки та черствіння хліба, ця активність зростає зі збільшенням молекулярної маси декстрану [57]. Декстрини діють шляхом відновлення вимивання амілози та утворення кристалітів амілози, таким чином підвищуючи термічну стабільність крохмальних гранул, що призводить до більш м'якої структури хліба.

Дінг та його співробітники досліджували вплив мальтиту на текстуру хліба, термічні властивості, вміст вологи та процес черствіння за допомогою різних інструментів, вони встановили позитивні підходи до оцінки потенціалу мальтиту, як добавки проти черствіння [58]. Хоча ще потрібні більш конкретні та комплексні дослідження взаємодії між мальтитом, крохмалем і клейковиною, а також реологічні експерименти, ці автори дійшли висновку, що мальтит може бути потенційною харчовою добавкою для покращення смаку та перешкоджання черствінню хліба. Різні гідролоїди ефективно покращили технологічні та сенсорні якості хліба та зменшили швидкість черствіння [50]. Коли гуарова камедь (GG) була етерифікована н-октенілбурштиновим ангідридом (OSA) з утворенням частково гідрофобного GG-OSA, перспективна взаємодія між GG-OSA та хлібним крохмалем спостерігали [59]. Ефект запобігання черствінню, який демонструють найпоширеніші гідролоїди, а також модифіковані крохмалі, також досліджували під час холодного зберігання [60]. Ксантан негативно збільшував швидкість черствіння, тоді як інші протестовані добавки забезпечували інгібування аморфних перегруповань у хлібі, таким чином сповільнюючи черствіння.

Група дослідників дійшли висновку, що отриманий зі свинячої шкіри желатин, вплив якого рідко перевірявся на якість хліба та черствіння, може ефективно порушувати перевпорядкування ланцюга крохмалю та утворення водневих зв'язків компонентів хліба, перешкоджаючи ретроградації крохмалю [61].

#### **1.4. Біологічні розпушувачі: пекарські дріжджі та закваска та їх вплив на тривалість зберігання хліба**

Фаза розквашування у хлібопекарстві може спричинитися пекарськими дріжджами або закваскою, двома типами розпушувачів, які характеризуються різною дією розпушувачів і технологічними особливостями через різний мікробний склад і вплив на термін зберігання хліба [62, 63, 64]. Хоча найбільшу увагу приділено протигрибковій активності молочнокислих бактерій (LAB) у хлібі на заквасці, останні дослідження запропонували використання модифікованих промислових хлібопекарських дріжджів як можливих виробників протигрибкових сполук для заміни добавок до борошна та вивчили їх ефект на реологічні якості хліба, черствіння та мікробне псування [65, 66]. Було навіть запропоновано вибір дріжджів для хлібопечення, зосереджуючись на штаммах, що виробляють протигрибкові сполуки або зі специфічною ферментативною активністю, що впливає на термін зберігання, а також на колір і смак [67].

Дослідники вивчали дію чотирьох різних штамів пивних дріжджів виду *Saccharomyces cerevisiae* на термін придатності білого пшеничного хліба, і показали, як вторинні метаболіти, що виробляються штамом *S. cerevisiae us-05*, тобто органічні кислоти, такі як сукцинат, ацетат і цитрат, які в основному пов'язані з частково завершеним циклом трикарбонових кислот, визначають триваліший термін зберігання і вищу стійкість до розмноження цвілі.<sup>57</sup>

Також було досліджено використання *Pichia anomala SKM-T*, відомого своєю здатністю виробляти фенілетиловий спирт і 2-фенілетилацетат, ароматичні сполуки, які покращують сенсорну якість і сприяють подовженню терміну зберігання хліба, як у попередньому дослідженні [68].

У той час як застосування температури заморожування до процесу виготовлення хліба широко використовується, оскільки зберігання в заморожуванні значною мірою подовжує термін придатності, заморожування також спричиняє зниження якості кінцевого продукту через пошкодження

структури глютенної мережі і зниження ферментаційної активності дріжджів [69]. Як наслідок, об'єм зменшується, а ретроградація крохмалю відбувається швидше. Крім того, температуру під час зберігання в замороженому стані слід належним чином контролювати, оскільки заморожування дріжджів у системі тіста часто завдає більшої шкоди, ніж заморожування дріжджів. безпосередньо через осмотичний тиск і окислювальний стрес [70]. Щоб протистояти цим проблемам, було розроблено кілька методів, включаючи антифризні білки та додавання гідроколоїдів, техніку генної інженерії, швидкість заморожування та оптимізацію умов зберігання та нові технології заморожування, такі як заморожування за допомогою ультразвуку, всі ці розроблені способи спрямовані на підвищення якості випічки та збільшення терміну зберігання виробів [70].

Закваска має давні традиції та в основному використовується як розпушувач у сучасній біотехнології хлібобулочних виробів, оскільки вона забезпечує багато технологічних переваг і вищу загальну якість порівняно з пекарськими дріжджами [71, 72]. Мікрофлора, що характеризує закваску, включає декілька штамів як дріжджів, так і молочнокислі бактерії. На активність закваски сильно впливають як ендогенні фактори, такі як склад сировини (вуглеводи, джерела азоту, мінерали, ліпіди, вільні жирні кислоти та активність ферментів), так і екзогенні фактори, такі як параметри процесу (температура, вихід тіста, час бродіння, процедура освіження).<sup>64</sup> Багато властивостей закваски пов'язані з метаболітами, що виробляються резидентними молочнокислими бактеріями (органічні кислоти, екзополісахариди (EPS), ферменти, бактерицидні та антимікробні сполуки), які сприятливо впливають на текстуру, твердість і термін зберігання хліба пшеничного.

Вплив закваски на черствіння хліба до кінця не з'ясовано. Зниження рН і підкислення, пов'язане з виробництвом органічних кислот у заквасці молочнокислими мікроорганізмами, головним чином молочної та оцтової кислот, є важливими факторами продовження терміну зберігання порівняно з

бродинням із використанням лише дріжджів [40, 63]. Тим не менш, кислотності недостатньо для пояснення ефект зниження черствіння, а також припущення про значну роль кількох специфічних для штаму властивостей молочнокислих бактерій, щоб пояснити різну твердість і ретроградацію крохмалю в хлібі з закваскою з порівнянними рівнями кислотності [73]. Повідомлялося, що хімічне підкислення має обмежений вплив на інгібування цвілі, або подовження терміну зберігання, але інші активні сполуки, що вивільняються під час бродиння, сприяють протигрибковій активності при використанні закваски [33]. Ці метаболіти зазвичай є низькомолекулярними сполуками, такими як феніл і заміщені феніл, циклічні дипептиди, гідроксижирні кислоти або протигрибкові пептиди, і вважається, що комплексний синергічний ефект між ними індукує протигрибковий інгібуючий механізм [33, 74]. Деякі дослідники продемонстрували додаткову активність проти *Aspergillus niger* FUA5001 і *Penicillium roqueforti* FUA5005 закваски (приготованої з *Lactobacillus hammesii*, *L. plantarum* і *L. brevis*) і пропіонової, рицинолеїнової та сорбінової кислот [75]. Вони показали, як у поєднанні з оцтовою кислотою пропіонат або концентрація сорбату, необхідна для продовження терміну зберігання пшеничного хліба на заквасці, зменшилась у 7 разів у порівнянні з простим тістом хліба, тоді як рицинолева кислота була ефективною лише в поєднанні із закваскою [75].

Luz та ін. досліджували вплив чотирьох різних обробок консервантами на хліб, заражений *P. expansum*, підкреслюючи дводенне покращення терміну зберігання при обробці 0,2% пропіонатом кальцію порівняно з контрольною закваскою, і отримання подібного результату при обробці *L. plantarum* і *L. bulgaricus* завдяки виробленню ними протигрибкових вторинних метаболітів, таких як фенольні сполуки (галлова, хлорогенова, кавова, сирингінова, фенілочна та синапова кислоти та ванілін) [76].

Крім того, нещодавнє дослідження оцінило вплив обраних молочнокислих мікроорганізмів з високою протигрибковою активністю проти шести сприйнятливих грибів і показало, що *L. plantarum* LB-1 можна успішно

використовувати як закваску для покращення якості цільнозернового хліба та запобігання грибковому забрудненню, подовжуючи термін зберігання хліба від 3 до 6 днів порівняно з контрольною групою [77].

Екзополісахариди, які продукують молочнокислі бактерії також є потенційними речовинами, що запобігають черствінню, завдяки своїй здатності зв'язувати воду, наявну в буханці, залишаючи менше вільної води для міграції до скоринки продукту. Багато досліджень підкреслювали позитивний ефект використання екзополісахарид-продукуючих штамів молочнокислих бактерій для покращення в'язкопружних властивостей тіста, підвищення об'єму буханки, зменшуючи твердість м'якушки та подовжуючи термін придатності хліба [73, 78].

Вологість хліба, упакованого в полімерні пакети та зберіганого при 4 °C протягом 21 дня, зменшувалася, якщо екзополісахарид-продукували молочнокислі бактерії або екзополісахарид використовували непродуктивні молочнокислі бактерії. Зразок, приготований з першим, показав підвищений вміст вологи, особливо протягом перших 10 днів зберігання [77, 78]. Навпаки, тип штаму не показав істотного впливу на  $a_w$  зразків. Крім того, екзополісахарид разом із закваскою продемонстрували вищу кислотність, оскільки присутність екзополісахариду сприяла додатковій метаболічній активності гетероферментативних штамів молочнокислих бактерій, збільшуючи виробництво лактату, ацетату та етанолу, що позитивно вплинуло на термін зберігання хліба.

Додавання 30 % закваски, отриманої з використанням відібраних молочнокислих бактерій, які продукують екзополісахарид, з вмістом *Leuconostoc lactis* 95A та *L. curvatus* 69B2, позитивно вплинуло на термін придатності хліба, затримавши процес черствіння, підтримуючи вищий вміст вологи та кращі механічні властивості під час зберігання [63]. Крім того, екзополісахарид, який вироблений штамами *Weissella cibaria* MG1, дозволив значно затримати черствіння хліба з оптимальним рівнем додавання 18 % закваски. Хліб із низьким вмістом солі з покращеним терміном зберігання та

реологічними та сенсорними властивостями також був отриманий із закваскою, починаючи з *L. amylovorus DSM19280*, протигрибкового штаму, або з *W. cibaria MG1*. Мінімальна кількість додавання в закваску 6 % *L. amylovorus* і 18 % *W. cibaria*, відповідно. Для компенсації зменшення солі показало, що термін придатності хліба з низьким вмістом солі приблизно 4 дні може бути продовжений до такого самого терміну придатності стандартного солоного хліба (приблизно 6 днів) [79]. Синтез екзополісахариду не тільки залежить від штаму, але спостерігається комбінований вплив росту клітин, а також стабільності білка, буферної ємності, інгредієнтів борошна та вмісту поживних речовин [80]. Щоб індукувати біосинтез полімеру до ефективних концентрацій, додавання 1% сахарози від ваги борошна виявилось достатнім для позитивного впливу на реологічні властивості та стабільність тіста.70. Крім того, екзополісахарид, який вироблений молочнокислими бактеріями (тобто леван, декстран), здається, більш ефективний, ніж ті, що додаються в очищеній формі [79], хоча позитивний ефект від активності екзополісахариду глюканового типу на твердість хліба можна було підтвердити лише на день, а не протягом усього періоду зберігання [81, 82]. Тим не менш, підкислення через метаболізм молочнокислих бактерій під час бродіння закваски може значно зменшити технологічний вплив екзополісахариду і може врівноважити їх позитивний ефект.

Отже, штами молочнокислих бактерій та умови ферментації повинні максимізувати виробництво екзополісахариду *in situ* і в той же час регулювати виробництво кислоти для покращення структури та терміну зберігання [83].

Після приготування закваска підтримується та оптимізується за допомогою послідовних процедур зворотного відкидання, щоб підтримувати метаболічну активність мікробних спільнот протягом тривалого часу, забезпечуючи закваску з постійними та повторюваними характеристиками розпушування та підкислення, що залежить від росту молочнокислих бактерій та дріжджів, які добре пристосовані до навколишнього середовища [83, 84]. Однак мікробна екосистема закваски може бути легко порушена факторами,

пов'язаними з постійним забрудненням навколишнього середовища та процесом, такими як різні оператори та, особливо, неминуче використання різних партій борошна.

Більше того, щоденне змивання є тривалою процедурою, тому нещодавно були вивчені альтернативні методи тривалого збереження закваски, особливо процеси заморожування та сушіння; однак ці процеси впливають на метаболічні показники мікроорганізмів, зменшуючи їх проліферацію, а тим самим термін придатності кінцевого продукту. Хоча сублімаційне сушіння, здається, дає хороші результати щодо здатності оживляти мікроорганізми, низькі температури можуть завдати серйозної шкоди через утворення внутрішньоклітинних кристалів льоду, що робить необхідним використання кріопротекторів (тобто трегалоза) для покращення виживання мікроорганізмів [85].

Lattanzi та ін. виявили негативний вплив процесу сублімації на життєздатність мікроорганізмів і реологічні характеристики хліба. Встановлено, що хліб виготовлений на сублімаційній заквасці був твердішим і з меншим питомим об'ємом, ніж хліб із свіжої закваски. Це підкреслює те, що в хлібопекарстві можна використовувати реактивовані закваски, якщо пекарські дріжджі додають, як додаткову закваску [86]. Розпилювальне сушіння може представляти життєздатний варіант, оскільки воно забезпечує більшу життєздатність, як дріжджів, так і молочнокислих мікроорганізмів порівняно з традиційними техніками сушіння, якщо виконувати з оптимізованою обробкою та оновленням параметрів [87].

Окрім цих доказів, збільшення відсотка сухої закваски, доданої до тіста, у будь-якому разі довело позитивний вплив на об'єм хліба, колір і збереження вологи, маючи «гальмівний ефект» у плані втрати вологи та покращення терміну зберігання, незалежно від використаної техніки сушіння.

## **1.5. Додаткові інгредієнти для збагачення хліба поживними речовинами і продовження терміну зберігання**

Враховуючи, що недоїдання значною мірою сприяє глобальному виникненню хвороб, нещодавно посилилася глобальна тенденція до використання натуральних речовин, присутніх у харчових продуктах, як джерела антиоксидантів і функціональних інгредієнтів [88].

Хліб їдять у всьому світі, і, отже, він є корисним засобом для покращення стану харчування населення, оскільки його збагачення великою різноманітністю корисних сполук може бути досягнуто шляхом включення в рецепт багатьох джерел біологічно-активних інгредієнтів [1]. Будь-які модифікації процесу приготування хліба або рецептури призводять до зміни якості кінцевого продукту та терміну його придатності [45]. Після цього термін придатності хліба можна продовжити або зменшити залежно від хімічної природи джерела, а також наявності специфічних інгредієнтів у рецептурі. Незважаючи на те, що нещодавно були опубліковані різні дослідницькі статті та огляди, присвячені безпечності та збагаченню хліба, небагато дослідників звернули свою увагу на вплив фенолів на термін зберігання хліба. Серед біологічно активних сполук феноли, витягнуті з овочів, відіграють важливу роль у збагаченні хліба, сприятливо впливаючи на здоров'я людини, знижуючи частоту деяких дегенеративних захворювань.<sup>3</sup>, 46 Крім того, додавання фенолів до хліба має багато інших переваг, включаючи антимікробну дію та подовжений термін придатності завдяки високій стійкості до окислення [89, 90].

Різні феноли можуть по-різному впливати на фізико-хімічні та реологічні властивості тіста, а також на показники якості хліба [89]. Фенольні кислоти, додані до пшеничного тіста, взаємодіють з тіловими групами клейковини та послаблюють його структурно-механічний зв'язок, негативно впливаючи на об'єм буханки та твердість хліба [91]. Додавання дубильної кислоти, натомість, визначає руйнування дисульфідних і водневих зв'язків, а



також інші типи ковалентних зв'язків між аміно- та гідроксильними групами, збільшуючи об'єм хліба та знижуючи твердість хліба. Однак ефект додавання антиоксидантного екстракту залежить від типу присутніх антиоксидантів і їх розчинності в матриці. Група дослідників показали, що зразки хліба, збагаченого овочами, мали значно нижчі значення перекису ліпідів, ніж незбагачений хліб [92]. Рівень гідропероксид ліпідів також знижувався, коли гранатову шкірку використовували для збагачення хліба в концентраціях 2,5, 5 і 10 % відповідно. При цьому 10 % включення мало кращу здатність затримувати прогресування перекисного окислення. Подібним чином, збагачення хліба екстрактами зеленої кави також призвело до до зниженого утворення перекисів ліпідів [92].

В останні роки також спостерігається великий інтерес до бобових як інгредієнтів або збагачувальних агентів для хліба, щоб компенсувати брак незамінних амінокислот, таких як лізин, покращуючи білковий профіль, а також біоактивний вміст, а також покращити засвоюваність білка *in vitro* [93]. Окрім високої поживності, ізоляти білка або їх концентрати мають цікаві функціональні властивості: висока водозв'язувальна здатність, показана білками, дозволяє збільшити поглинання води тістом. З іншого боку, оскільки бобові білки не такі еластичні, як глютен, коли пшеничне борошно було частково замінено білковими гідролізатами з бобових (тобто ліма, квасоля або вігна) тісто продемонструвало знижену міцність і дещо підвищену еластичність, навіть якщо м'якуш хліба виглядав більш компактним через обмежене розширення клітин [94]. Нижче 10 %, білковий концентрат мав шкідливий вплив на текстуру хліба та якість (висока твердість і жувальна здатність, малий об'єм батона). Також спостерігався ефект запобігання черствінню білкових ізолятів люпину, що призвело до затримки твердіння хліба після зберігання протягом 24 і 48 годин.

Можлива взаємодія між крохмалем та білками може брати участь у збереженні вологості, таким чином зменшуючи міграцію води з м'якушки до кірки та/або ретроградацію амілопектину. Поліпшити технологічні

властивості (реологічні та хлібопекарські властивості тіста) високобілкового хліба.

Отримані шляхом часткової заміни пшеничного борошна гороховим, Millar et al. оцінювали результати як функцію попередньої обробки гороху (сирого, пророщеного та підсмаженого) [95]. На відміну від небагатьох експериментальних доказів, доступних у літературі, їхні попередні результати показали, що термічна попередня обробка дозволила покращити як властивості замішування тіста, так і якість хліба для підтримки високого рівня якості кінцевого продукту з вмістом горохового борошна до 30%. У цьому контексті можна припустити збільшення терміну зберігання.

Фракція висівок багата клітковиною (наприклад, целюлозою, геміцелюлозою та лігніном), білками та антиоксидантними сполуками (наприклад, фенолами, антоціанами та каротиноїдами) [16, 96]. Через їх поживний потенціал споживання цільнозернових злаків, а також збагачення хліба різним їстівним насінням стає все більше поширеним через пов'язану користь для здоров'я. Навіть якщо відомо, що велика кількість клітковини негативно змінює властивості тіста та хліба, процеси виробництва та явища, пов'язані з черствінням необхідно вирішувати [29, 97]. У цьому контексті Nemdane et. al. опублікував цікавий огляд про вплив пшеничних висівок у хлібопекарстві, можливі властивості висівок і різні технологічні стратегії протидії шкідливому впливу пшеничних висівок на хлібопечення [98]. Крім того, серед великої кількості досліджень, зосереджених на індивідуальності найкращих робочих умов для покращення харчових і функціональних особливостей хліба з високим вмістом клітковини, нещодавно група дослідників опублікували цікаву статтю. У цьому дослідженні [98] досліджувалося комбіноване використання вибраних молочнокислих мікроорганізмів та ферментів, що руйнують клітинну стінку (ксиланази), для покращення поживного профілю висівок, отриманих шляхом перемелювання різних побічних продуктів. Обробка екзогенними білками, солюбілізованими ксиланазою, захопленими шарами висівок, що робить їх доступними для

мікробного/ендогенного протеолізу, покращує засвоюваність білків до 79%. Ферментація вибраними молочнокислими мікроорганізмами значно покращила харчові (вищий вміст фенолів, активність поглинання радикалів і засвоюваність білка; нижча концентрація фітинової кислоти), функціональні (зменшення швидкості гідролізу крохмалю внаслідок біологічного підкислення) та сенсорні (більш збалансований смак) властивості ферментованих висівок. Тоді як кожен зразок демонстрував свій особливий профіль. Вчені досліджували вплив алейронасоційованих тканинних білків на підвищення хлібопекарського потенціалу пшеничних висівок [99]. Ці автори прийшли до висновку, що ступінь, до якої алейрон-асоційовані білки тканини сприяють створенню глютенної мережі, залежить від їх функціональності та доступності, і вони запропонували визначити найкращі робочі умови для гідротермічної стабілізації цих тканин. Негативний вплив збагачення клітковиною на реологічні властивості пшеничного хліба та якість під час зберігання також спостерігалося, коли мескітове борошно (зі стручків *Prosopis alba*) було включено до рецептури хліба, ймовірно, як наслідок розведення білків глютену заміною борошна та присутності нових компонентів (наприклад, волокон) у системі [28, 29]. Крім того, було помічено, що картопляні волокна, витягнуті з лушпиння, покращують текстуру хліба, ймовірно, за рахунок утримування води, що дозволяє підтримувати більш м'яку структуру м'якушки під час зберігання.

Збагачення олійним насінням і побічними продуктами, отриманими з олійної та оливкової олійної промисловості, є центром зростаючого інтересу для виробництва здоровішого хліба завдяки вмісту в них білків, клітковини, вітамінів, мінералів, незамінних жирних кислот і нутрицевтиків [100]. Однак їхнє включення визначає модифікації реології хлібного тіста, які також залежать від процедури додавання (тобто у вигляді борошна чи насіння, отже безпосередньо взаємодіючи чи не взаємодіючи з компонентами тіста) і від використаного відсотка. Незважаючи на широке використання олійних культур у хлібобулочних виробках, ця тема майже не обговорювалася в

літературі. У цьому контексті було розглянуто нещодавні результати щодо використання насіння олійних культур для збагачення хліба та інших хлібобулочних виробів з якісної, поживної, реологічної та органолептичної точок зору [98, 100].

Додавання нерозчинних волокон, ліпідів і білків, що надходять з різних джерел, різною мірою впливає на фізико-хімічні властивості хліба через взаємодію ліпідів з білками та крохмалем через комплекси включення амілози та втручання у формування глютенної мережі [10, 101].

Отже, негативний ефект, а особливо при найвищих рівнях додавання олійних культур, було відзначено на об'ємі хліба, зі збільшенням твердості м'якушки та можливим швидшим черствінням хліба. Однак цей ефект чітко не визначений, оскільки, на відміну від цих результатів, більш м'яка консистенція та уповільнене черствіння хліба з додаванням насіння льону без покриття або меленого насіння льону з покриттям у кількості 10 та 15 % відповідно [102]. Цей результат, ймовірно, можна пояснити збільшенням вмісту вологи в хлібі або наявністю деяких сполук насіння льону, таких як камедь насіння льону, білків і жирів, які сприяли покращенню структури тіста. Низька стійкість омега-3 поліненасичених жирних кислот до окислення ліпідів є загальною проблемою, яку слід серйозно розглянути, особливо якщо насіння олійних культур використовують як борошно. Дійсно, хліб, збагачений 10 % смаженим меленим насінням льону, продемонстрував значне збільшення перекисного числа, починаючи лише з 2 днів зберігання, що підтверджує докази, описані в попередніх дослідженнях [103]. Як згадувалося раніше, включення таких антиоксидантів, як феноли, токоферолі та аскорбінова кислота, які можуть переривати автоокислення ліпідів, втручаючись або в розвиток ланцюга, або в процес розкладання, можуть являти собою часткове вирішення цієї проблеми. Feizollahi et al. оцінили використання інкапсульованих омега-3 жирних кислот для збагачення хліба та їх деградацію під час зберігання. Було доведено, що зменшення окисних властивостей, хоча

негативні зміни текстури та кольору хліба спостерігаються під час зберігання [104].

З іншого боку, ступінь розпаду ліпідів у цих продуктах зазвичай визначається вимірюванням перекисного числа, яке не може дати надійної відповіді, оскільки перекиси можуть піддаватися подальшому розкладанню. Більш повну інформацію про окиснювальну стійкість продукту при зберіганні необхідно отримати шляхом одночасного аналізу первинних і вторинних продуктів окислення.

### **Висновки з огляду літератури**

На основі критичного аналізу останньої літератури з проблем черствіння хліба і збільшення термінів його зберігання було визначено вплив на термін зберігання хліба використання біологічних розпушувачів (пекарських дріжджів і закваски), а також деяких добавок і додаткових інгредієнтів, включених до рецепти хліба. Проте, на сьогоднішній час до кінця механізм черствіння не з'ясовано, особливо не визначено молекулярні зміни хліба за його черствіння. Як ключові питання, що необхідно розглянути та обговорити з точки зору впливу різних природних і штучних інгредієнтів на кінетику черствіння хліба та зниження терміну зберігання хліба.

## **РОЗДІЛ 2**

### **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Усі експерименти та виробничі дослідження за темою даної кваліфікаційної роботи було проведено в ТНТУ ім. І. Пулюя в різних лабораторіях кафедри харчової біотехнології і хімії.

Під час роботою над теоретичною частиною дослідження було виявлено нез'ясовані проблемні завдання, які потребують вирішення для зменшення втрат у хлібопекарській галузі, що пов'язані з процесами черствіння хліба. Тому сформовано відповідну тему магістерської роботи: удосконалити технологію виробництва хліба Домашнього підвищеної стійкості до зберігання шляхом додавання харчової молочної кислоти.

Об'єкт дослідження – рецептура хліба Домашнього, харчова молочна кислота, технологічні властивості тіста і хліба, стійкість при зберіганні.

Предмет дослідження – структурно-механічні, реологічні, органолептичні та фізико-хімічні властивості хліба Домашнього з харчовою молочною кислотою.

Методи досліджень: аналітичні (аналіз цифрової і паперової інформації про причини і засоби для профілактики тягучої хвороби хліба), органолептичні (оцінка хліба з харчовою молочною кислотою); технологічні (оцінка хліба з параметрами, які характеризують черствіння).

#### **2.1. Етапи виконання**

Враховуючи заплановані для вирішення завдання у даному дослідженні робота мала слідуєчі блоки, які схематично представлено (рис. 2.1). З огляду на схему, у першому блоці нами розглянуто критичний, всесторонній аналіз різних джерел наукової та науково-технічної літератури, які доступні у друкованих виданнях, так і електронному вигляді. Щодо застосування можливих інгредієнтів для підвищення стійкості хліба,



Рис. 2.1. Схема виконання розділів кваліфікаційного дослідження

причин, які обумовлюють виникнення розвитку картопляної хвороби пшеничного хліба, процеси черствіння та заходи як можна збільшити свіжість хліба.

У другому експериментальному блоці виконано дослідження, щодо наявності мікробіоти трьох груп: мезофільної, спороутворюючої та грибової у борошні різних сортів. Використано класичні методи, які наведені в мікробіологічних джерелах [7, 22, 108, 109]. Так, відважували борошно 1 г, розводили в 9 мл розчинника та проводили десятикратні розведення та висівали на живильні середовища. Для МАФАНМ – МПА (мясопептонний агар), для бацил також на МПА, але проби попередньо прогрівали за + 85 °С протягом 10 °С, для оцінки грибів – на Сусло агар. Інкубація в термостаті 72 – 120 год, залежно від групи мікробіоти та підтримували колонії.

У третьому блоці передбачалися дослідження щодо удосконалення технології хліба Домашнього з харчовою молочною кислотою. Вивчали процеси, які проходять у тісті з борошна вищого і другого сорту, але з різною кількістю харчової молочної кислоти. Визначали наступні параметри в тісті за його бродіння: кислотність, газоутворююча здатність, підйомна сила також за стандартними методами [105 – 108]. Також до даного підрозділу були включені дослідження, які описували якісні показники уже випеченого хліба з харчовою молочною кислотою, та як впливає добавка на процеси черствіння хліба за його зберігання, у час, визначений стандартом. Як і дослідження тіста у даному випадку використані загальноживані методики опимані провідними вченими у галузі технології хліба [105, 107]. Тобто визначали у хлібі з різного сорту борошна та з харчовою молочною кислотою наступні показники: пористість, кислотність, вологість, крихкуватість та проводили оцінку за органолептичними змінами і кількістю спороутворюючої мікрофлорою.

Усі дані були виражені як середні значення. Статистичний аналіз був виконаний за допомогою одностороннього дисперсійного аналізу (ANOVA), за тестом Duncan's Multiple Range Test, де  $P \leq 0,05$  вважається статистично значущим за допомогою програми SAS (SAS, 2001).



## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

#### **3.1. Необхідність та перспективи введення у технологію виробництва пшеничного хліба додаткових інгредієнтів**

Хлібобулочні вироби є основними продуктами харчування, які широко споживаються у великих кількостях у всьому світі та відіграють важливу роль у харчуванні людини [2]. У зв'язку з підвищенням обізнаності щодо проблем здоров'я, хлібопекарська промисловість переходить до надання функціональної та здорової їжі, головним чином через збагачення ситними та активними інгредієнтами, такими як білки, клітковина, мінерали, вітаміни та біоактивні пептиди [9] у відповідь на зростаючі вимоги у споживачів. Включення інгредієнтів, які виявляють функціональні властивості, на додаток до традиційних поживних речовин, є цікавою альтернативою у розробці інноваційних хлібобулочних продуктів.

Додавання молочних продуктів (таких як молоко сире чи молочна сироватка) у рецептуру хліба не є поширеним явищем на ринках хлібобулочних виробів. Хоча харчові переваги молочних продуктів включають збільшення кількості мінеральних речовин з хорошою засвоюваністю (головним чином Са і Р), вітамінів (А і В<sub>12</sub>), білка і незамінних амінокислот (лізину, метіоніну і триптофану). Переваги такої технології очевидні та можуть включати покращення оброблюваності тіста та якості хліба (смак, структура м'якушки, консистенція). Ці переваги є результатом впливу білка та молочного жиру на структуру хліба [10, 12]. У технологічній рецептурі виробництва «Домашнього хліба» (ДСТУ 7517:2014) міститься молока незбираного до 25 % від маси борошна [106]. Така кількість молока значно підвищує поживну цінність отриманого хліба за рахунок легкозасвоюваних білків і мінеральних речовин, є визначальним фактором для здоров'я людини. Однак із збільшенням поживних інгредієнтів у хлібі

покарщуються мікробіологічні процеси щодо розвитку, як заквасочних мікроорганізмів, так і технічно шкідливих безпеосередньо у тісті та в подальшому у готовому хлібі. Це в кінцевому результаті призводить до швидшої втрати якості хліба за його зберігання і втрати рентабельності виробництва.

У хлібопекарському виробництві загальноновизнано, що на погіршення якості свіжоспеченого хліба впливає термін придатності продукту. При цьому це є результатом складного багатофакторного процесу, який включає фізичне черствіння, а також мікробіологічне, хімічне та сенсорне псування. Незважаючи на значну кількість розробок, як в Україні, так і в світі, у міжнародній науковій літературі, весь механізм, який викликає черствіння хліба, ще далекий від повного розуміння, і найкращі аналітичні методи, які застосовуються для вимірювання та детального опису процесу черствіння, здається, все ще обговорюються для впровадження у виробництво [11].

Вплив закваски та інгредієнтів, які підвищують кислотність тіста та виробу на черствіння хліба до кінця не з'ясовано. За використання тільки чистих мочочнокислих бактерій відбувається зниження рН і підкислення, що пов'язане з виробництвом органічних кислот у заквасці молочнокислими мікроорганізмами, головним чином молочної та оцтової кислот. Такий механізм є важливим фактором продовження терміну зберігання порівняно з бродінням із використанням лише дріжджів [15, 19, 20]. Проте використання у технології хліба з пшеничного борошна молочнокислих бактерій, як закваски на середніх і дрібних пекарнях мало практикується через додаткові затрати на її придбання та обслуговування. Тому традиційно у сучасній технології виробництва більше схиляються до додавання у рецептуру різних хімічних інгредієнтів для покращення технологічного процесу і зниження втрат через швидке черствіння хліба за його зберігання [28]. У хлібопекарському виробництві з метою підвищення кислотності хліба, а відповідно і покращення його структурно-механічних властивостей застосовують препарати на основі органічних кислот та їх солей. Дані

препарати в кінцевому етапі виробництва призводить до профілактики розвитку різної шкідливої мікробіоти та зменшення черствіння хліба.

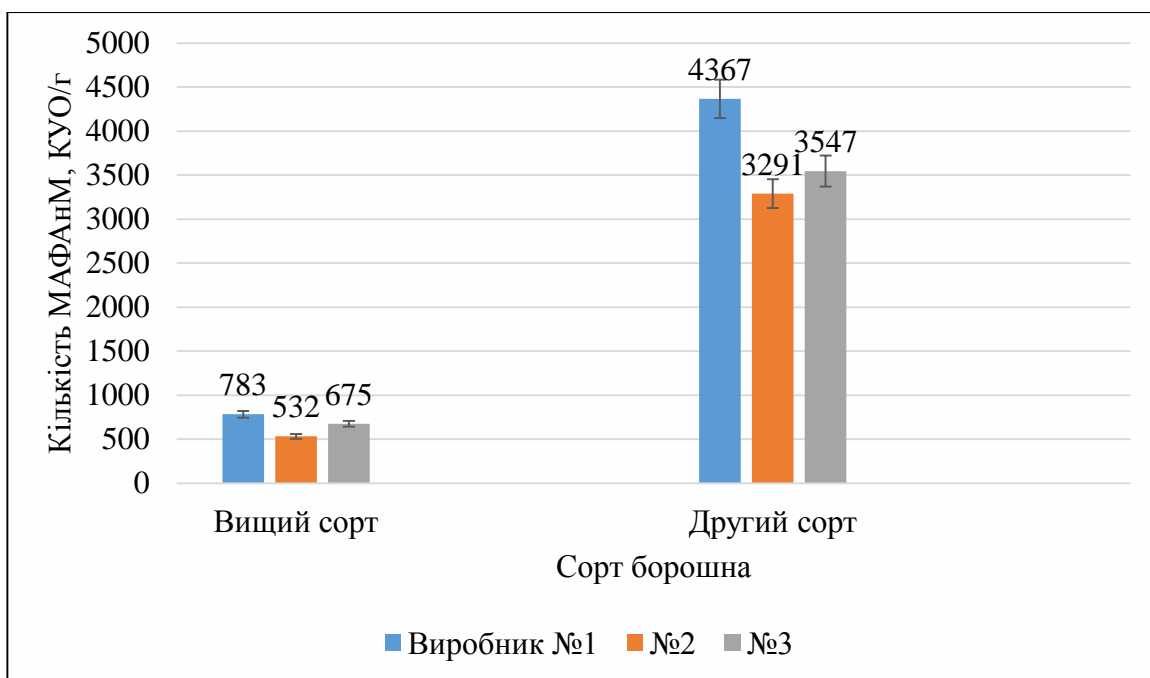
Враховуючи наведені факти, нами було досліджено вплив різної концентрації молочної кислоти у технології виробництва хліба Домашнього з борошна пшеничного вищого і другого сорту для зниження черствіння і мікробного псування.

### **3.2. Оцінка пшеничного борошна за мікробіологічними показниками для виробництва хліба Домашнього з органічними кислотами**

Значення величини рН середовища суттєво впливає на функціонально-технологічні властивості складових напівфабрикатів у технології виробництва пшеничного хліба. Величина рН тіста обумовлена продуктами бродіння (дріждами і молочнокислими бактеріями) тому при не якісній сировині накопичення їх недостатнє. Тому при плануванні дослідів важливо було оцінити мікробіологічні показники борошна вищого і другого сорту, яке буде використовуватися для виробництва хліба з органічними добавками. Дані наведено на рис. 3.1 – 3.3.

З аналізу рис. 3.1 спостерігаємо збільшення мезофільної мікробіоти у пшеничному борошні нижчого сорту, порівнюючи з борошном вищого сорту. При цьому кількість МАФАНМ у борошні вищого сорту становила в межах від  $532 \pm 24$  КУО/г до  $783 \pm 37$  КУО/г, що залежало від виробника продукції. Борошно другого сорту було забруднене мезофільними бактеріями у більшій кількості, ніж вищого, середня кількість клітин бактерій становила від  $3291 \pm 211$  КУО/г до  $4367 \pm 284$  КУО/г. Тобто у нижчому сорті борошна, в середньому в 6 разів ( $P \leq 0,05$ ) більша кількість мезофільних бактерій, ніж у вищому. Згідно нормативних документів максимальна кількість МАФАНМ не має перевищувати 1000 КУО/г борошна пшеничного вищого гатунку. Тобо всі

виробники виробляють борошно даного сорту високої якості за кількістю МАФАНМ.



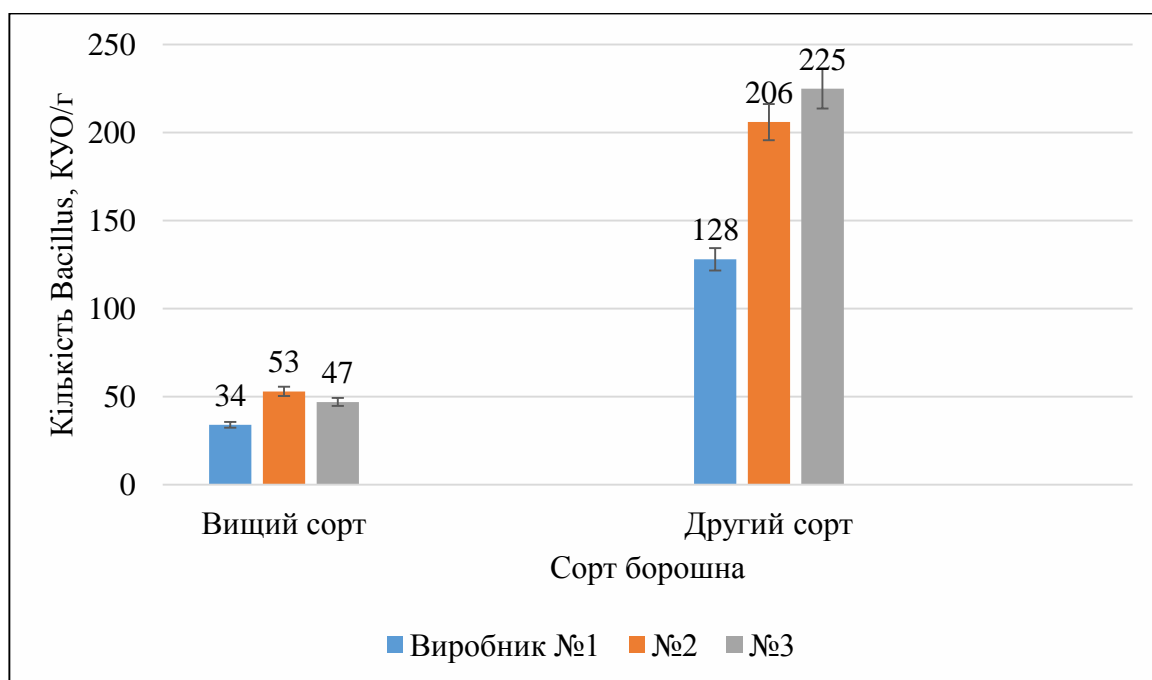
**Рисунок 3.1. – Забруднення МАФАНМ борошна пшеничного двох гатунків**

Загалом такі результати вказують, що у борошні другого сорту під час бродіння поряд з дріжджовою мікробіотою активну участь будуть приймати мезофільні мікроорганізми наявні у борошні. Така тенденція, очевидно забезпечить інтенсивніший мікробіологічний і біохімічний процес у тісті з борошна нижчого сорту, порівняно з вищим. Однак дана мікрофлора може спричинити вади під час зберігання готового хліба.

Дослідження кількості спороутворюючої мікробіоти у двох видах борошна наведено на рис. 3.2, адже саме дані види бацил відповідальні за винекнення найчастіших вад хліба під час його зберігання, зокрема картопляної хвороби.

Спостерігаємо закономірне явище наявності більшої кількості представників роду *Basillus* у борошні другого сорту, порівнюючи з першим (рис. 3.2). Тому, що дані види бактерій відносяться до представників автохтонної (постійної) мікробіоти поверхні насіння і рослин, а у борошні

нижчого сорту наявна більша кількість складових оболонок зерна, порівнюючи з вищим і першим сортом, у яких помел формується, в основному з ендосперму зерна.



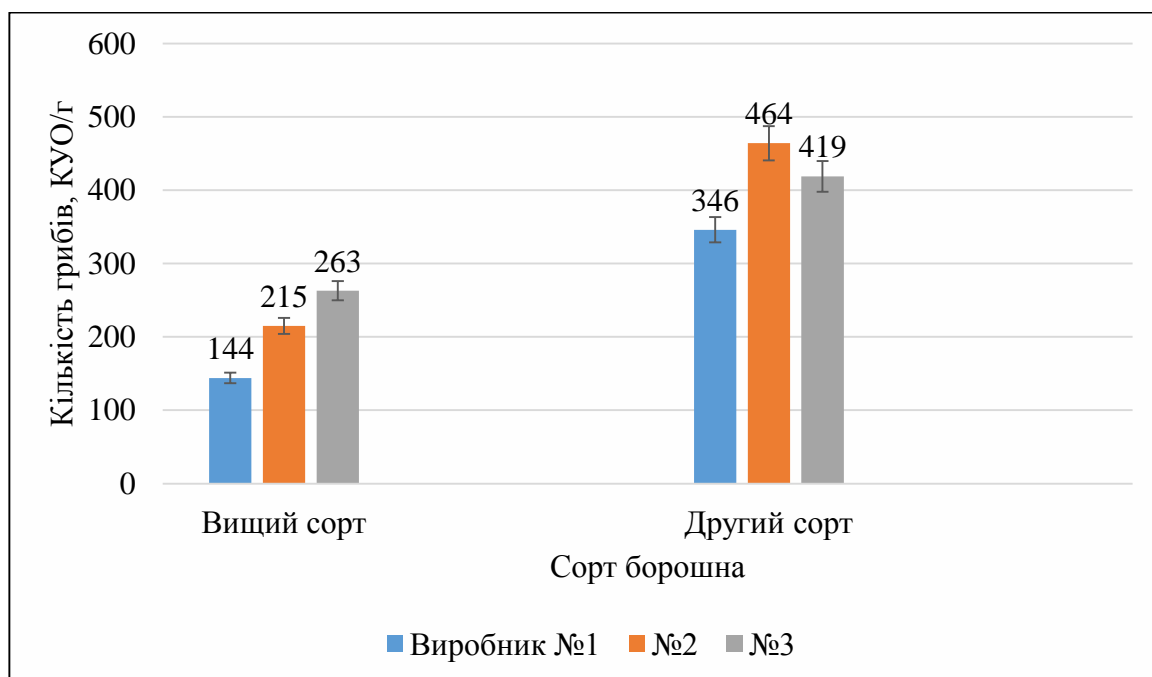
**Рисунок 3.2. – Забруднення спороутворюючими бацилами борошна пшеничного двох гатунків**

Відповідно до даних рис. 3.2 у борошні вищого сорту кількість спороутворюючих бацил становила до 53 КУО/г, в той же час у борошні другого сорту їх кількість була від  $128 \pm 8$  КУО/г до  $225 \pm 15$  КУО/г. Тобто від 4 до 5 разів ( $P \leq 0,05$ ) виявляється більше бактерій роду *Bacillus* у борошні другого гатунку, порівнюючи з першим. До того ж результати рисунку вказують, що вміст представників спороутворюючих бацил у борошні гатунку вищого не перевищували умовну кількість у 200 КУО/г, що вважається безпечним для виробництва пшеничного хліба. Водночас, тільки проби одного виробника борошна другого гатунку не перевищували кількість у 200 КУО/г, у двох інших їх вміст перевищував дану нормативну кількість. Використання такого борошна у технології пшеничного хліба на нашу думку є проблематичним, оскільки можуть виникати вади продукції. Через те, що

клітини бацил зазвичай витримують режими випікання у середині мякушки (95 –100 °С).

Отже, аналіз спороутворюючої мікрофлори виявив значно більшу кількість бацил у борошні другого гатунку, ніж вищого, що вимагає контролю їх у готових виробах для можливого попередження виникнення мікробіологічного псування хліба.

Наявність грибової мікробіоти на поверхні зерна – явище природне, тому певна їх кількість завжди буде у борошні. Відповідно, у нижчого гатунку борошна більша кількість даних мікроорганізмів. Результати обсіяння даною мікрофлорою борошна двох сортів наведено на рис. 3.3



**Рисунок 3.3. – Забруднення грибовими мікроорганізмами борошна пшеничного двох гатунків**

Видно (рис. 3.3), що міцелярні гриби наявні в борошні як вищого сорту, так і другого сорту. Однак за кількістю грибів у 1 г борошна двох сортів, вони суттєво різняться. Так, у борошні вищого сорту вміст мікроскопічних грибів трьох виробників коливався від  $144 \pm 8$  КУО/г до  $263 \pm 17$  КУО/г. Таке забруднення грибами борошна вищого сорту, практично в 2,0 раза ( $P \leq 0,05$ ) мало менший вміст, порівнюючи з борошном другого сорту. Оскільки у

борошні другого сорту від трьох виробників кількість грибів була в середньому  $409,5 \pm 37,1$  КУО/г. хоча самі вегетативні форми грибів не є терморезистентними, їхні спори під час зберігання хліба спричиняють таку поширену ваду, як пліснявіння, яке за даними багатьох дослідників [34, 42] вважається першочерговою у зниженні якості хлібобулочних виробів.

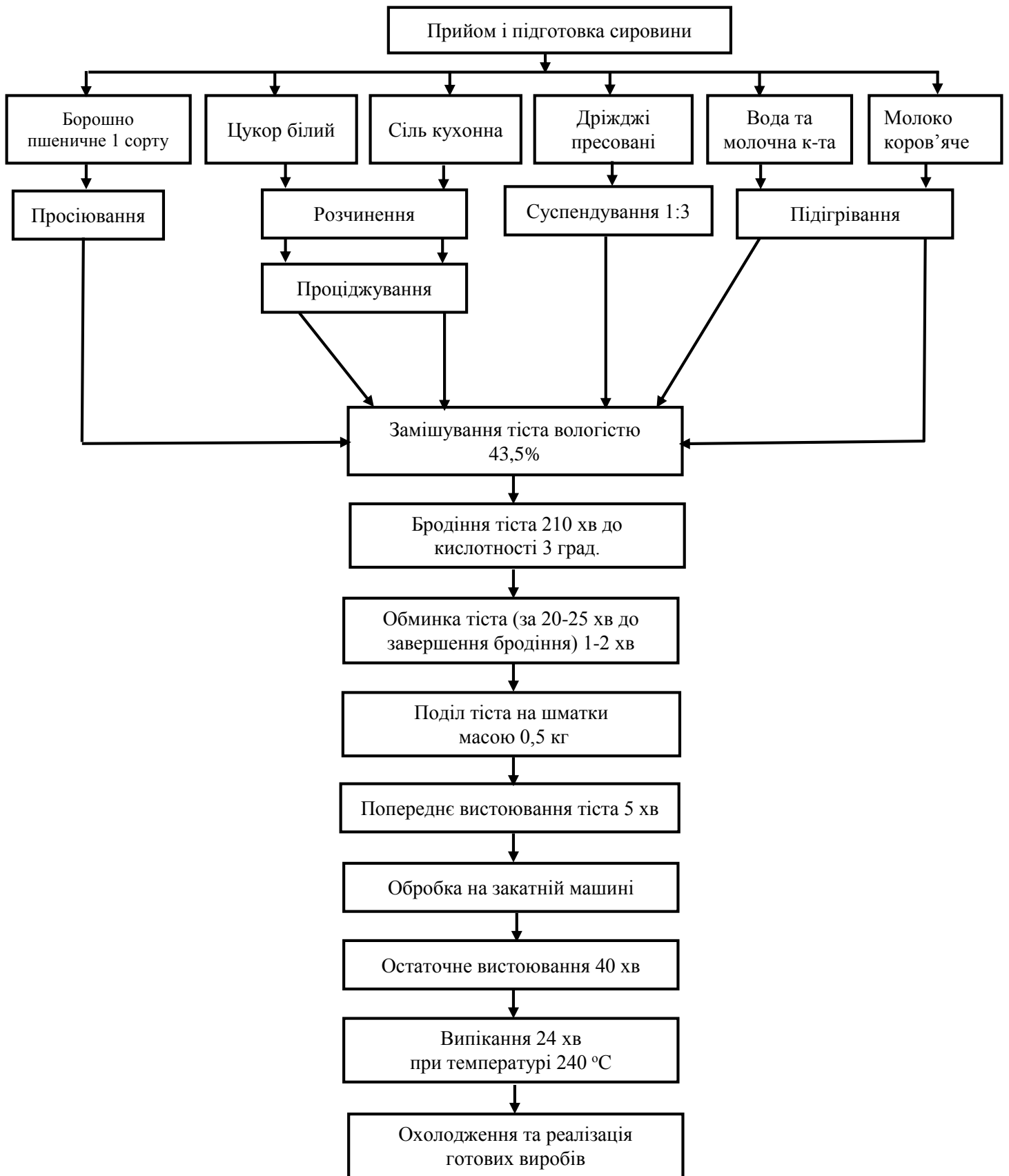
Отже, з даних мікробіологічного дослідження забруднення борошна вищого і другого сорту мікробіотою досить чітко прослідковується збільшення вмісту мікроорганізмів у борошні нижчого сорту. Однак і в борошні вищого сорту, наявні мікроорганізми, зокрема спороутворюючі бацили, які відносяться до збудників, що викликають псування хліба.

Оскільки, нашою метою роботи є удосконалення технології хліба Домашнього для підвищення його стійкості до зберігання, а саме щодо профілактики картопляної хвороби, то ми пропонуємо додавати до рецептури даного продукту 0,3 % харчової молочної кислоти від маси борошна. До того ж пропонується проведення дослідів із двома сортами борошна вищого і другого, які містять різний мікробіологічний склад для встановлення впливу молочної кислоти на бродильні процеси, термін зберігання та показники свіжості хліба.

### **3.3. Удосконалення технології виробництва хліба Домашнього із підкислювачем – молочна кислота**

#### *3.3.1. Опис технологічної схеми виготовлення хліба «Домашнього» 0,4 кг*

За основу було використано класичну схему виробництва хліба «Домашнього». Тісто готується безопарним способом, що значно зменшує час приготування хліба. Харчова молочна кислота вноситься разом із водою під час замішування тіста. При цьому ми використали дві концентрації 0,1 % та 0,3 % від маси борошна. Дріжджі вносяться у вигляді дріжджової опари у співвідношенні 1:3, сіль вноситься у вигляді розчину 26 % концентрації цукор у вигляді розчину з концентрацією 50%, вода та молоко перед подачею в діжу



**Рис. 3.4. Технологічна схема виготовлення хліба «Домашнього» 0,4 кг**



підігріваються до потрібної температури, а борошно просіюється. Пшеничне тісто безопарним способом готується в одну фазу, тобто всі компоненти відразу дозують у діжу Т1-ХТ-Д2 тістомісильної машини А2-ХТБ (105). Замішують тісто протягом 10 хв до вологості 43,5 %. Тісто бродить 3,5 год при температурі 30 °С, за 20-25 хв до завершення бродіння проводять обминку 1-2 хв, яка є важливою при безопарному способі приготування. Кислотність 3 град.

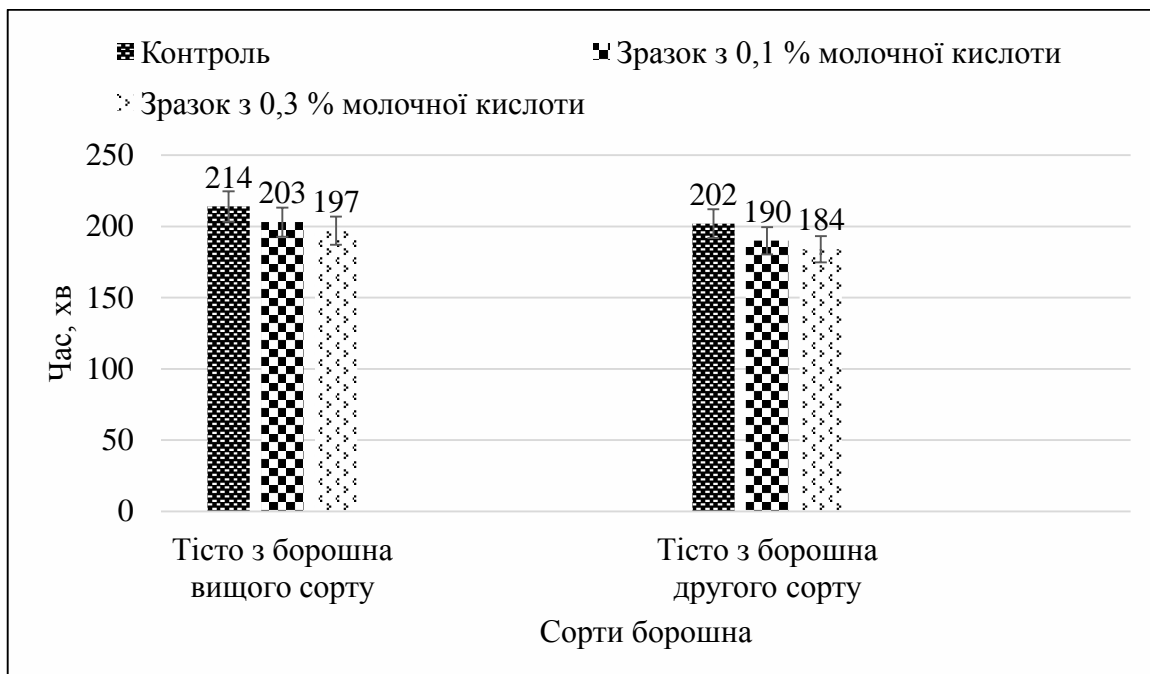
Готове тісто з діжі Т1-ХТ-Д2 () діжеперекидачем ПО-1 [105] перекидають у тістоподільник А2-ХТН [105]. Там тісто поділяється на шматки масою 0,5 кг. Звідти вони направляються на округлення в Т1-ХТН [105], звідки тістові заготовки направляють в шафу попереднього вистоювання «Бріз плюс» [105], де вони вистоюється протягом 5 хв. Далі тістові заготовки обробляють на закатній машині МЗА-50 [105]. Після цього вироби вручну укладають на листи , а далі на колиски шафи для остаточного вистоювання Г4-ХРГ-55 [105]. Там вироби вистоюються протягом 50 хв при температурі 35-40 °С та відносній вологості 75-85 %.

Тістові заготовки овально-подовгуватої форми направляють в піч Г4-ХТН-16 [105], де вироби випікаються 24 хв при температурі 240 °С. Готові вироби відправляють в остигальне відділення. Після остигання вироби готові до реалізації в торгову мережу.

#### **3.4. Технологічні властивості тіста під час бродіння з різною концентрацією харчової молочної кислоти**

Відповідно до удосконаленої технологічної схеми приготування Домашнього хліба було виготовлено напівфабрикати – тісто з різним умістом харчової молочної кислоти. До того є використали борошно вищого сорту та другого. Кількість молочної кислоти при приготуванні тіста з двох сортів борошна пшеничного додавали 0,1 % та 0,3 %. Таким чином отримали два варіанти зражків тіста з борошна вищого сорту та два варіанти з борошна

другого сорту, при цьому по одному зразку у двох варіантах – це були контрольні зразки. Результати досліджень з оцінки кислотності тіста з використанням двох сортів борошна та різною концентрацією молочної кислоти наведено на рис. 3.5.



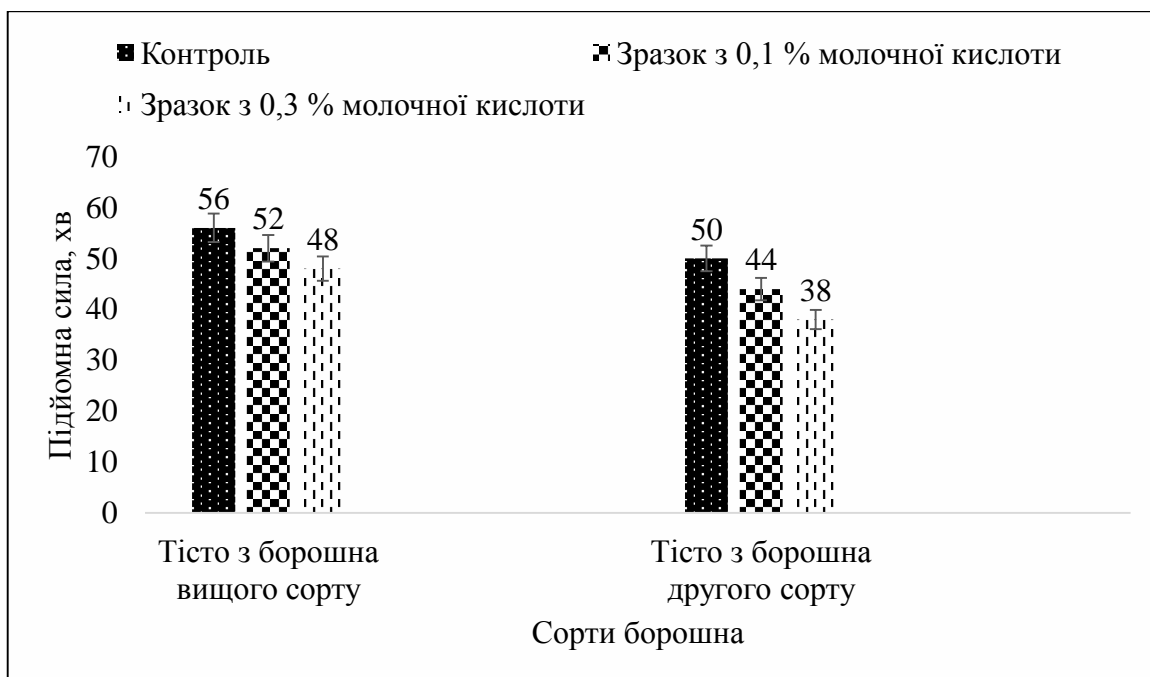
**Рис. 3.5. Час необхідний для досягнення кислотності під час бродіння тіста у 3 град**

З досліджень рисунку 3.5. спостерігаємо інтенсивніший процес бродіння у тісті з борошна другого сорту, порівняно із борошна сорту вищого. Також час необхідний для досягнення стандартної кислотності в три градуси, менший у тісті з другого сорту та в зразках, які виготовлені з додаванням харчової молочної кислоти. При цьому в двох варіантах досліду в зразках з вищою концентрацією молочної кислоти в рецептурі, час, який був необхідний для досягнення запланованої кислотності у три градуси скорочувався із збільшенням вмісту молочної кислоти. Зокрема у тісті з борошна вищого гатунку і вмістом 0,3 % кислоти час бродіння зменшувався на 17 хв порівняно з контролем та на 6 хв проти тіста з 0,1 % молочної кислоти. У тісті з другого сорту спостерігається така сама тенденція щодо скорочення часу бродіння за вмісту молочної кислоти. Скорочення терміну бродіння у

тісті з молочною кислотою пов'язано із інтенсивнішим розвитком дріжджових мікроорганізмів закваски, оскільки вони краще розвиваються в кислому середовищі. До того ж розвиток дріжджової мікрофлори сприяє покращенню структурно-механічних властивостей тіста, розкладанню складних білкових та вуглеводних комплексів на простіші, які більш доступні для засвоєння молочнокислими бактеріями.

Таким чином, крім підкислення тіста молочна кислота сприяє активізації бродильних процесів та скороченню терміну бродіння тіста до необхідних показників у три градуси.

Показник, який глибше дає обґрунтування процесам, які відбуваються у тісті під час бродіння – це підйомна сила. Відповідно до вимог, підйомна сила тіста має не перевищувати час у 70 хв, це вказує, що дріжджі активні і добре розвиваються у тісті. При цьому із збільшенням часу підйомної сили тіста відбувається подовження технологічного процесу, що негативно впливає на собівартість виробів. На рис. 3.6 наведено дані щодо тривалості підйомної сили у двох варіантах дослідів з різним вмістом харчової молочної кислоти.



**Рис. 3.6. Підйомна сила зразків тіста з двох сортів борошна і різним вмістом молочної кислоти**

З аналізу даного рисунку спострігаємо дані, як підтверджують розвиток мікробіоти у тісті та зростання підйомної сили. Зокрема підйомна сила у варіантах тіста з борошна вищого сорту і вмістом молочної кислоти (0,3 %) була найшвидша і становила  $48 \pm 1$  хв, що на 8 хв менше, ніж у контрольному зразку. За вмісту у тісті з даного борошна 0,1 % молочної кислоти виявляємо збільшення часу підйомної сили до  $52 \pm 1$  хв, що на чотири хвилини менше, порівняно з тістом без кислоти.

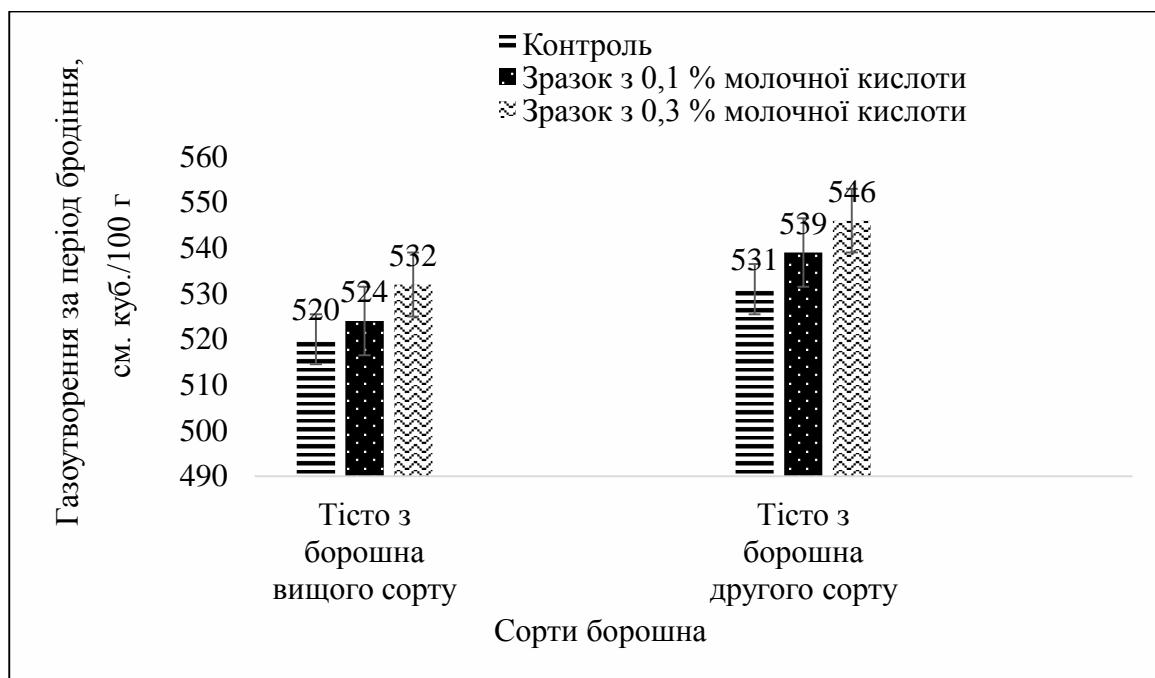
Тісто приготовлене із борошна другого гатунку характеризувалося більшою активністю мікробіоти, оскільки час підйомної сили його був менший, ніж за використання тіста вищого гатунку. Так, у зразку тіста з 0,3 % молочної кислоти, час підйомної сили становив  $38 \pm 1$  хв, що на 10 хв менше, порівняно з тістом з борошна вищого сорту з такою кількістю кислоти. Це вказує, що в біотехнології бродіння тіста приймає значна кількість мікрофлори борошна разом із дріжджами закваски.

Отже, у тісті з молочною кислотою 0,3 % від маси борошна зменшується час підйомної сили дріжджів, що в загальному знизить тривалість бродіння та скоротить технологічний процес виробництва Домашнього хліба

Міру активності дріжджової мікробіоти кірм величини титрованої кислотності, ще характеризує значення газоутворювальної здатності. Добра газоутворювальна здатність мікробіоти тіста виникає тоді, коли мікрофлора має достатню кількість доступних вуглеводів і протеїнів і в такому випадку проходять інтенсивні ферментативні процеси з накопиченням вуглекислого газу. Дослідження показника газоутворювальної здатності у тісті з різного борошна з 0,1 та 0,3 % молочної кислоти наведено на рис. 3.7.

Дослідження встановили (рис. 3.7.), що в загальному спостерігається динаміка, як у попередніх дослідах, суть якої, що біохімічні і мікробіологічні процеси у тісті з найвищим (0,3 %) вмістом молочної кислоти проходять найінтенсивніше. Це в свою чергу зумовлює збільшення виділення і накопичення у тісті вуглекислого газу. У тісті з борошна вищого сорту та вмістом молочної кислоти 0,3 % кількість накопиченого вуглекислого газу

була  $53,2 \pm 6,2 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ , що на  $12 \pm 1 \text{ см}^3/100 \text{ г}$  більше, ніж у контрольному тісті. Це вказує, що об'єм готового виробу буде більший з тіста, яке має найвищу газоутворювальну здатність.



**Рис. 3.7. Газоутворення у зразках тіста з двох сортів борошна і різним вмістом молочної кислоти**

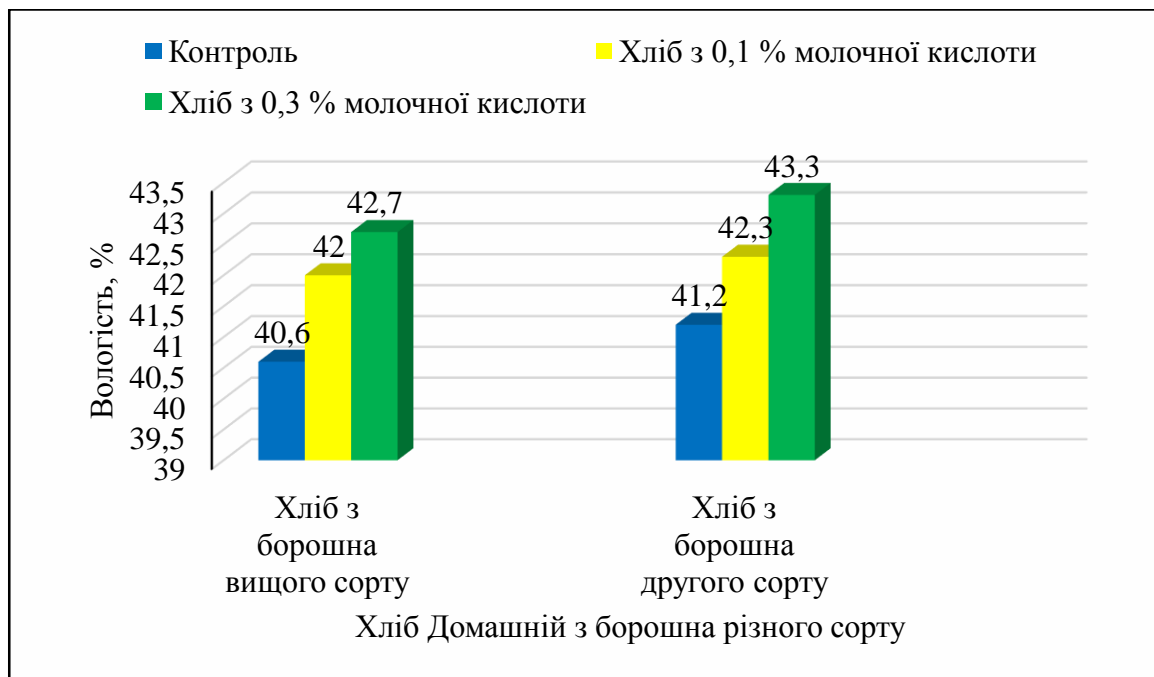
Загалом, проведені дані дослідження вказують, що додавання харчової молочної кислоти у кількості до 0,3 % від маси борошна, позитивно впливає на мікробіологічні процеси і біохіміз у тісті. Зокрема швидше накопичується продукти органічних кислот (кислотність), скорочується час бродіння та збільшується виділення вуглекислого газу.

### **3.5. Технологічні властивості свіжовипеченого хліба з різною концентрацією харчової молочної кислоти**

Враховуючи дані проведених експериментів мікробіологічних показників різних сортів борошна та біохімічних властивостей тіста під час бродіння з вмістом харчової молочної кислоти в концентрації від 0,1 % до 0,3 % нами було випечено зразки хліба Домашнього, які піддавалися подальшим дослідженням. Зокрема було визначено такі показники, як свіжого хліба, так і

під час зберігання: вологість, пористість, крихкуватість, кислотність, наявність збудників мікробіологічного псування.

На рисунку 3.8 наведено показники вологості свіжого хліба Домашнього з борошна вищого і другого сортів та з харчовою молочною кислотою.



**Рис. 3.8. Показники вологості свіжовипеченого хліба Домашнього з борошна вищого і другого сорту та з молочною кислотою**

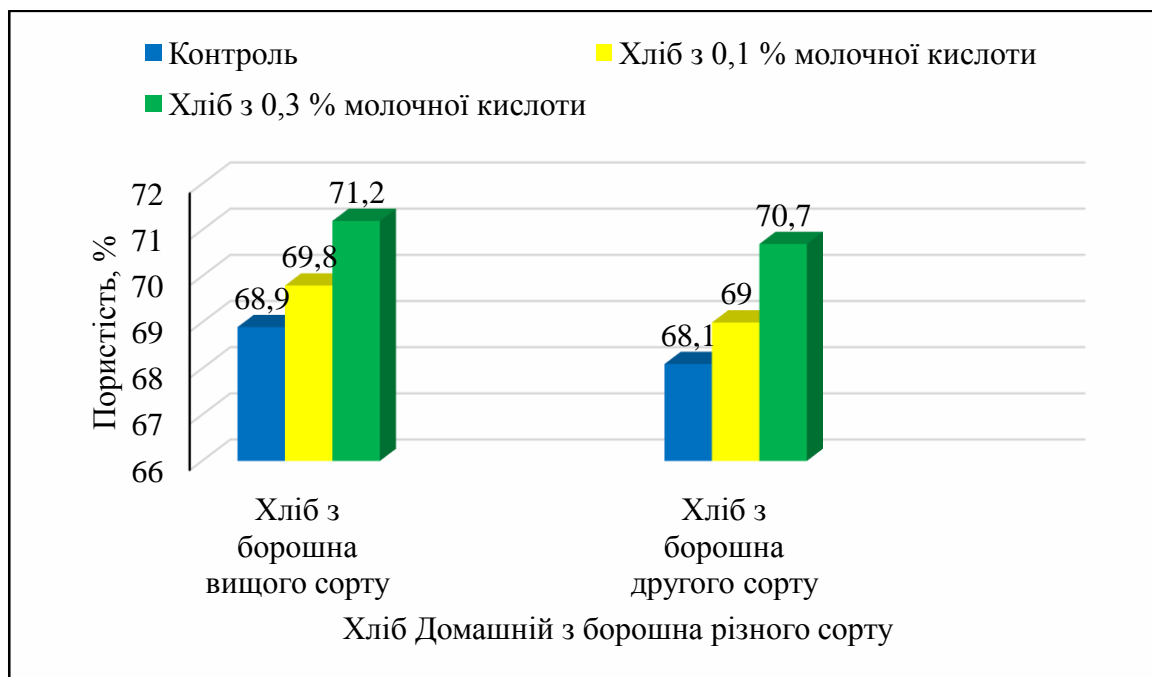
Дослідження показують (рис.3.8), що усі проби хліба Домашнього, які виготовлені на борошні вищого сорту і з вмістом молочної кислоти до 0,3 % за показником вологості мякуша задовільняли вимоги стандарту. Так як, вона становила  $42,0 \pm 0,1$  % та  $42,7 \pm 0,1$  % для хліба з 0,1 % та 0,3 % кислоти, відповідно. Водночас ДСТУ 7517:2014 [106] на даний вид хліба передбачає допустиму вологість до 43 %.

У варіанті хліба, які виготовлені з борошна другого сорту та з молочною кислотою значення показника вологості був більший, порівнюючи з хлібом із борошна вищого сорту, проте дане збільшення не було статистично вірогідне.

Так як, усі проби хліба з молочною кислотою відповідали стандарту за відносною вологістю.

Таким чином за визначеним показником – вологість усі проби свіжоспеченого хліба можна використовувати, оскільки не перевищують норму стандарту.

Стандартна величина, яка характеризує добрий процес виброджування та розстойки – це пористість хліба. Стандарт 7517:2014 [106], передбачає, щоб пористість Домашнього хліба була не нижче 68 %. Через те, що саме з пористістю хліба пов'язують його фізіологічна засвоюваність організмом. Хліб із високою пористістю, має тонку стінку, він вважається добре виброджений та краще розщеплюється травними ферментами і відповідно всмоктується. На рисунку 3.9 представлено наші результати щодо показників пористості у різних пробах хліба з молочною кислотою.



**Рис. 3.9. Показники пористості свіжовипеченого хліба Домашнього з борошна вищого і другого сорту та з молочною кислотою**

Дослідження показують (рис. 3.9), що величина пористості у зразках хліба виробленого з борошна вищого сорту та з молочною кислотою була

статистично вища, ніж у аналогічних пробах хліба з борошна другого сорту. Також видно, що збільшення вмісту молочної кислоти з 0,1 % до 0,3 % сприяє покращенню пористості свіжовипеченого хліба, оскільки на 1,4 % збільшується даний показник. У хлібі з 0,3 % молочної кислоти, пористість була на 2,3 % більша, як у контрольного зразка хліба з борошна вищого сорту.

У хлібі Домашньому з борошна другого сорту значення пористості також залежала від концентрації доданої молочної кислоти у технології виробництва виробу. Зокрема, у хлібі з 0,3 % молочної кислоти пористість становила  $70,7 \pm 0,2$  %, що на 2,6 % більше значення, ніж у контрольному хлібі без вмісту кислоти.

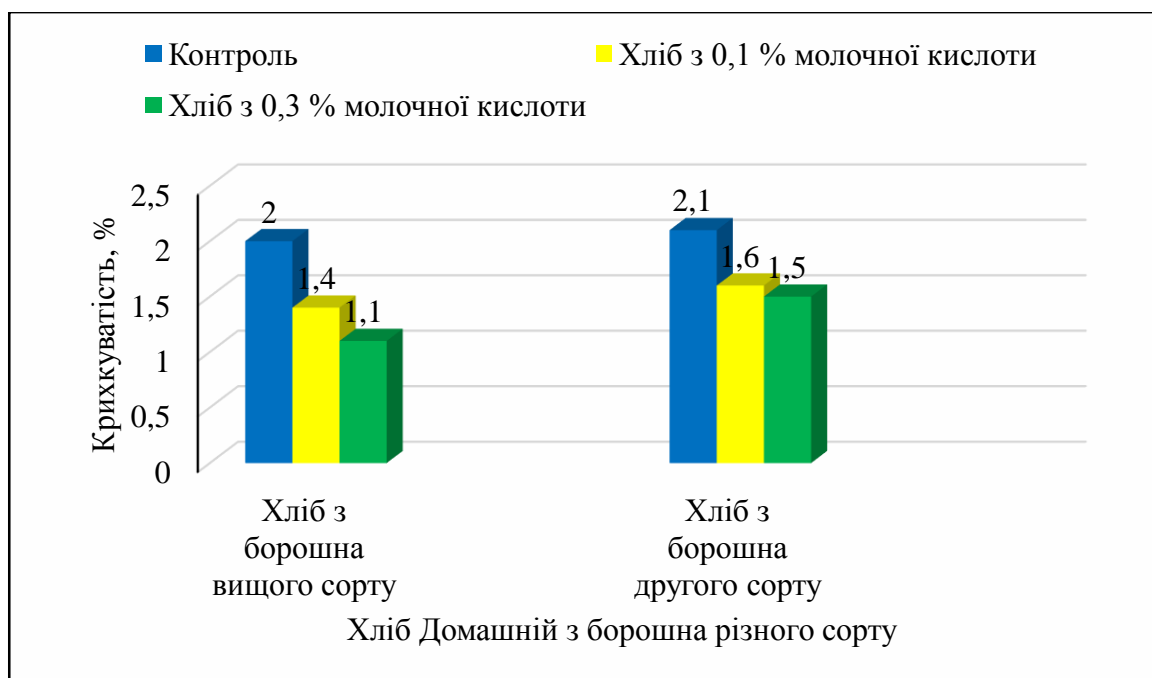
Отже, у всіх зразках хліба з молочною кислотою величина пористості була вища, ніж у контрольних зразках хліба Домашнього, що вказує на позитивний ефект від додавання даної кислоти у такій кількості (0,3 %). Це дає підставу вважати на добрий коеляційний зв'язок, між добавкою і величиною пористості.

Завданням нашої роботи є розробка хліба Домашнього підвищеної стійкості до зберігання. Величина, яка чітко і ґрунтовно описує міру черствіння хліба – це крихкуватість. Адже структурно-механічні властивості хліба обумовлюються і визначаються білково-вуглеводною фракцією тіста, яка характеризується вязко-пластичними характеристиками. Вважається, що чим менші показники крихкуватості у хлібі, тим кращі його органолептичні властивості будуть під час зберігання, тобто хліб у меншій мірі буде черствіти. На рис. 3.9 наведено отримані експериментальні значення, щодо величини крихкуватості хліба з харчовою молочною кислотою, та без неї.

Дослідження показують (рис. 3.10), що у свіжовипеченому хлібі вірогідної різниці, щодо крихкуватості виробів у контрольних зразках не спостерігається, так як вона становила  $2,0 \pm 0,1$  та  $2,1 \pm 0,1$  %, відповідно. У дослідних зразках свіжовипеченого хліба з борошна вищого сорту крихкуватість становила 1,4 % та 1,1 % у хлібі з вмістом 0,1 % та 0,3 % молочної кислоти, відповідно. Тобто додавання молочної кислоти, сприяло



зменшенню величини крихкуватості. Аналогічну тенденцію щодо зменшення крихкуватості спостерігали і у хлібі з борошна другого сорту.



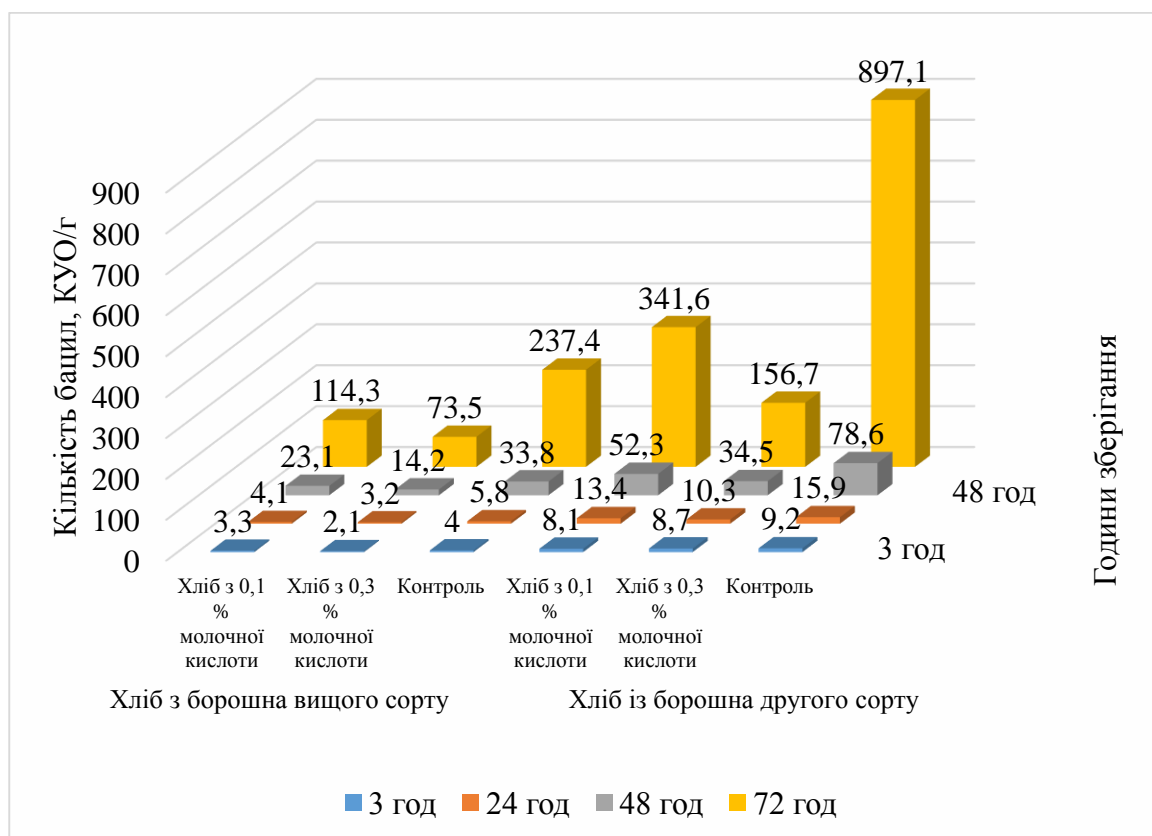
**Рис. 3.10. Показники крихкуватості свіжовипеченого хліба Домашнього з борошна вищого і другого сорту та з молочною кислотою**

Тобто, введення у рецептуру Домашнього хліба молочної кислоти у кількості 0,1 % та 0,3 % буде сприяти зменшенню на 0,9 % та 0,5 % величини крихкуватості свіжого хліба.

Як відомо на стійкість хліба до зберігання впливає мікробне забруднення виробів, особливо дріжджовою і спороутворюючою мікрофлорою. Враховуючи те, що найчастіше картопляна хвороба хліба уражає пшеничний хліб через його низьку кислотність, а бактерії спороутворюючої групи виживають у мякушці за його випікання. Тому дослідження були побудовані на з'ясування наявності мікробіоти у щойновипеченому хлібі та за моделювання умов зберігання за кімнатної температури, спороутворюючими і дріжджовими бактеріями (рис. 3.11).

Дослідження виявили (рис. 3.11), що за такої постановки досліду (зберігання хліба) відбуваються дві закономірні тенденції, перша полягає в тому, що кількість спороутворюючої мікробіоти за такого терміну зберігання

вірогідно збільшується ( $p < 0,05$ ) у змодельованих зразках хліба Домашнього, як у контролі, так в дослідних, які мали у своєму складі харчову молочну кислоту; друга полягає в тому, що в хлібі виробленому вмістом харчової молочної кислоти, наявність сінної і картопляної палички також статистично вірогідно менша, ніж у продукті без неї.



Примітка: \* $p < 0,05$  – щодо вмісту в контрольному зразку

**Рис. 3.11. Динаміка забруднення хліба спороутворюючими бактеріями в процесі зберігання**

Так, у контрольному хлібі за сприятливих температурних умов витримки ( $20 \pm 2$  °C) кількість спороутворюючих бактерій зростала протягом трьох добового зберігання майже в 60 разів. За таких самих умов, але в дослідному хлібі з 0,1 % молочної кислоти кількість баціл збільшилася в середньому в 35 разів, тобто в даному хлібі виявляли 2 рази менше бактерій. У хлібі виготовленому з додаванням 0,3 % молочної кислоти, кількість баціл через три доби приблизно в 3,2 рази менша, якщо порівнювати з продуктом без

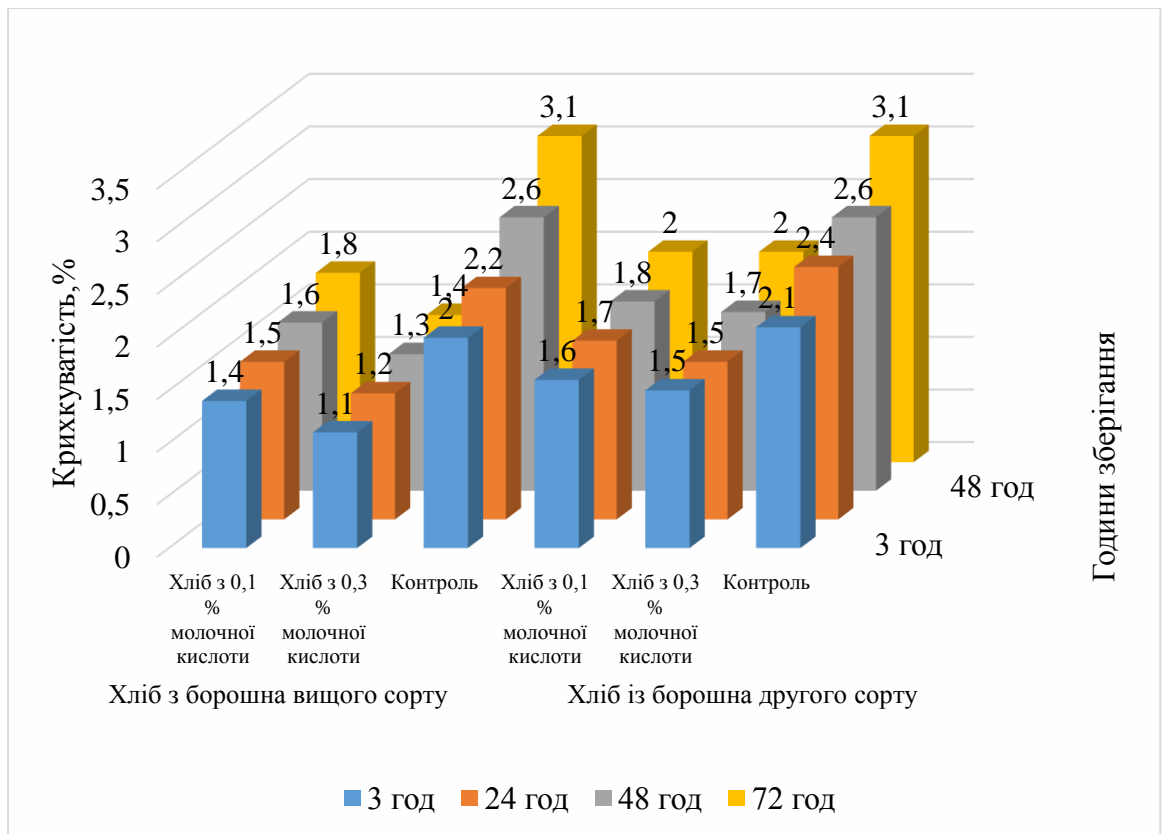
цього консерванта та близько в 1,6 раза, при порівнянні з виробом з 0,1 % харчової молочної кислоти.

Хоча дані літератури вказують [7], що для винекнення органолептичних вад хліба, які асоціюються з картопляною хворобою хліба, необхідно, щоб загальна кількість бацил (картоплянна і сінна паличка) становила, не менше 500 тис. КУО/г. На нашу думку такий чинник може скластися в тому випадку, коли борошно сильно забруднене даними мікроорганізмами та порушені, як температурний, так і вологистий режим зберігання, що є сприятливо для розвитку вегетативних форм.

Отже, встановлено, що при додаванні 0,3 % молочної кислоти від загальної кількості маси борошна за процесу замісу тіста, впливає позитивно на зниження інтенсивності розмноження споруутворюючих бактерій – збудників картопляної хвороби пшеничного хліба.

Також було досліджено зміну показника, який характеризує процес черствіння хліба за динаміки зберігання – це крихкуватість хліба (рис. 3.12).

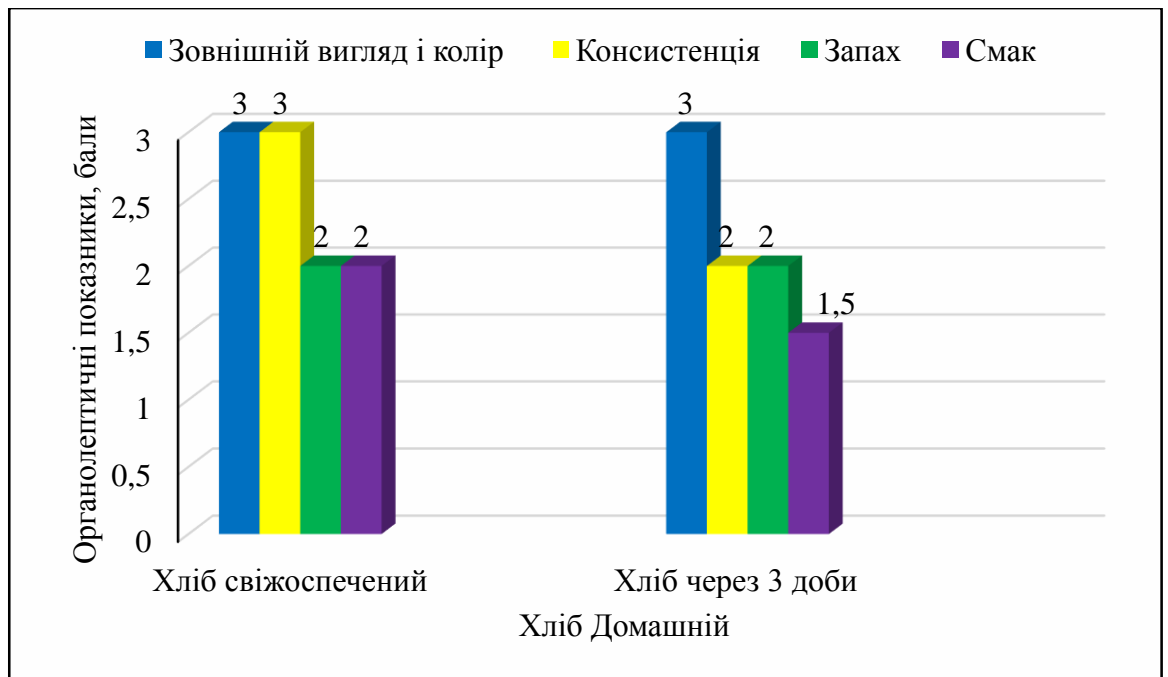
Дані рисунку закономірно вказують на зниження процесу черствіння – крихкуватості у зразках хліба з харчовою молочною кислотою. Зокрема, спостерігаємо найменшу крихкуватість у хлібі, який у своєму складі містив 0,3 % харчової молочної кислоти. При цьому у такому хлібі динаміка збільшення крихкуватості була найнижча за весь час зберігання його, а також порівнюючи з дослідним хлібом у якому кількість харчової молочної кислоти була не більше 0,1 %. Це вказує на позитивний ефект і синергічну дію харчової молочної кислоти разом із продуктами бродіння дріжджової закваски, яку ми додавали для виробництва нашого виробу. Тому наше рішення щодо додавання харчової молочної кислоти є цілком обгрунтоване та доцільне, оскільки органолептичні дані, в унісон доповнюють отриману загальну характеристику виробу (рис. 3.13).



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

**Рис. 3.12. Динаміка показника крихкуватості хліба в процесі зберігання**

Тільки через три доби за органолептичними показниками такий критерій, як смак зазнав деякого погіршення тому за проведення дегустації зменшено бальну оцінку на 0,5 одиниць. Проте це не впливає на високу базову оцінку за весь продукт навіть через три доби зберігання.



**Рис. 3.13. Органолептичні показники хліба Домашнього з борошна вищого сорту та з 0,3 % харчової молочної кислоти**

Загалом підсумовуючи наше експериментальне дослідження, відзначаємо, що коли необхідно покращити технологічні властивості борошна для виробництва хліба достатньо у рецептуру ввести 0,3 % харчової молочної кислоти. Такий технологічний прийом цілком є оправданий для збільшення тривалості зберігання і профілактики мікробіологічних вад.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Обґрунтовано доцільність та актуальність використання різної концентрації молочної кислоти у технології виробництва хліба Домашнього з борошна пшеничного вищого і другого сорту для зниження черствіння і мікробного псування.

2. Виявлено суттєве збільшення вмісту мікроорганізмів у борошні нижчого сорту. Тобто у нижчому сорті борошна, в середньому в 6 разів більша кількість мезофільних бактерій, ніж у вищому та від 4 до 5 разів виявляється більше бактерій роду *Bacillus*, що вимагає контролю їх у готових виробах для попередження виникнення мікробіологічного псування хліба.

3. Удосконалено технологію виробництва хліба Домашнього із підкислювачем – молочна кислота. Зокрема, підкислення тіста харчовою молочною кислотою сприяє активізації бродильних процесів та скороченню терміну бродіння тіста. У такому хлібі покращується пористість, знижується крихкуватість та мікробна стійкість за зберігання.

4. Хліб Домашній вироблений з 0,3 % харчової молочної кислоти дозволяє зберігати свіжість упродовж 3 доби, через те що крихкуватість та мікроорганізми значно не зростають.

5. Пропонується у технології хліба Домашнього застосовувати 0,3 % харчової молочної кислоти від маси борошна.

## РОЗДІЛ 4

# ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1. Охорона праці

#### 4.1.1. Мікроклімат виробничих приміщень

Мікроклімат виробничих приміщень – це метеорологічні умови внутрішнього середовища цих приміщень, які визначаються спільною дією на організм людини температури, вологості, швидкості руху повітря та теплового випромінювання [110].

Продуктивність праці та самопочуття працюючих залежать від стану довкілля і передусім від змін температури, швидкості руху повітря, атмосферного тиску, теплового випромінювання [111].

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

*Робоча зона* – простір, в якому знаходяться робочі місця постійного або тимчасового перебування працівників [112].

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

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

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

За високої температури та вологості може трапитися перегрів тіла, навіть тепловий удар. Тепловий удар може бути викликаний також інфрачервоним випромінюванням прямих сонячних променів. Висока температура у виробничому приміщенні призводить до інтенсивного

перерозподілу крові від внутрішніх органів до шкіри. Змінюється діяльність серцево-судинної системи, пульс прискорюється і може досягти 100 ударів на хвилину, що спричинює інтенсивне потовиділення, розширення судин шкіри. Фізична робота в умовах підвищеної температури призводить до різкого прискорення серцебиття. Артеріальний тиск падає, дихання прискорюється [110, 111].

За низької температури може статися переохолодження організму, що може призвести до простудного захворювання. В умовах дії низьких температур поверхневі судини м'язів і шкіри рук, ніг, обличчя звужуються. Це призводить до зниження кровотоку на всіх ділянках тіла людини. Підвищується в'язкість крові, що зменшує її приток до переохолодженої поверхні [112].

Рух повітря здійснює одночасно термічний і механічний вплив. Мінімальна швидкість повітряного потоку, що відчувається людиною, – 0,2 м/с [110].

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

Усі роботи залежно від фізичного навантаження поділяються на 3 категорії: легкі, середньої важкості та важкі [110-112].

*Легкі фізичні роботи:*

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

категорія 1б – роботи, що ведуться сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням і супроводжуються незначним фізичним напруженням (окремі професії в поліграфічній промисловості, на підприємствах зв'язку, контролери, майстри різних виробництв тощо). Витрати енергії при виконанні легких фізичних робіт не перевищують 150 кКал/год.



Роботи фізичні *середньої* важкості:

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

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

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

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

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

Температуру, відносну вологість та швидкість руху повітря міряють на висоті 1,0 м від підлоги або робочого майданчика при роботах, що виконуються сидячи, і на висоті 1,5 м — при роботах, що виконуються стоячи [112].

Температуру у виробничому приміщенні заміряють ртутним або спиртовим термометрами. Для вимірювання вологості використовують *гігрометри, гігрографи і психрометри*. Найпоширеніші стаціонарні психрометри Августа й Асмана. Швидкість руху повітря вимірюють здебільшого *анемометрами*. Рівень шкідливих і небезпечних умов праці на промислових підприємствах, у робочій зоні визначають санітарні лабораторії цих підприємств або лабораторії санітарно-епідеміологічних

станцій. Для цього використовують відповідні прилади. Наприклад, рівень вібрації визначають вимірювачами шуму і вібрації (ВИП-2, ИИВ-1, ВШВ-003) тощо [110-112].

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

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

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

У загальному організація безперебійного забезпечення населення продовольством, питною водою і предметами першої необхідності - є одним з головних питань у роботі органів цивільного захисту від НС мирного і воєнного часу [113 – 115]. Їжа, вода, незаражене повітря, а в холодний час і тепло є основними факторами життєзабезпечення населення взагалі.

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

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

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

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

□ пристосування лабораторій харчових підприємств і санепідемстанцій до проведення аналізів на забруднення (зараження) продуктів харчування і води радіоактивними, ОР і бактеріальними засобами [113 – 115].

Для забезпечення захисту харчової сировини і продовольства проводиться додаткова герметизація складів, сховищ і холодильників, а також широке застосування пакувальних матеріалів і різних видів тари, що відповідають певним санітарно-гігієнічним вимогам та мають захисні властивості від радіоактивних і хімічних речовин та бактеріальних засобів і достатню механічну міцність [113].

Захист продуктів від радіоактивних і отруйних речовин, бактеріологічних (біологічних) засобів при зберіганні, в процесі їх технологічної переробки, транспортування і реалізації, а також вододжерел і систем водопостачання від РР, ОР і БЗ є одним з важливих завдань цивільного захисту в усіх ланках, де розв'язуються ці питання. Це обумовлюється тим, що з зараженими продуктами і водою радіоактивні отруйні речовини і бактеріальні засоби можуть потрапити в організм людини і викликати небезпечні захворювання і ураження. Найбільшу небезпеку створює потрапляння радіоактивних речовин всередину організму з забрудненою їжею і водою, тому що потрапляння їх у кількостях, більших за встановлені, викликає променеву хворобу [114].

Бойові і сильнодіючі отруйні речовини (ОР) являють собою небезпеку для забруднення незахищеного продовольства, води, фуражу в усіх варіантах їх застосування – краплиннорідкому, твердому (у вигляді аерозолів - туману, диму) і у газоподібному (пароподібному) стані [114, 115]. Краплини рідких ОР і аерозолів (останні меншою мірою) проникають у таропакувальні матеріали із дерева на глибину до 5-20 мм, фанери - 3-4 мм і просочують брезент, картон, чотирьох-п'ятишаровий папір, багато з полімерних плівок, мішкову тканину. Розчиняючись і всмоктуючись вони заражують незахищені продукти. Глибина проникнення ОР у продукти харчування, особливо сипкі, у декілька разів

більше, ніж у таропакувальні матеріали, при цьому в твердих жирах, маслі вершковому, комбіжирі, маргарині вона поступово збільшується [113 – 115].

Харчові продукти, що знаходяться в осередку бактеріологічного ураження, при зберіганні на відкритих майданчиках і у не герметичних приміщеннях піддаються небезпеці зараження збудниками інфекційних хвороб, перш за все не упаковані в тару або не герметично запаковані продукти харчування. На зараженій території бактеріальні рецептури тривалий час зберігають свої властивості ураження, особливо за низьких температур і у похмуру погоду (декілька тижнів і більше). Вони можуть виживати і на внутрішніх поверхнях приміщень і тари, а також у різних харчових продуктах, де мікроорганізми активно розмножуються. Наприклад, збудник холери зберігається у вершковому маслі - до 20-30 діб. Таким чином, щоб зберегти від зараження радіоактивними, отруйними речовинами і бактеріальними засобами продукти харчування, фураж і воду, необхідно перш за все максимально ізолювати їх від зовнішнього середовища [113 – 115].

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

До вищої категорії належать тара, що захищає від радіоактивних, отруйних речовин і бактеріальних засобів. Це герметично закрита металева, скляна тара і деякі види дерев'яної і полімерної тари: фляги з гумовою кільцевою прокладкою; діжки сталеві зварювальні і дерев'яні заливні; банки для консервів; банки із кришкою, що знімається, і прокладкою із фольги, яка прокатана; труби алюмінієві; банки скляні, закатані жерстяними кришками; пляшки з вузькою шийкою, герметичне закриті металевими капсулами або закупорені щільними корковими (поліетиленовими) пробками і алюмінієвими ковпачками; пакети із комбінованого матеріалу, паперу, фольги, поліетилену [113 – 115].

Тара першої категорії, що захищає продовольство від бактеріальних засобів і радіоактивних речовин: діжки дерев'яні сухо-тарні; ящики дощаті з поліетиленовими вкладишами, банки і пакети із комбінованого матеріалу (для

пакування концентратів круп, молока); пляшки з поліхлорвінілу для рослинної олії та ін.

До другої категорії тари, що захищає продовольство тільки від радіоактивних речовин, належать: ящики; барабани дерев'яні без поліетиленових вкладишів, багат шарові паперові мішки тощо. Найбільш перспективною як покривальний матеріал є відносно дешева плівка із поліетилену високого тиску (низької густини). Вона охороняє продукти від зараження радіоактивних речовин і частково від отруйних речовин і бактеріальних засобів. М'ясо, масло, ковбасу, рибу можна зберегти від зараження в домашніх холодильниках. Для більшої надійності їх укладають у поліетиленові пакети, а вершкове масло - у скляні або металеві банки із кришками, що щільно закриваються. Усі види продуктів, що знаходяться у металевих або скляних консервних банках, а також у посуді, що герметично закривається, зараженню, у тому числі отруйними речовинами і бактеріальними засобами, не піддаються. У випадку необхідності така тара швидко знезаражується [113 – 115].

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

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

інженерна і комунально-технічна служби цивільного захисту та їх формування [113 – 115].

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

Для забезпечення захисту харчової сировини і продовольства проводиться додаткова герметизація складів, сховищ і холодильників, а також широке застосування пакувальних матеріалів і різних видів тари, що відповідають певним санітарно-гігієнічним вимогам та мають захисні властивості від радіоактивних і хімічних речовин та бактеріальних засобів і достатню механічну міцність [113 – 115].

Забруднене (заражене) радіоактивними, хімічними речовинами і бактеріальними засобами вершкове масло підлягає обов'язковому обеззаражуванню і контролю ступеню зараження до відповідних допустимих величин. Велике значення має сучасна підготовка до проведення знезараження продовольства і харчової сировини, у тому числі підготовка об'єктних лабораторій до проведення контролю за зараженістю продуктів, комплектування їх спеціальними приладами і обладнанням, створення і навчання невоєнізованих формувань по знезараженню. Після виникнення надзвичайних ситуацій передбачаються необхідні заходи щодо знезараження продовольства, а також щодо їх знищення у тих випадках, коли вони не підлягають знезараженню [113 – 115].

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Setlow, P. (2006). Spores of *Bacillus subtilis*: their resistance to and killing by radiation, heat and chemicals. *Journal of applied microbiology*, 101(3), 514-525.
2. Kukhtyn, M., Kravchenyuk, K., Selskyi, V., Pokotylo, O., Vichko, O., Kopchak, N., & Hmelar, A. (2022). Evaluation of spontaneous fermentation with basil content in the technology of rye-wheat bread production. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 24(97), 14–19.
3. Menteş, Ö., Ercan, R., & Akçelik, M. (2007). Inhibitor activities of two *Lactobacillus* strains, isolated from sourdough, against rope-forming *Bacillus* strains. *Food Control*, 18(4), 359-363.
4. Valerio, F., De Bellis, P., Lonigro, S. L., Visconti, A., & Lavermicocca, P. (2008). Use of *Lactobacillus plantarum* fermentation products in bread-making to prevent *Bacillus subtilis* ropy spoilage. *International journal of food microbiology*, 122(3), 328-332.
5. Behling, R. G., Eifert, J., Erickson, M. C., Gurtler, J. B., Kornacki, J. L., Line, E., ... & Yan, Z. (2010). Selected pathogens of concern to industrial food processors: infectious, toxigenic, toxico-infectious, selected emerging pathogenic bacteria. In *Principles of microbiological troubleshooting in the industrial food processing environment* (pp. 5-61). Springer, New York, NY.
6. Sorokulova, I. B., Reva, O. N., Smirnov, V. V., Pinchuk, I. V., Lapa, S. V., & Urdaci, M. C. (2003). Genetic diversity and involvement in bread spoilage of *Bacillus* strains isolated from flour and ropy bread. *Letters in applied microbiology*, 37(2), 169-173.
7. Vaičiulytė-Funk, L., Žvirdauskienė, R., Šalomskienė, J., & Šarkinas, A. (2015). The effect of wheat bread contamination by the *Bacillus* genus bacteria on the quality and safety of bread. *Zemdirbyste-Agriculture*, 102(3), 351-358.
8. Войтко, Х., & Кухтин, М. Д. (2021). Вплив хімічних засобів на збудників хвороб хліба. *Тези доповідей I Міжнародної науково-технічної*

конференції „Якість води: біомедичні, технологічні, агропромислові і екологічні аспекти“, 48-48.

9. Thompson, J. M., Waites, W. M., & Dodd, C. E. R. (1998). Detection of rope spoilage in bread caused by *Bacillus* species. *Journal of Applied Microbiology*, 85(3), 481-486.

10. Dewettinck, K., Van Bockstaele, F., Kühne, B., Van de Walle, D., Courtens, T. M., & Gellynck, X. (2008). Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 243-257.

11. 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

12. Вічко, О. І., Кухтин, М. Д., Беркевич, О., Горюк, Ю., & Горюк, В. (2016). Main Microbiological and Biological Properties of Microbial Associations of “*Lactomyces tibeticus*”.

13. Kukhtyn, M. D., Kovalenko, V. L., Horyuk, Y. V., Horyuk, V. V., & Stravskyy, Y. S. (2016). Bacterial biofilms formation of Cattle mastitis pathogens. *Journal for veterinary medicine, biotechnology and biosafety*, (2, Iss. 4), 30-32.

14. Heyndrickx, M. (2011). The importance of endospore-forming bacteria originating from soil for contamination of industrial food processing. *Applied and Environmental Soil Science*, 2011.

15. Zhang, J. L., Aziz, M., Qiao, Y., Han, Q. Q., Li, J., Wang, Y. Q., ... & Paré, P. W. (2014). Soil microbe *Bacillus subtilis* (GB03) induces biomass accumulation and salt tolerance with lower sodium accumulation in wheat. *Crop and Pasture Science*, 65(5), 423-427.

16. Needham, R., Williams, J., Beales, N., Voysey, P., & Magan, N. (2005). Early detection and differentiation of spoilage of bakery products. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 106(1), 20-23.



17. Fangio, M. F., Roura, S. I., & Fritz, R. (2010). Isolation and identification of *Bacillus* spp. and related genera from different starchy foods. *Journal of food science*, 75(4), M218-M221.
18. Sakalauskas, S., Kačergius, A., Janušauskaitė, D., & Čitavičius, D. (2014). Bacteria with a broad-spectrum of antagonistic activity against pathogenic fungi of cereals. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101(2), 185-192.
19. Voysey, P. A., & Hammond, J. C. (1993). Reduced-additive breadmaking technology. In *Technology of reduced-additive foods* (pp. 80-94). Springer, Boston, MA.
20. Хмеляр, А., & Кухтин, М. Д. (2021). Дослідження активності житньо-пшеничної закваски з екстрактом базиліку. *Тези доповідей I Міжнародної науково-технічної конференції „Якість води: біомедичні, технологічні, агропромислові і екологічні аспекти“*, 30-30.
21. Brul, S., van Beilen, J., Caspers, M., O'Brien, A., de Koster, C., Oomes, S., ... & Ter Beek, A. (2011). Challenges and advances in systems biology analysis of *Bacillus* spore physiology; molecular differences between an extreme heat resistant spore forming *Bacillus subtilis* food isolate and a laboratory strain. *Food microbiology*, 28(2), 221-227.
22. Бергілевич, О. М., Касянчук, В. В., Власенко, І. Г., & Кухтін, М. Д. (2010). Мікробіологія молока і молочних продуктів. *Суми: Університетська книга*.
23. Salata, V., Kukhtyn, M., Pekriy, Y., Horiuk, Y., & Horiuk, V. (2018). Activity of washing-disinfecting means “San-active” for sanitary treatment of equipment of meat processing enterprises in laboratory and manufacturing conditions. *Ukrainian journal of veterinary and agricultural sciences*, 1(1), 10-16.
24. Kukhtyn, M., Vichko, O., Kravets, O., Karpyk, H., Shved, O., & Novikov, V. (2018). Biochemical and microbiological changes during fermentation and storage of a fermented milk product prepared with Tibetan Kefir Starter. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 68(4).

25. Iurlina, M. O., Saiz, A. I., Fuselli, S. R., & Fritz, R. (2006). Prevalence of *Bacillus* spp. in different food products collected in Argentina. *LWT-Food Science and Technology*, 39(2), 105-110.

26. Aydin, A., Paulsen, P., & SMULDERS, F. J. M. (2009). The physico-chemical and microbiological properties of wheat flour in Thrace. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33(5), 445-454.

27. Лялик, А., Бейко, Л., Кухтин, М., & Покотило, О. (2021). Використання лляної олії у виробництві харчових продуктів. *Вісник аграрної науки*, 99(3), 78-83.

28. Taglieri, I., Sanmartin, C., Venturi, F., Macaluso, M., Zinnai, A., Tavarini, S., ... & Angelini, L. G. (2020). Effect of the leavening agent on the compositional and sensorial characteristics of bread fortified with flaxseed cake. *Applied Sciences*, 10(15), 5235.

29. Różyło, R., Rudy, S., Krzykowski, A., & Dzikowski, D. (2015). Novel application of freeze-dried amaranth sourdough in gluten-free bread production. *Journal of Food Process Engineering*, 38(2), 135-143.

30. Faustino, M., Veiga, M., Sousa, P., Costa, E. M., Silva, S., & Pintado, M. (2019). Agro-food byproducts as a new source of natural food additives. *Molecules*, 24(6), 1056.

31. Martínez-Castaño, M., Lopera-Idarraga, J., Pazmiño-Arteaga, J., & Gallardo-Cabrera, C. (2020). Evaluation of the behaviour of unripe banana flour with non-conventional flours in the production of gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, 26(2), 160-172.

32. Chelladurai, V., & Jayas, D. S. (2018). *Nanoscience and nanotechnology in foods and beverages*. CRC Press.

33. Axel, C., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2017). Mold spoilage of bread and its biopreservation: A review of current strategies for bread shelf life extension. *Critical Reviews in food science and nutrition*, 57(16), 3528-3542.

34. Рудь, А., Кухтин, М. Д., & Кравченко, Х. (2021). Нові види борошна в технології виробництва хліба і хлібобулочних виробів. *Тези доповідей I*

Міжнародної науково-технічної конференції „Якість води: біомедичні, технологічні, агропромислові і екологічні аспекти “, 29-29.

35. Fadda, C., Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Collar, C., & Piga, A. (2014). Bread staling: Updating the view. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 473-492.

36. Nicoli, M. C. (2012). An introduction to food shelf life: Definitions, basic concepts, and regulatory aspects. *Shelf life assessment of food*, 1-16.

37. Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., & El-Khoury, A. (2004). Shelf life and safety concerns of bakery products—a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 44(1), 19-55.

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

39. Li, Z., Wu, J., Zhang, B., Wang, F., Ye, X., Huang, Y., ... & Cui, Z. (2015). AmyM, a novel maltohexaose-forming  $\alpha$ -amylase from *Coralococcus* sp. strain EGB. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(6), 1977-1987.

40. Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., Calasso, M., Archetti, G., & Rizzello, C. G. (2019). Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation. *International journal of food microbiology*, 302, 103-113.

41. Axel, C., Brosnan, B., Zannini, E., Peyer, L. C., Furey, A., Coffey, A., & Arendt, E. K. (2016). Antifungal activities of three different *Lactobacillus* species and their production of antifungal carboxylic acids in wheat sourdough. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(4), 1701-1711.

42. Pareyt, B., Finnie, S. M., Putseys, J. A., & Delcour, J. A. (2011). Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science*, 54(3), 266-279.

43. Lai, W. T., Khong, N. M., Lim, S. S., Hee, Y. Y., Sim, B. I., Lau, K. Y., & Lai, O. M. (2017). A review: Modified agricultural by-products for the

development and fortification of food products and nutraceuticals. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 148-160.

44. Cardoso, R. V., Fernandes, Â., González-Paramás, A. M., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2019). Flour fortification for nutritional and health improvement: A review. *Food Research International*, 125, 108576.

45. Shubham, K., Anukiruthika, T., Dutta, S., Kashyap, A. V., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2020). Iron deficiency anemia: A comprehensive review on iron absorption, bioavailability and emerging food fortification approaches. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 58-75.

46. Monteau, J. Y., Purlis, E., Besbes, E., Jury, V., & Le-Bail, A. (2017). Water transfer in bread during staling: Physical phenomena and modelling. *Journal of Food Engineering*, 211, 95-103.

47. Ottenhof, M. A., & Farhat, I. A. (2004). The effect of gluten on the retrogradation of wheat starch. *Journal of Cereal Science*, 40(3), 269-274.

48. Fadda, C., Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Collar, C., & Piga, A. (2014). Bread staling: Updating the view. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 473-492.

49. Peng, B., Li, Y., Ding, S., & Yang, J. (2017). Characterization of textural, rheological, thermal, microstructural, and water mobility in wheat flour dough and bread affected by trehalose. *Food Chemistry*, 233, 369-377.

50. Ferrero, C. (2017). Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. *Food Hydrocolloids*, 68, 15-22.

51. Wang, S., Li, C., Copeland, L., Niu, Q., & Wang, S. (2015). Starch retrogradation: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(5), 568-585.

52. 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.

53. Gray, J. A., & Bemiller, J. N. (2003). Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2(1), 1-21.

54. Amigo, J. M., del Olmo Alvarez, A., Engelsen, M. M., Lundkvist, H., & Engelsen, S. B. (2016). Staling of white wheat bread crumb and effect of maltogenic  $\alpha$ -amylases. Part 1: Spatial distribution and kinetic modeling of hardness and resilience. *Food chemistry*, 208, 318-325.

55. Amigo, J. M., Del Olmo, A., Engelsen, M. M., Lundkvist, H., & Engelsen, S. B. (2019). Staling of white wheat bread crumb and effect of maltogenic  $\alpha$ -amylases. Part 2: Monitoring the staling process by using near infrared spectroscopy and chemometrics. *Food chemistry*, 297, 124946.

56. Zhang, L., Li, Z., Qiao, Y., Zhang, Y., Zheng, W., Zhao, Y., ... & Cui, Z. (2019). Improvement of the quality and shelf life of wheat bread by a maltohexaose producing  $\alpha$ -amylase. *Journal of cereal science*, 87, 165-171.

57. Zhang, Y., Li, D., Yang, N., Jin, Z., & Xu, X. (2018). Comparison of dextran molecular weight on wheat bread quality and their performance in dough rheology and starch retrogradation. *Lwt*, 98, 39-45.

58. Ding, S., Peng, B., Li, Y., & Yang, J. (2019). Evaluation of specific volume, texture, thermal features, water mobility, and inhibitory effect of staling in wheat bread affected by maltitol. *Food Chemistry*, 283, 123-130.

59. Shah, N. N., Raut, A., Yedage, S. L., Bhanage, B. M., & Singhal, R. S. (2018). Synthesis and evaluation of n-octenyl succinylated guar gum as an anti-staling agent in bread. *LWT*, 93, 368-375.

60. Kang, N., Reddy, C. K., Park, E. Y., Choi, H. D., & Lim, S. T. (2018). Antistaling effects of hydrocolloids and modified starch on bread during cold storage. *LWT*, 96, 13-18.

61. Yu, W., Xu, D., Li, D., Guo, L., Su, X., Zhang, Y., ... & Xu, X. (2019). Effect of pigskin-originated gelatin on properties of wheat flour dough and bread. *Food Hydrocolloids*, 94, 183-190.

62. Gänzle, M., & Gobbetti, M. (2013). Physiology and biochemistry of lactic acid bacteria. In *Handbook on sourdough biotechnology* (pp. 183-216). Springer, Boston, MA.

63. Torrieri, E., Pepe, O., Ventorino, V., Masi, P., & Cavella, S. (2014). Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread. *LWT-Food Science and Technology*, 56(2), 508-516.

64. Kulp, K. (2003). Baker, s yeast and Sourdough technologies in the production of US Bread products In: kulp, K. and Lorenz, K.(eds). Handbook of dough fermentations.

65. Coda, R., Rizzello, C. G., Di Cagno, R., Trani, A., Cardinali, G., & Gobbetti, M. (2013). Antifungal activity of *Meyerozyma guilliermondii*: identification of active compounds synthesized during dough fermentation and their effect on long-term storage of wheat bread. *Food microbiology*, 33(2), 243-251.

66. Heitmann, M., Zannini, E., & Arendt, E. (2018). Impact of *Saccharomyces cerevisiae* metabolites produced during fermentation on bread quality parameters: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(7), 1152-1164.

67. Wahyono, A., Kang, W. W., & Park, H. D. (2015). Characterization and application of *Torulaspora delbrueckii* JK08 and *Pichia anomala* JK04 as baker's yeasts. *Journal of Food & Nutrition Research*, 54(3).

68. Mo, E. K., & Sung, C. K. (2014). Production of white pan bread leavened by *Pichia anomala* SKM-T. *Food Science and Biotechnology*, 23(2), 431-437.

69. Omedi, J. O., Huang, W., Zhang, B., Li, Z., & Zheng, J. (2019). Advances in present-day frozen dough technology and its improver and novel biotech ingredients development trends—A review. *Cereal Chemistry*, 96(1), 34-56.

70. Tsolmonbaatar, A., Hashida, K., Sugimoto, Y., Watanabe, D., Furukawa, S., & Takagi, H. (2016). Isolation of baker's yeast mutants with proline accumulation that showed enhanced tolerance to baking-associated stresses. *International journal of food microbiology*, 238, 233-240.

71. Nionelli, L., & Rizzello, C. G. (2016). Sourdough-based biotechnologies for the production of gluten-free foods. *Foods*, 5(3), 65.

72. Venturi, F., Sanmartin, C., Taglieri, I., Nari, A., & Andrich, G. (2016). Effect of the baking process on artisanal sourdough bread-making: A technological

and sensory evaluation. *Effect of the baking process on artisanal sourdough bread-making: a technological and sensory evaluation*, 222-234.

73. Katina, K. (2005). Sourdough: a tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread.

74. Axel, C., Röcker, B., Brosnan, B., Zannini, E., Furey, A., Coffey, A., & Arendt, E. K. (2015). Application of *Lactobacillus amylovorus* DSM19280 in gluten-free sourdough bread to improve the microbial shelf life. *Food Microbiology*, 47, 36-44.

75. Quattrini, M., Liang, N., Fortina, M. G., Xiang, S., Curtis, J. M., & Gänzle, M. (2019). Exploiting synergies of sourdough and antifungal organic acids to delay fungal spoilage of bread. *International journal of food microbiology*, 302, 8-14.

76. Luz, C., D'Opazo, V., Mañes, J., & Meca, G. (2019). Antifungal activity and shelf life extension of loaf bread produced with sourdough fermented by *Lactobacillus* strains. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(10), e14126.

77. Sun, L., Li, X., Zhang, Y., Yang, W., Ma, G., Ma, N., ... & Pei, F. (2020). A novel lactic acid bacterium for improving the quality and shelf life of whole wheat bread. *Food Control*, 109, 106914.

78. Di Monaco, R., Torrieri, E., Pepe, O., Masi, P., & Cavella, S. (2015). Effect of sourdough with exopolysaccharide (EPS)-producing lactic acid bacteria (LAB) on sensory quality of bread during shelf life. *Food and Bioprocess Technology*, 8(3), 691-701.

79. Belz, M. C., Axel, C., Arendt, E. K., Lynch, K. M., Brosnan, B., Sheehan, E. M., ... & Zannini, E. (2019). Improvement of taste and shelf life of yeasted low-salt bread containing functional sourdoughs using *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280 and *Weisella cibaria* MG1. *International journal of food microbiology*, 302, 69-79.

80. Hermann, M., Petermeier, H., & Vogel, R. F. (2015). Development of novel sourdoughs with in situ formed exopolysaccharides from acetic acid bacteria. *European Food Research and Technology*, 241(2), 185-197.

81. Chen, X. Y., Levy, C., & Gänzle, M. G. (2016). Structure-function relationships of bacterial and enzymatically produced reuterans and dextran in sourdough bread baking application. *International Journal of Food Microbiology*, 239, 95-102.
82. Tieking, M., & Gänzle, M. G. (2005). Exopolysaccharides from cereal-associated lactobacilli. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 79-84.
83. Sánchez-Pardo, M. E., Blancas-Nápoles, J. A., Vázquez-Landaverde, P. A., Nari, A., & Taglieri, I. (2016). The use of Mexican xaxtle as leavening agent in Italian straight dough bread making to produce pulque bread. *The use of Mexican xaxtle as leavening agent in Italian straight dough bread making to produce pulque bread*, 329-342.
84. Oshiro, M., Momoda, R., Tanaka, M., Zendo, T., & Nakayama, J. (2019). Dense tracking of the dynamics of the microbial community and chemicals constituents in spontaneous wheat sourdough during two months of backslopping. *Journal of bioscience and bioengineering*, 128(2), 170-176.
85. Stefanello, R. F., Machado, A. A. R., Cavalheiro, C. P., Santos, M. L. B., Nabeshima, E. H., Copetti, M. V., & Fries, L. L. M. (2018). Trehalose as a cryoprotectant in freeze-dried wheat sourdough production. *LWT*, 89, 510-517.
86. Reale, A., Di Renzo, T., Preziuso, M., Panfili, G., Cipriano, L., & Messina, M. C. (2019). Stabilization of sourdough starter by spray drying technique: New breadmaking perspective. *LWT*, 99, 468-475.
87. Lattanzi, A., Minervini, F., & Gobbetti, M. (2014). Assessment of comparative methods for storing type-I wheat sourdough. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 948-955.
88. De Benoist, B., Dary, O., & Hurrell, R. (2006). *Guidelines on food fortification with micronutrients* (Vol. 126). L. Allen (Ed.). Geneva: World Health Organization.
89. Aminzare, M., Hashemi, M., Hassanzadazar, H., & Hejazi, J. (2016). The use of herbal extracts and essential oils as a potential antimicrobial in meat and meat products; a review. *Journal of Human, Environment and Health Promotion*, 1(2), 63-74.



90. Latif, A., Masood, T., & Khan, H. A. (2005). Quality improvement and shelf life extension of bread. *J. Agric. Soc. Sci*, *1*, 109-113.
91. Xu, J., Wang, W., & Li, Y. (2019). Dough properties, bread quality, and associated interactions with added phenolic compounds: A review. *Journal of functional foods*, *52*, 629-639.
92. Ranawana, V., Campbell, F., Bestwick, C., Nicol, P., Milne, L., Duthie, G., & Raikos, V. (2016). Breads fortified with freeze-dried vegetables: quality and nutritional attributes. Part II: breads not containing oil as an ingredient. *Foods*, *5*(3), 62.
93. Ranawana, V., Campbell, F., Bestwick, C., Nicol, P., Milne, L., Duthie, G., & Raikos, V. (2016). Breads fortified with freeze-dried vegetables: quality and nutritional attributes. Part II: breads not containing oil as an ingredient. *Foods*, *5*(3), 62.
94. Boukid, F., Zannini, E., Carini, E., & Vittadini, E. (2019). Pulses for bread fortification: A necessity or a choice?. *Trends in Food Science & Technology*, *88*, 416-428.
95. Millar, K. A., Barry-Ryan, C., Burke, R., McCarthy, S., & Gallagher, E. (2019). Dough properties and baking characteristics of white bread, as affected by addition of raw, germinated and toasted pea flour. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *56*, 102189.
96. Pontonio, E., Dingeo, C., Di Cagno, R., Blandino, M., Gobbetti, M., & Rizzello, C. G. (2020). Brans from hull-less barley, emmer and pigmented wheat varieties: From by-products to bread nutritional improvers using selected lactic acid bacteria and xylanase. *International journal of food microbiology*, *313*, 108384.
97. Benítez, V., Esteban, R. M., Moniz, E., Casado, N., Aguilera, Y., & Mollá, E. (2018). Breads fortified with wholegrain cereals and seeds as source of antioxidant dietary fibre and other bioactive compounds. *Journal of cereal science*, *82*, 113-120.
98. Hemdane, S., Jacobs, P. J., Dornez, E., Verspreet, J., Delcour, J. A., & Courtin, C. M. (2016). Wheat (*Triticum aestivum* L.) bran in bread making: A

critical review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 15(1), 28-42.

99. Jacobs, P. J., Hemdane, S., Claes, S., Mulders, L., Langenaeken, N. A., Dewettinck, K., & Courtin, C. M. (2018). Wheat bran-associated subaleurone and endosperm proteins and their impact on bran-rich bread-making. *Journal of Cereal Science*, 81, 99-107.

100. Cedola, A., Cardinali, A., D'Antuono, I., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2020). Cereal foods fortified with by-products from the olive oil industry. *Food Bioscience*, 33, 100490.

101. Zhu, F., & Li, J. (2019). Physicochemical properties of steamed bread fortified with ground linseed (*Linum usitatissimum*). *International Journal of Food Science & Technology*, 54(5), 1670-1676.

102. Roozegar, M. H., Shahedi, M., Keramet, J., Hamdami, N., & Roshanak, S. (2015). Effect of coated and uncoated ground flaxseed addition on rheological, physical and sensory properties of Taftoon bread. *Journal of food science and technology*, 52(8), 5102-5110.

103. Conforti, F. D., & Davis, S. F. (2006). The effect of soya flour and flaxseed as a partial replacement for bread flour in yeast bread. *International journal of food science & technology*, 41, 95-101.

104. Feizollahi, E., Hadian, Z., & Honarvar, Z. (2018). Food fortification with omega-3 fatty acids; microencapsulation as an addition method. *Current Nutrition & Food Science*, 14(2), 90-103.

105. Дробот В.І, Довідник з технології хлібопекарського виробництва. – К.: Руслана, 1998. 416 с.

106. ДСТУ 7517:2014 Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови.

107. Сильчук, Т. А., & Сидоренко, О. М. (2015). Застосування підкислювачів при виробництві житньо-пшеничного хліба.

108. Дробот В. І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва: навч. посіб. / за ред. Дробот В. І. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 341 с.

109. Кухтин, М. Д. (2008). Динаміка мікробіологічного та біохімічного процесу в молоці сирому при зберіганні за різних температур. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького*, 10(3-3 (38)), 229-237.

110. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

111. Основи охорони праці: Підручник. 21-е видання, доповнене та перероблене. / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та ін. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. – К.: Основа, 2006 – 448 с.

112. Гандзюк М.П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці: Підруч для студ вищих навч. закладів. За ред М. П. Гандзюка – К.: Каравелла, 2004 – 408 с.

113. Стеблюк М.Л. Цивільна оборона: Підручник – 3-тє вид., перероб і доп. – К.: Знання, 2004р.

114. Кучма М. М. Цивільна оборона (цивільний захист): Навчальний посібник. – Львів: «Магнолія плюс», 2009. – 360 с.

115. Стеблюк М.Л. Цивільна оборона: Підручник – 3-тє вид., перероб і доп. – К.: Знання, 2004р.

ДОДАТКИ

Додаток А

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
пищевых и химических технологий»

## **ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

**Материалы XIV международной  
научно-технической конференции**

**21–22 апреля 2022 года**

**В двух томах**

**Том 2**

Могилев  
БГУТ  
2022

**ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ ИСПОЛЬЗУЕМОГО В  
ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ДЛЯ ДИЕТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ**

**Лисовская Т.О., Кушнирук Н.В., Гайдук С. В.  
Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя  
г. Тернополь, Украина**

В современных условиях вопросы качества и безопасности сырья используемого в пищевых технологиях стоят особенно остро. Безопасность пищевых продуктов на прямую зависит от безопасности используемого сырья, что неразрывно связано со здоровьем человечества. Современные интегрированные системы производства и дистрибуции продукции зачастую приводят к тому, что огромное количество людей за короткий период времени может потребить потенциально опасные или зараженные пищевые продукты. Потребность свести к минимуму риск, а также контролировать безопасность пищевых продуктов привело к разработке концепций управления безопасностью, которые, в первую очередь, могут гарантировать и производителям, и потребителям, что присутствующие на рынке пищевые продукты безопасные и высокого качества.

В Украине действует Закон Украины "Об основных принципах и требованиях к безопасности и качеству пищевых продуктов" в редакции от 21.03.2021, требования в котором выложены в соответствии с международным законодательством и устанавливают минимальные требования к безопасности пищевых продуктов. Евроинтеграционный курс Украины и процесс гармонизации украинского законодательства с нормами и правилами Европейского Союза привели к введению концепции называемой Система анализа опасных факторов и критических точек контроля называемой НАССР. Такой подход с использованием системы НАССР охватывает все виды потенциальных опасных факторов, которые могут повлиять на безопасность пищевых продуктов, то есть биологические, физические и химические факторы, независимо от того, они возникли естественным путем по причинам, связанным с окружающей средой, или из-за нарушения процесса производства.

В то же время, законодательство Украины не требует сертификации систем НАССР. То есть, инициатива со стороны производителя получить сертификацию системы НАССР на соответствие тому или иному национальному или международному стандарт является исключительно частным решением самого производителя.

Кроме этого, для обеспечения безопасности пищевых продуктов, производители должны базировать свои санитарные или фитосанитарные меры на стандарты, инструкции и рекомендации, установленные Комиссией Codex Alimentarius и касающихся пищевых продуктов, пищевых добавок, остатков ветеринарных препаратов и пестицидов, загрязняющих веществ, методов анализа и выборочного контроля, а также правил и инструкций по нормам санитарии и гигиены [1].

Сегодня в мире и в Украине стремительно развиваются технологии производства диетических продуктов, в том числе функционального назначения. Наряду с традиционными широко представлены оздоровительные хлебные изделия, обогащенные продуктами переработки крупяных, овощных культур, сухофруктами, ядрами орехов, семенами масличных культур и т.п. Еще одним направлением в производстве диетических продуктов – это изделия, предназначенные для людей с определенными видами заболеваний, в том числе больных целиакией. Целиакия – это заболевание кишечника, вызванное недостаточностью ферментов расщепляющих белок злаков – глютен. Особенностью рациона питания этих людей есть исключение продуктов, содержащих глютен, имеющийся в пшенице, ржи, ячмени и некоторых других культурах.

С целью обеспечения разнообразия и питательной пищи для людей с таким расстройством как целиакия, то есть, аглютенная энтеропатия, сегодня в Украине и мире разрабатывается много рецептов мучных изделий с использованием различных видов нетрадиционной муки, не содержащей глютена. Известны такие разработки, как, например с использованием муки артишока, кукурузной муки, маниока, экструдированный соевый протеин, тыквенный порошок, экструдированной кукурузной муки, муки из сорго и т.д. [2]. При этом, возникает проблема исследования безопасности применения предлагаемых ингредиентов, применяемых для замены пшеничной муки в технологии безглютеновых мучных изделий для диетического питания.

В странах Европейского союза этой проблеме выделяется много внимания, поскольку Комиссия Codex Alimentarius с дня ее основания разрабатывает стандарты, что касаются нетипичных пищевых ингредиентов и время от времени их пересматривает. Так например, существуют стандарты на пищевую муку из маниока, на растительные белковые продукты, на муку кукурузную дегерминированную и крупу кукурузную дегерминированную, на мякоть ореха кокосового и т. п.

Комиссия Codex Alimentarius разработан стандарт на продукты для специального диетического питания, предназначенные для лиц с непереносимостью глютена cxs 118-1979 в котором четко указано, не только требования к качеству безглютеновой продукции, но и указано, что сырье должно быть безопасным и пригодным в пищу, не должно содержать живых насекомых, не должно содержать вредных примесей (примеси животного происхождения, включая мертвых насекомых) в количествах, которые могут представлять опасность для здоровья человека. Касательно загрязняющих веществ указано, что продукт, который является сырьем должен соответствовать требованиям о максимальных допустимых уровнях, предусмотренных "Общим стандартом на загрязняющие примеси и токсины в пищевых продуктах и кормах" (CXS 193-1995). По результатам исследования с применением надлежащих методов отбора проб и анализа продукт: не должен содержать микроорганизмов в количествах, которые могут представлять опасность для здоровья человека; не должен содержать паразитов, которые могут представлять опасность для здоровья человека; и не должен содержать каких-либо веществ, образовавшихся в результате жизнедеятельности микроорганизмов, в количествах, которые могут представлять опасность для здоровья человека.

Список использованных источников

1 STANDARD FOR FOODS FOR SPECIAL DIETARY USE FOR PERSONS INTOLERANT TO GLUTEN Joint FAO/WHO Food Standards Programme. Codex Alimentarius Commission. [Электронный ресурс] : [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B118-1979%252FCXS\\_118e\\_2015.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B118-1979%252FCXS_118e_2015.pdf)

2 M.E. Matos, C.M. Rosell (2014). Understanding gluten-free bread development for reaching quality and nutritional balance J. Sci. Food Agric., 95 (2015), pp. 653-661. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6732>

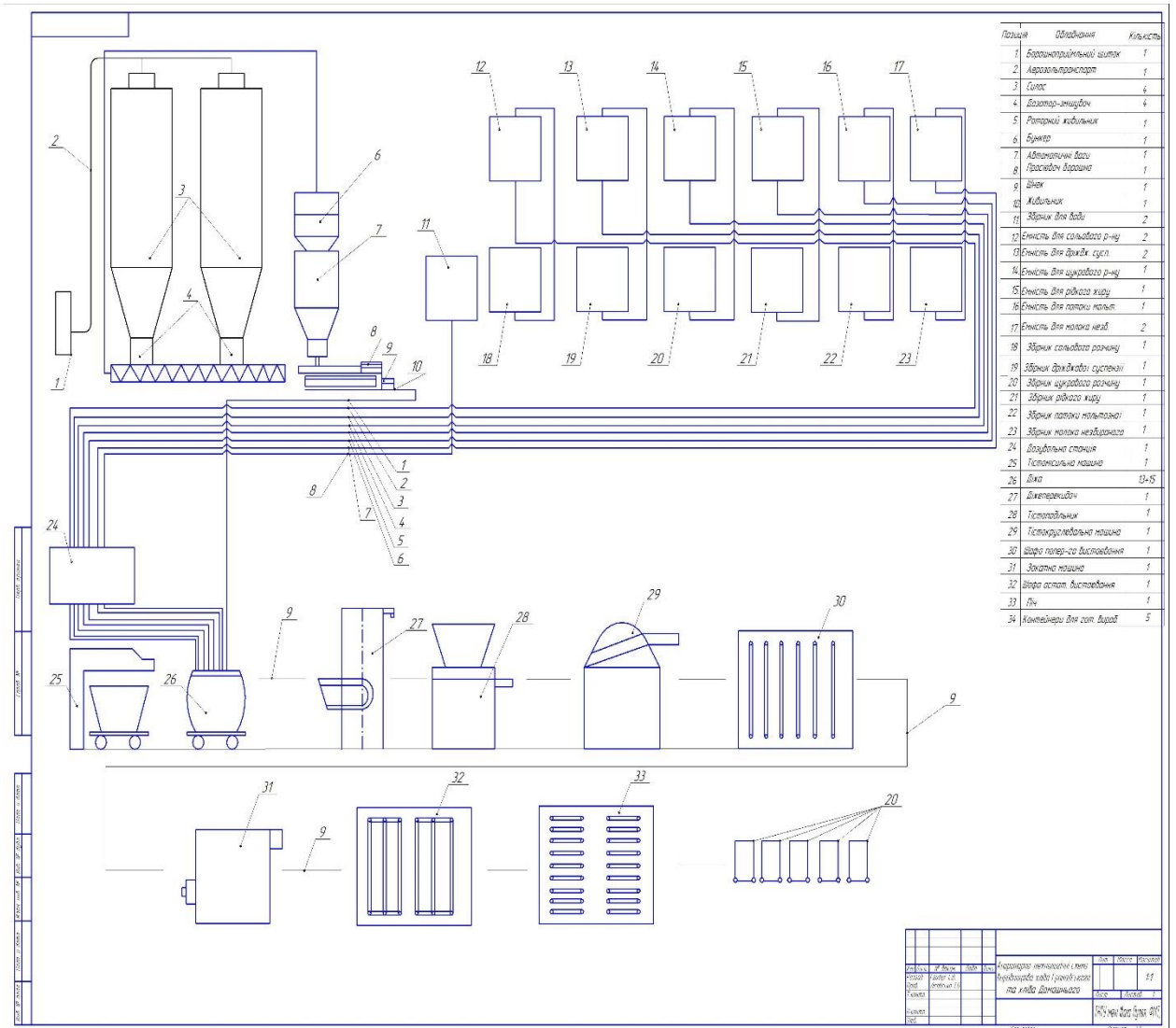


Рис. Додаток Б 1. Апаратурно технологічна схема виробництва хліба Домашнього та Громадського

