

Інженерії машин, споруд і технологій

---

Харчової біотехнології і хімії

---

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Удосконалення технології виробництва з проєктуванням  
цеху хліба пшеничного з антиоксидантними властивостями**

---

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

---

(шифр і назва спеціальності)

	<hr/>	<b>Роган І.Б.</b> <hr/>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	<b>Вічко О.І.</b> <hr/>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	<b>Покотило О.С.</b> <hr/>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/>	<b>Кухтин М.Д.</b> <hr/>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	<b>Кравець О.І.</b> <hr/>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Факультет Інженерії машин, споруд і технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Харчової біотехнології і хімії  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Кухтин М.Д.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«    »

2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Роган І.Б.  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Удосконалення технології виробництва з проєктуванням цеху  
хліба пшеничного з антиоксидантними властивостями**

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

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи грудень 2023 року

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

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

– визначити перспективність підвищення біологічної цінності пшеничного хліба за допомогою рослинної та овочевої сировини;

– оцінити придатність сировини для виробництва хліба на морквяному соці;

– розробити рецептуру та оцінити параметри тіста пшеничного виготовленого на морквяному соці;

– оцінити споживчі та технологічні параметри пшеничного хліба з морквяним соком;

– охарактеризувати хліб з морквяним соком за вмістом загальних поліфенолів й антиоксидантною активністю;

– охарактеризувати хліб з морквяним соком за органолептичними властивостями.

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

## 6. Консультанти розділів роботи

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

## 7. Дата видачі завдання

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Роган І.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Вічко О.І.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

	Анотація	6
	Вступ	7
1	Огляд літератури	11
1.1	Біологічно-активні інгредієнти хліба, збагаченого рослинними компонентами та екстрактами	11
1.1.1	Збагачення білого пшеничного хліба фруктово-овочевими наповнювачами	11
1.1.2	Використання насіння чи екстракту олійних деревних рослин, бобових як функціональних інгредієнтів у виробництві хліба	13
1.1.3	Використання екстрактів з трав і листя як джерела функціональних речовин для хліба	14
1.1.4	Включення бульб і кореневищ у хліб як функціональних інгредієнтів	15
1.2	Метаболічні ефекти у споживачів, які пов'язані зі споживанням функціонального хліба	16
1.2.1	Хліб збагачений фруктами та овочами та вплив на здоров'я після їх споживання	16
1.2.2	Бобові, насіння та горіхи в хлібі та наслідки для здоров'я, пов'язані з їх споживанням	18
1.3	Сильні сторони та обмеження під час застосування рослинних біоактивних добавок для хліба	21
1.4.	Застосування ефірних олій у харчовій промисловості як антиоксидантні системи	22
1.4.1	Методи визначення антиоксидантної активності	26
1.5	Висновки з літературних джерел	30
2	Матеріали і методи досліджень	31
3	Результати дослідження та їх обговорення	34
3.1	Перспективи підвищення біологічної цінності пшеничного хліба за допомогою рослинної та овочевої сировини	34

3.2	Оцінка придатності сировини для виробництва хліба на морквяному соці	36
3.3	Розробка рецептури та оцінка параметрів тіста пшеничного виготовленого на морквяному соці	39
3.4	Оцінка споживчих та технологічних параметрів пшеничного хліба з морквяним соком	47
3.4.1	Характеристика хліба з морквяним соком за вмістом загальних поліфенолів й антиоксидантною активністю	47
3.4.2	Характеристика хліба з морквяним соком за органолептичними властивостями	51
	Висновки і пропозиції виробництву	54
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	55
4.1.1	Класифікація шкідливих речовин за ступенем впливу на організм людини	55
4.2.1	Захист продуктів харчування від радіоактивного, хімічного і бактеріологічного (біологічного) забруднення	58
	Список літератури	61
	Додатки	72

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 78 с., 8 рис., 5 табл., 98 джерел.

### ХЛІБ ПШЕНИЧНИЙ, МОРКВЯНИЙ СІК, АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЯ ХЛІБА

Об'єкт дослідження: морквяний сік, пшеничне борошно, тісто пшеничне з морквяним соком, антиоксидантна активність хліба, органолептичні показники.

Мета роботи – підвищити поживну та антиоксидантну активність хліба шляхом заміни води для замісу тіста на морквяний сік.

Методи дослідження: оглядово-пошукові (джерела поліфенольних сполук і антиоксидантних речовин, якими можна збагатити пшеничний хліб); технологічні (кислотність й рН тіста, бродильна активність, підйомна сила тіста); хімічні (вміст загальних поліфенолів; антиоксидантна активність) органолептичні, статистичні.

Створено і досліджено чотири дослідних зразки хліба пшеничного, у яких вода для приготування тіста була частково замінена на морквяний сік. Зокрема, у зразку №1 дали 25 % морквяного соку від загальної кількості води, яку використовували, у №2 – 35 %, у №3 – 50 %, а у зразку №4 кількість води була найменша, а кількість соку морквяного найбільша – 75 % за масою. Кислотність тіста, а відповідно і готового хліба можна дещо підвищити у разі часткової заміни води на морквяний сік. При цьому доцільно, щоб заміна води на морквяний сік становила не менше 50 %. Також у такому зразку тіста на 3 год бродіння питомий об'єм на 32 см<sup>3</sup>/г більший за тісто-контроль. За найвищого доданого вмісту морквяного соку 75 % від маси води газоутворювальна здатність була найбільша серед досліджених проб –  $537 \pm 3$  см<sup>3</sup>/100 г, що на 30 см<sup>3</sup>/100 г більша кількість утвореного вуглекислого газу в тісті, проти контрольного зразка. Вміст загальних поліфенолів у зразку №3 та №4, був в 2,0 та 2,6 рази більший, ніж у хлібі випеченому без додавання морквяного соку.

## Вступ

**Актуальність теми.** Зважаючи на те, що пшеничний хліб (*Triticum aestivum* L.) є основним продуктом харчування, який споживають у всьому світі, у ньому недостатньо харчових інгредієнтів, які забезпечують «здорове харчування». Тому останнім часом вимоги споживачів до якості харчових продуктів відіграють важливу роль у сенсорному сприйнятті та визначенні прийнятності харчових продуктів. На прийнятність хліба впливають текстура, колір, смак, об'єм, форма, свіжість, доступність і ціна. За даними літератури, корисні та сенсорні властивості харчового продукту суттєво впливають на вибір споживача [3]. У раціоні людини за даними дослідників мають переважати цільнозернова дієта та овочі й фрукти [1]. Проте дані продукти є швидкопсувними і тому останні виробляють у вигляді соків. Серед овочевих соків споживачі в усьому світі найбільше вибирають морквяний і томатний [86]. Овочеві соки є хорошим джерелом флавоноїдів, рослинних пігментів, вітамінів і мінералів, а у випадку натуральних неосвітлених соків також харчових волокон. Вони мають антиоксидантні властивості та можуть позитивно впливати на стан серцево-судинної системи, що знижує ризик деяких цивілізаційних захворювань [86]. Морква є гарним джерелом каротиноїдів і харчових волокон і має сприятливий вплив на здоров'я [17]. Вживання морквяного соку посилює антиоксидантну активність і зменшує перекисне окислення ліпідів, а також може зменшити фактори ризику серцево-судинних захворювань у дорослих. Буряковий сік містить велику кількість біологічно активних речовин, у тому числі беталаїнів і неорганічних нітратів [14, 86]. Беталаїни використовуються як природні барвники у виробництві харчових продуктів, і вони привертають значну увагу через їх можливу користь для здоров'я людини, особливо їх антиоксидантну та протизапальну дію [1]. Природні антиоксиданти відіграють важливу роль у нашому раціоні, оскільки, як повідомляється, вони мають корисну біоактивність, включаючи протиалергічні, протівірусні,

протизапальні та антимуутагенні властивості [15]. Багато досліджень демонструють вплив додавання різних рослинних частин, таких як вичавки, сухі продукти, олія або насіння, на випічку [3, 5]. Однак ефект соків не оцінювався. Таким чином, для того щоб підвищити привабливість хліба та його харчову цінність, ми своє дослідження зосередили на заміні води під час замісу тіста на морквяний сік, та визначали вплив на комплекс технологічних показників.

### **Мета і завдання досліджень.**

Мета роботи – підвищити поживну та антиоксидантну активність хліба шляхом заміни води для замісу тіста на морквяний сік.

*Для виконання запланованої мети визначені наступні завдання:*

- визначити перспективність підвищення біологічної цінності пшеничного хліба за допомогою рослинної та овочевої сировини;
- оцінити придатність сировини для виробництва хліба на морквяному соці;
- розробити рецептуру та оцінити параметри тіста пшеничного виготовленого на морквяному соці
- оцінити споживчі та технологічні параметри пшеничного хліба з морквяним соком;
- охарактеризувати хліб з морквяним соком за вмістом загальних поліфенолів й антиоксидантною активністю;
- охарактеризувати хліб з морквяним соком за органолептичними властивостями.

Об'єкт дослідження: морквяний сік, пшеничне борошно, тісто пшеничне з морквяним соком, антиоксидантна активність хліба, органолептичні показники.

Предмет дослідження: технологічні й біохімічні зміни в тісті з морквяним соком, показники антиоксидантної активності у хліб пшеничному з морквяним соком.



Методи дослідження: оглядово-пошукові (джерела поліфенольних сполук і антиоксидантних речовин, якими можна збагатити пшеничний хліб); технологічні (кислотність й рН тіста, бродильна активність, підйомна сила тіста); хімічні (вміст загальних поліфенолів; антиоксидантна активність) органолептичні, статистичні.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Морквяний сік сприяє більш активному бродінню, в результаті чого збільшуються об'єми хліба. На активну та потенційну кислотність м'якушки також суттєво вплинула концентрація доданого соку. Найважливіше те, що додавання овочевих соків (морквяного) виявилось дуже хорошим способом підвищення антиоксидантної активності пшеничного хліба. Аналіз антиоксидантної активності показав, що морквяний сік є найбільш ефективними щодо формування властивостей пшеничного хліба.

**Практичне значення отриманих результатів.** Запропоновано для підвищення антиоксидантної активності хліба пшеничного воду для замішування замінювати на 50 % морквяним соком.

**Особистий внесок здобувача.** Магістрантка особисто проводила пошуково-аналітичні дослідження щодо джерел поліфенольних сполук і антиоксидантних речовин, якими можна збагатити пшеничний хліб, проаналізувала дані літератури й сформувала мету та завдання для експериментів, вивчила методи й методики, виконала планові експерименти, написала магістерську працю й подала її до захисту.

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

**Публікації.** За матеріалами кваліфікаційної роботи опубліковано одну наукову працю у тезах: Роган І. (2023). Джерела підвищення антиоксидантних властивостей хліба. VII Міжнародній науково-технічній конференції «Стан та перспективи харчової промисловості» (м. Тернопіль,

28-29 вересня р.), М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. – С. 40. (Додаток А).

**Структура і обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з: вступу, розділів основної (експериментальної) частини, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, висновків та пропозицій виробництву, переліку літератури та додатків. Магістерська робота має 78 стор. та містить 5 таблиць, 8 рисунків. Перелік літератури складається з 98 джерел.

# РОЗДІЛ 1

## ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### **1.1. Біологічно-активні інгредієнти хліба, збагаченого рослинними компонентами та екстрактами**

#### *1.1.1. Збагачення білого пшеничного хліба фруктовими-овочевими наповнювачами*

Фрукти та овочі є багатим джерелом необхідних біоактивних сполук, включаючи каротиноїди та поліфеноли, які мають корисні для здоров'я властивості [2, 3]. Отже, повідомлення з питань охорони здоров'я закликають до збільшення споживання фруктів і овочів у багатьох країнах світу, включаючи Україну [1, 3]. Глобальна потреба у переході до більш стійких дієт із меншим викидом вуглецю, включаючи фрукти та овочі, є ще однією причиною для стимулювання збільшення споживання фруктів та овочів. Фактори, які обмежують споживання фруктів і овочів, включають короткий термін зберігання, відсутність і доступність у міжсезоння та вартість [4, 5]. Свіжі фрукти та овочі погано зберігаються через високий вміст вологи та активності води [6].

Таким чином, щоб сприяти споживанню фруктів і овочів у міжсезоння та зменшити вибраковування через відходи, необхідно переробити висушені продукти на борошно для подальшого використання у розробці харчових продуктів. Загальноприйняті методи переробки, які можна використовувати для переробки фруктів і овочів у борошно, яке має вищу здатність до зберігання, включають використання сублімаційного сушіння, сушіння в барабані та сушіння в печі [4]. Багато досліджень наводять приклади застосування фруктового та овочевого борошна, що використовується для приготування хліба, при цьому біоактивні властивості рослинних інгредієнтів у хлібній матриці проявляють корисні властивості.

У світовій літературі наводиться значна кількість статей про додавання у технологію звичайного хлібна добавок з борошна із плодів дум-

пальми (*Hyphaene thebaica* L.) [7], околоплодика (*Garcinia mangostana*) [8], плоду баобаба [9], ягоди саскатуна [10], жолудя [11], плоду альбеда [12], ягоди крушини [13] і сумаху оленевого [14]. Дані концентрати при введенні у хліб призводили до підвищення концентрації поліфенолів [15], загальних фенолів [8, 9, 10, 11, 12, 13], антоціанів [14] і флавоноїдів у готовому виробі [7]. Крім того, повідомлялося, що це борошно в загальному значно підвищувало антиоксидантну активність багатьох видів хліба [8, 9, 10, 11, 12, 13]. У більшості досліджень, які були наведені вище, підвищені антиоксидантні властивості реєструвалися у даних видах хліба, що очевидно позитивно пов'язано з дозою функціональних інгредієнтів рослинного походження, які додані в хліб.

Збагачення хліба борошном, виробленим з овочів (морквяне, томатне, бурякове та брокколі), сприяло сприятливому впливу на порушення окислення ліпідів і білків відповідно [16, 17]. Крім того, збагачення хліба цими овочами призвело до збільшення вмісту антиоксидантів. До того ж корелюючий ефект полягав у подовженні терміну зберігання хліба, порівняно з його незбагаченими аналогами, особливо, коли для рецептури використовувалися порошки або борошно, виготовлені з подрібнених висушених рослин, таких як буряк і брокколі [16, 17, 18].

Подібно до звітів, наведених вище, зареєстровано хліб, збагачений функціональними інгредієнтами, який включав порошок кладодії [19], паростки брокколі [20], червоний болгарський перець [21], шкірку цибулі [22] і *Amaranthus viridis*, *Solanum macrocarpon*, *Telfairia occidentalis* [23]. При цьому і усіх наведених видах хліба з рослинними компонентами відмічали підвищений поліфенольний і загальний вміст фенолів, антиоксидантний потенціал [19, 20, 21, 22, 23], вміст флавоноїдів [21], в умовах лабораторії. Також відзначається на покращену засвоюваність білка [22] кожного зі збагачених хлібів.

Дослідники Ranawana та ін. [17] цікаво помітили, що хліб з пшеничного борошна, що містить кукурудзяну олію як інгредієнт і

збагачений ліофілізованим борошном з моркви, томатів, буряка або брокколі, покращує щільність поживних речовин, антиоксидантні властивості та, зокрема, для буряка та брокколі подовжує термін зберігання порівняно з виробами без цієї олії, відповідно [16]. Це може бути пов'язано з жиророзчинними біологічно активними сполуками, включаючи каротиноїди, які розчиняються в олії, що призводить до підвищення концентрації каротиноїдів, які підвищують антиоксидантну активність [25].

### *1.1.2. Використання насіння чи екстракту олійних деревних рослин, бобових як функціональних інгредієнтів у виробництві хліба*

Насіння, в тому числі олійні, і бобові є багатим джерелом поліненасичених жирних кислот та інших необхідних біоактивних вітамінів, таких як  $\alpha$ -токоферол, який також є антиоксидантом [26]. У хлібопекарстві додавання жирів і олій до тіста надає хлібу прийнятних текстурних властивостей і покращує його сенсорний профіль [27].

Таким чином, додавання функціональних інгредієнтів насіння олійних культур у хліб може відігравати подвійну роль: не лише покращувати органолептичні властивості хліба, але й додатково доставляти необхідні біоактивні та поживні речовини в хлібну матрицю [26]. Додавання в тісто подрібненого насіння підвищує олійність і біоактивність тіста. Наприклад, ціле насіння сої містить 17,5 % жиру [29], а насіння льону містить 41 % жиру [30]. Незважаючи на додавання олії до матриці хлібного тіста, що покращує текстурні властивості хліба, хліб із вищим вмістом жиру може бути сприйнятливим до псування через окислення жиру. Однак додавання подрібненого олійного насіння, але не дрібно подрібненого, може мінімізувати ступінь псування, оскільки олія залишається зв'язаною в клітинних стінках насіння. Насіння льону [32], пажитника [33], фенхелю [34], *Perilla frutescens* [35] та їх екстракти використовувалися у рецептурі хліба, і повідомлялося про їхні біоактивні ефекти в матриці хліба. Збагачення хліба

порошками з насіння підвищувало концентрацію фенольних сполук [32, 33, 34, 35], флавоноїдів [33],  $\alpha$ -ліноленової кислоти [35] та покращувало антиоксидантні властивості хліба [33, 34, 34]. У більшості випадків концентрація біологічно активних сполук, зареєстрована для хліба, була пов'язана з дозою посівного борошна в балансі з бажаними фізико-хімічними характеристиками. Наприклад, хліб, збагачений порошком насіння фенхелю, досягав оптимізованої загальної концентрації фенолів і антиоксидантного ефекту з додаванням 7 % порошку насіння фенхелю [34]. У випадку його здатності поглинати 2,2-дифеніл-1-пікрилгідрозил оптимізація була досягнута за допомогою збагачення 5 % порошку насіння фенхелю [34]. Цілі сталого розвитку 2 підкреслюють необхідність досягнення нульового голоду на рівні населення [36]. Знову ж таки, необхідність сприяти використанню альтернативних джерел білка, таких як азотфіксуючі бобові, є ключовим способом досягнення цілей сталого розвитку. Наприклад, збагачення пшеничного хліба люпином призвело до підвищення концентрації білка, каротиноїдів, поліфенолів і антиоксидантів, а також покращило якість білка [37]. Подібне збільшення концентрації фенолів і покращення антиоксидантної активності було повідомлено для хліба, збагаченого зеленими кавовими зернами [38]. Переважаючими фенольними речовинами, присутніми в хлібі із зелених кавових зерен, були кавова кислота, сиригїнова кислота та ванільна кислота [38].

### *1.1.3. Використання екстрактів з трав і листя як джерела функціональних речовин для хліба*

Їстівні рослини, такі як трави та прянощі, є активною сферою для досліджень у зв'язку з їх багатим фітохімічним складом та їх можливим вигідним внеском для різноманітності дієти [40]. Наприклад, зелений чай багатий на поліфеноли катехін, епікатехін, епікатехінгаллат і епігаллокатехін [41], чорний чай містить флаваноли теафлавін, теафлавін-3-галлат і

теарубігін [41], лист білої шовковиці багатий на флавоноїди, фенольні сполуки та аскорбінова кислота та бета-каротин [43], а *Potentilla anserina* містить тритерпени [44]. Біологічно активні властивості збагаченого хліба включали посилені антиоксидантні властивості [45, 46, 47, 48] в результаті підвищеного загального вмісту фенолів [46, 49] і концентрацій поліфенолів [47]. До того ж у такому хлібі сповільнюється утворення гідропероксидів ліпідів у хлібі, збагаченому травами та листям [48]. Приклади уповільненого псування включають хліб, збагачений чорним чаєм [45], екстрактом листя білої шовковиці [47], порошком зеленого чаю [48], *Potentilla anserina* [49] та фракціями теаніну/поліфенолу з пилу чорного чаю (без кофеїну) [46]. Було спостережено залежне від дози підвищення загального вмісту фенолів та антиоксидантів у хлібі, збагаченому поліфенольними сполуками, виробленим із пилу чорного чаю без кофеїну [46] та листя йерба мате [50]. У дослідженні, яке включало збагачення хліба порошком, виробленим з кореня *Shatavari* (*Asparagus racemosus*), було виявлено присутність вторинних рослинних метаболітів, включаючи сапонін, алкалоїд, стероїд і терпеноїд [51], які потенційно можуть продемонструвати деякі фізіологічні ефекти.

#### *1.1.4. Включення бульб і кореневищ у хліб як функціональних інгредієнтів*

Включення борошна та продуктів на основі борошна з бульб пурпурової картоплі [52], батату (*Dioscorea purpurea*) [53] у функціональний хліб призвело до посилення антиоксидантних властивостей [53] хліба. Зокрема, концентрація вільних фенольних кислот (галової, хлорогенової кислоти, протокатехової, кавової кислоти, ванілінової, ферулової кислоти, р-кумарової кислоти та сиригової кислоти) і антиоксидантів зросла в хлібі, який був збагачений фіолетовим картопляним порошком, порівняно з хлібом збагаченим жовтими картопляними порошком [52]. Незважаючи на це, збагачення хліба відносно великою кількістю жовтого картопляного борошна (3, 6 і 9 %) підвищувало концентрацію  $\beta$ -каротину та якість хліба

[54]. Антиоксидантні властивості хліба, збагаченого порошком куркуми, кореневищної рослини, були посилені порівняно з його аналогом, не збагаченим куркумою [55].

Хоча розглянуті вище дослідження демонструють, що збагачення хліба різноманітними рослинними продуктами може покращити фізико-хімічні властивості, включаючи антиоксидантну, збільшити концентрацію різноманітних фітохімічних речовин, подовжити термін придатності та запобігти втраті їстівних рослин, припущення, що присутність фітохімічних речовин у хлібі преносить користь для здоров'я споживачів, необхідно ґрунтовно перевірити. Тому наступним кроком огляду літературних джерел був аналіз впливу цих збагачених видів хліба на метаболізм в організмі людини, який пов'язаний із споживанням хліба.

## **1.2. Метаболічні ефекти у споживачів, які пов'язані зі споживанням функціонального хліба**

Клінічні дослідження, які вивчали метаболічні ефекти, пов'язані зі споживанням функціонального хліба, були гострими, результати вимірювалися через години або кілька днів після споживання. Лікування було рандомізовано та перехресно з відносно короткими періодами вимірювання показників.

### *1.2.1. Хліб збагачений фруктами та овочами та вплив на здоров'я після їх споживання*

У попередньому розділі нами розглядалися біоактивні властивості хліба, збагаченого фруктовими та овочевими інгредієнтами. Однак у нещодавньому систематичному огляді та мета-аналізі проспективних досліджень [56] автори повідомили, що збільшення споживання фруктів і овочів було тісно пов'язане зі зниженням захворюваності та смертності від



хронічних захворювань, включаючи рак і серцево-судинні захворювання. Вплив фруктів і овочів на здоров'я пояснюється їх щільністю поживних речовин і вмістом різноманітних біоактивних сполук, включаючи поліфеноли та каротиноїди [56, 57, 58].

Встановлено, що плід баобаба завдяки своєму багатому складу поліфенолів може пригнічувати активність ферментів перетравлення вуглеводів, таким чином потенційно покращуючи стан глікемічної відповіді [59]. Однак хліб, збагачений борошном з плодів баобаба, викликав суттєво знижене постпрандіальне вивільнення інсуліну, але не глюкози при споживанні [56]. Це можна пояснити багатим на клітковину (пектином) складом плодів баобаба. Нещодавно дослідники повідомили про подібне відкриття для хліба, збагаченого висушеним гарбузом і кукурудзяним борошном [60]. Споживання хліба, збагаченого овочами, гарбузом і солодкою кукурудзою, не показало змін у концентрації глюкози, а призвело до меншого вивільнення інсуліну порівняно з білим і пшеничним хлібом [60]. Кілька систематичних оглядів рандомізованих контрольованих досліджень повідомляли про зв'язок між споживанням бурякового соку та покращенням параметрів артеріального тиску [61]. Це пояснюється високим вмістом нітратів у буряку, який при споживанні перетворюється на оксид азоту, потужний судинорозширювальний засіб [62]. Хоббс та ін. [57] збагачували хліб буряковим борошном і досліджували його вплив на показники артеріального тиску. Автори повідомили, що споживання бурякового хліба призвело до зниження діастолічного артеріального тиску (на 13,0 мм рт.ст. × год), але не для систолічного артеріального тиску [57].

Незважаючи на кілька досліджень щодо збагачення хліба фруктами та овочами та пов'язаних із ними біоактивних властивостей, про які повідомлялося в попередніх розділах, залишається небагато статей, які клінічно підтвердили їхній вплив на здоров'я людини. Це підкреслює очевидний розрив між загальною наукою та технологією харчових продуктів і харчуванням людини.

Харчова наука та технологи традиційно зосереджені на розробці хліба, збагаченого фруктами та овочевим борошном, і проведенні досліджень прийнятності, щоб оцінити його смак серед споживачів, нехтуючи підтвердженням користі для зміцнення здоров'я шляхом клінічних випробувань. Існує потреба в новій парадигмі досліджень і розробок щодо виробництва хліба, де дієтологи з досвідом перевірки впливу хлібобулочних виробів на здоров'я могли б співпрацювати з науковцями харчової промисловості, щоб прискорити розробку хліба, збагаченого функціональними інгредієнтами рослинного походження, які мають привабливі органолептичні показники та демонстрували корисні для здоров'я властивості.

#### *1.2.2. Бобові, насіння та горіхи в хлібі та наслідки для здоров'я, пов'язані з їх споживанням*

Споживання бобових, насіння та горіхів заохочується, оскільки вони є багатим джерелом необхідних біологічно активних сполук і клітковини [63] і пов'язані з покращенням глікемічного та ліпідного профілю, що можна пояснити факторами, включаючи підвищений фенольний склад, який погіршує активність ферменту амілази [63]. Хліб, збагачений борошном з нуту [63, 64], екстрактом білої квасолі [65], люпином [66, 67, 68] і шампанським [65], при споживанні продемонстрував нижчий постпрандіальний рівень глюкози та вивільнення інсуліну порівняно з аналогічним незбагаченим хлібом [59, 66, 67, 68, 66]. При цьому в двох дослідженнях було виміряно поліпшення суб'єктивного відчуття апетиту [66, 67]. На додаток до біоактивного складу бобових, горіхів і насіння, структурні властивості цих інгредієнтів можуть потенційно впливати на їхній вплив на здоров'я. Щоб дослідити це, цільне та мелене борошно з насіння сальби (*Salvia hispanica* L.) використовувалося для збагачення хліба, а його глікемічні властивості досліджувалися під час споживання хліба [64]. Автори

повідомили, що не було зареєстровано жодної різниці у вивільненні глюкози після прийому їжі, коли споживали цілий або мелений хліб, збагачений насінням сальби [64]. Це спостереження також було повідомлено для хліба, збагаченого лісовими горіхами [66]. Автори включили дрібно нарізане фундук і напівзнежирене горіхове борошно в хліб і визначили його глікемічні властивості. Вони повідомили, що вивільнення глюкози після прийому їжі було значно послаблене для всіх видів хліба, збагаченого горіхами, але суб'єктивні відчуття насичення не відрізнялися [66]. З точки зору прийнятності, хліб, збагачений нутовим борошном [59, 60], суттєво не відрізнявся від контрольного білого хліба [60] і цільнозернового хліба [59]. Додавання хліба з австралійським солодким люпином не призвело до істотної різниці в прийнятності порівняно з контрольними аналогами [63]. Деві та ін. [66] досліджували збагачений хліб із нарізаним лісовим горіхом і напівзнежиреним горіховим борошном. Прийнятність нарізаного хліба, збагаченого фундуком, була значно вищою, ніж його контрольний аналог. Проте прийнятність напівзнежиреного хліба, збагаченого борошном з лісових горіхів, не відрізнялася від контрольного аналога [66].

У деяких людей вживання бобових, бобових і горіхів може викликати шлунково-кишковий дискомфорт, включаючи здуття живота. Таким чином, шлунково-кишковий та фізичний дискомфорт, пов'язаний із споживанням хліба, збагаченого білою квасолею, нутовим борошном та фундуком, суб'єктивно оцінювали за допомогою 10-бальної шкали Лайкерта та візуальної аналогової шкали. Питання для оцінки включали «метеоризм», «відрижку», «здуття живота», «спазми в животі», «метеоризм», «діарея» та «біль у животі» [58, 66], «Як добре ви себе почуваете?» з такими варіантами, як «зовсім погано» або «дуже добре» на протилежних кінцях рядка [59]. Решта досліджень не досліджували токсикологічні аспекти розробленого функціонального хліба, а також жодне дослідження не повідомляло про оцінку споживачів сенсорних властивостей і прийнятності. Частково це можна пояснити тим фактом, що інгредієнти, які використовуються у

рецептурі хліба, є добре відомими корисними рослинними продуктами, які люди споживають як частину свого звичайного раціону, зокрема буряк і баобаб.

Насіння бобових культур *Cyamopsis tetragonolobus* є сировиною для виробництва гуарової камеді [68]. Гуарова камедь – це харчове волокно, яке може діяти як гідроколоїд при використанні для збагачення хліба і згодом може покращити м'якість м'якушки [69]. Гуарова камедь демонструє вплив на здоров'я, включаючи покращену реакцію глікемії та зниження всмоктування ліпідів і покращення проносу [69]. Хліб із властивостями відносно м'якої м'якушки зазвичай сприймається споживачами, і його можна використовувати як засіб доставки для людей похилого віку з проблемами жування та ковтання. У нещодавно опублікованому дослідженні щодо збагачення хліба овочами (гарбузом і солодкою кукурудзою) ми залучили людей похилого віку для сенсорної оцінки та оцінки легкості ковтання хліба [70]. Учасники суб'єктивно вказали, що хліб, збагачений овочами, легше пережовувати та ковтати порівняно з комерційно виробленим пшеничним та білим хлібом [70]. Це було пов'язано з наявністю пектинорозчинних волокон з гарбуза в хлібі, збагаченому овочами, який підтримує властивості гідратації хлібної матриці. Гуарова камедь, так само як і гарбузове борошно, як клітковина має хороші властивості гідратації. Внутрішня частина насіння гуара *Cyamopsis tetragonolobus* складається зі складного полісахариду галактоманнану [68]. Галактоманнан складається з мономерів галактози та D-маннози і, таким чином, має гідроксильні групи, які завдяки водневим зв'язкам здатні взаємодіяти з молекулами води [68]. Вживання хліба, збагаченого гуаровою камеддю, призвело до зниження рівня глюкози після прийому їжі з покращенням когнітивних функцій [57]. Гуарова камедь середньої маси була використана для збагачення цільозернового кукурудзяного борошна, яке має підвищений склад амілози та використовувалося для приготування хліба. Споживання хліба призвело до значного зниження постпрандіальної глюкози, інсуліну та покращення

суб'єктивних відчуттів апетиту, пов'язаних із підвищеною концентрацією резистентного крохмалю з гуарової камеді та цільнозернового кукурудзяного борошна [57]. Подібне спостереження було зареєстровано для гуарової камеді, цільного зерна жита з або без високого амілозного кукурудзяного крохмалю в білому хлібі, хоча не повідомлялося про вплив на вивільнення глюкози [60]. Жодних істотних відмінностей у реакціях рівня глюкози в крові після прийому їжі не спостерігалось між гуаровим і білим хлібом, і всі хлібці з гуаровим хлібом істотно індукували зниження рівня інсуліну в плазмі крові після прийому їжі, на що, як виявилось, не впливають значні коливання розміру частинок гуарової камеді або молекулярна маса [71]. У випадку хліба, збагаченого гуаровою камеддю, прийнятність хліба не відрізнялася від контрольного аналога, за винятком хліба, збагаченого гуаровою камеддю з молекулярною масою 150 (M150) [71].

### **1.3. Сильні сторони та обмеження під час застосування рослинних біоактивних добавок для хліба**

Сильна сторона цього огляду полягає в тому, що це перший раз, коли огляд об'єднує докази біологічно активних властивостей хліба, збагаченого рослинними інгредієнтами, з доказами здатності рослинних інгредієнтів демонструвати корисні для здоров'я властивості під час короткострокових випробувань на людях. Цей огляд показав, що велика характеристика рослин у хлібі для споживання людиною мала місце на лавці з деяким моделюванням травлення *in vitro*. Однак випробування впливу на здоров'я були обмежені короткостроковими дослідженнями, які розглядали лише гострі зміни в метаболізмі та фізіології. Дозування біологічно активної речовини у функціональному інгредієнті не повідомлялося чітко, особливо в дослідженнях глікемічної відповіді, які спиралися на стандартну «доступну» дозу вуглеводів. Крім того, рецептура хліба та пропорції або комбінація інгредієнтів у дозі хліба не стандартизовані. Наприклад, кількість і якість

клітковини можуть взаємодіяти з дією біоактивних молекул. Профілювання біологічно активних сполук із насіння олійних/деревних рослин/екстракту, бобових/квасолі було обмежене тим, що більшість авторів зосереджувалися лише на вторинних рослинних метаболітах і не визначали профіль усіх жирних кислот або вимірювали біоактивність конкретних антиоксидантів у масла з цих рослинних джерел. Крім того, слід суворіше контролювати дозу біоактивних речовин і повідомляти про неї. Наприклад, доза може бути віднесена до маси тіла та порівняння реакції чоловіків і жінок. Це вказує на деякі прогалини та області для майбутніх досліджень.

#### **1.4. Застосування ефірних олій у харчовій промисловості як антиоксидантні системи**

Ефірна олія визначається на міжнародному рівні як продукт, отриманий гідродистиляцією, дистиляцією з водяною парою або сухою дистиляцією або відповідним механічним процесом без нагрівання (для цитрусових) рослини або деяких її частин [72]. Це ароматичні маслянисті рідини, летючі, що характеризуються сильним запахом, рідко мають колір і зазвичай мають нижчу щільність, ніж у води. Їх може синтезувати кожен орган рослини (квіти, бруньки, насіння, листя, гілки, кора, трави, деревина, плоди та корінь) і, отже, витягуються з цих частин, де вони зберігаються в секреторних клітинах, порожнинах, каналах, епідермічних клітинах або залозистих трихомах [73, 74]. Ефірні олії становлять лише невелику частку рослинного складу; тим не менш, вони надають характеристики, завдяки яким ароматичні рослини використовуються в їжі, косметиці та фармацевтичній промисловості [75].

Пропорції компонентів, присутні в ефірних оліях, сильно відрізняються. Основні компоненти можуть складати до 85% ефірних олій, тоді як інші компоненти можуть бути присутніми лише в слідових кількостях [76]. Аромат кожної олії є результатом поєднання ароматів усіх компонентів,

і навіть незначні компоненти олії можуть відігравати важливу органолептичну роль [72].

Ефірні олії мають складний склад, що містить від десятка до кількох сотень компонентів. Переважна більшість компонентів, виявлених в ефірних оліях, включає терпени (з киснем або ні), причому переважають монотерпени та сесквітерпени. Тим не менш, аліл- і пропенілфеноли (фенілпропаноїди) також є важливими компонентами деяких ефірних олій [74].

Складність ефірних олій ускладнює кількісне визначення їх компонентів. Згідно з дослідженнями [72] існує принаймні чотири широко використовувані підходи: відносний відсоток поширеності, внутрішній стандарт, нормалізований відсоток поширеності, «абсолютна» або справжня кількісна оцінка одного або кількох компонентів з використанням внутрішніх та/або зовнішніх стандартів, а також кількісне визначення перевіченим методом.

Біогенетично терпеноїди та фенілпропаноїди мають різні первинні метаболічні попередники та утворюються різними шляхами біосинтезу. Шляхи, залучені до терпеноїдів, є мевалонатним і мевалонат-незалежним (дезоксисилулозофосфат) шляхом, тоді як фенілпропаноїди походять через шикіматний шлях [77, 78]. Деякі автори розглянули шляхи біосинтезу терпеноїдів і фенілпропаноїдів, відповідно, ферментів і ферменту задіяні механізми та інформацію про гени, що кодують ці ферменти [77, 78].

Генна інженерія метаболічних шляхів дала багатообіцяючі результати для покращення виробництва летких речовин. З цією метою бактерії, дріжджі та рослини були генетично змінені для виробництва терпеноїдів або летючих речовин, отриманих із шикімової кислоти. У недавній оглядовій статті зібрано декілька результатів різних авторів щодо виробництва летких метаболітів трансгенними мікроорганізмами та генно-інженерними рослинами [75]. Деякі автори дійшли висновку що цей тип підходу можна успішно використовувати для створення помітних рівнів терпеноїдів. Тим не менш, розробка деяких класів цієї групи сполук досить складна через те, що

пулу терпеноїдних попередників може бути недостатньо для виробництва значних кількостей потрібної сполуки [76].

У природі ефірні олії відіграють важливу роль у привабливості комах, сприяючи поширенню пилку та насіння або відлякуючи інших. Крім того, ефірні олії можуть також діяти як антибактеріальні, противірусні, протигрибкові, інсектициди, гербіциди або мати ефект відлякування трав'янистих тварин, зменшуючи їхній апетит до таких рослин. Ефірні олії також відіграють важливу роль в алелопатичній комунікації між рослинами [73, 74]. Виявлення деяких із цих біологічних властивостей, необхідних для виживання рослин, також стало основою для пошуку подібних властивостей для боротьби з кількома мікроорганізмами, відповідальними за деякі інфекційні захворювання людей і тварин.

Антиоксидантна активність ефірних олій є ще однією біологічною властивістю, яка викликає великий інтерес, оскільки вони можуть захистити харчові продукти від токсичного впливу окислювачів [75]. Крім того, ефірні олії, здатні поглинати вільні радикали, можуть відігравати важливу роль у профілактиці деяких захворювань, таких як дисфункція мозку, рак, серцеві захворювання та зниження імунної системи. Все більше доказів свідчить про те, що ці захворювання можуть бути наслідком пошкодження клітин, спричиненого вільними радикалами [76].

Якщо ефірні олії здатні поглинати деякі вільні радикали, вони також можуть діяти як протизапальні засоби, оскільки однією із запальних реакцій є окислювальний вибух, який відбувається в різних клітинах (моноцитах, нейтрофілах, еозинофілах і макрофагах). Фагоцитоз бактерій, який відбувається при запаленні, супроводжується різким збільшенням споживання кисню, що призводить до утворення супероксидного аніон-радикала ( $O_2 \bullet^-$ ), який швидко перетворюється на пероксид водню ( $H_2O_2$ ) спонтанно або під дією ферменту супероксиддисмутази. Перекис водню також може бути відновлений іонами перехідних металів, утворюючи гідроксильний радикал ( $HO\bullet$ ), один із найсильніших окислювачів, який може



швидко реагувати з поліненасиченими жирними кислотами, що призводить до утворення пероксильних радикалів ( $\text{ROO}\cdot$ ). Перекис водню також може окислювати галогенідні іони ( $\text{Cl}^-$ ) до хлорноватистої кислоти ( $\text{HOCl}$ ), яка є сильним окислювачем, який може реагувати з амінами, утворюючи хлораміни, деякі з них дуже токсичні [79]. Ці радикали широко відомі як ROS (активні форми кисню). Незважаючи на це, під час запального процесу також відбувається утворення інших вільних радикалів, які називаються RNS (реактивні види азоту). Оксид азоту ( $\cdot\text{NO}$ ) і аніон пероксинітриту ( $\text{ONOO}^-$ ) є двома прикладами такого роду радикалів. Оксид азоту виробляється у великих кількостях індукційними синтазами оксиду азоту ( $\text{iNOS}$ ) в активованих макрофагах і нейтрофілах під час захисних та імунологічних реакцій. Однак цей реактивний вид також може проявляти свою токсичність, утворюючи пероксинітрит-аніон після реакції з супероксидним аніон-радикалом [80].

Антиоксиданти можуть діяти як фізичні бар'єри для запобігання утворенню вільних радикалів або доступу вільних радикалів до важливих біологічних сайтів (УФ-фільтри, клітинні мембрани); хімічні пастки/стоки, які «поглинають» енергію та електрони, гасять вільні радикали (каротиноїди, антоціанідини). Каталітичні системи, які нейтралізують або відводять вільні радикали (антиоксидантні ферменти – супероксиддисмутаза, каталаза та глутатіонпероксидаза; зв'язування/інактивація іонів металів для запобігання генерації вільних радикалів (феритин, церулоплазмін, катехіни); і антиоксиданти, що розривають ланцюг, які поглинають і руйнують вільні радикали (аскорбінова кислота, токоферолі, сечова кислота, глутатіон, флавоноїди) [80]. Таким чином, на основі такого способу дії, антиоксиданти можна класифікувати як первинні, вторинні або ко-антиоксиданти. Первинні антиоксиданти здатні швидко віддавати атом водню ліпідному радикалу, утворюючи новий радикал, який є більш стабільним. Вторинні антиоксиданти реагують з ініціюючими радикалами (або пригнічують

ініціюючі ферменти) або знижують рівень кисню (без утворення активних радикалів).

Отже, ці вторинні антиоксиданти можуть уповільнювати швидкість реакції ініціації радикалів шляхом усунення ініціаторів. Це можна зробити шляхом дезактивації високоенергетичних видів (синглетного кисню); поглинання ультрафіолету; поглинання кисню; хелатуючий метал, який каталізує вільнорадикальну реакцію, або інгібуючі ферменти, такі як пероксидази, НАДФН-оксидаза, ксантинооксидаза, серед інших окислювальних ферментів [80].

Прямі та непрямі методи були застосовані для визначення розривної антиоксидантної активності натуральних продуктів. Прямі методи засновані на вивченні впливу тестованого продукту (наприклад, їжі), що містить антиоксиданти, на окислювальну деградацію тестової системи. Субстратом окислення можуть бути окремі ліпіди, ліпідні суміші (олії), білки, ДНК, плазма крові, ЛПНЩ, біологічні мембрани. Залежно від розчинності зразків можуть використовуватися гомогенні ліпіди або мікрогетерогенні системи (міцели та ліпосоми). Непрямий метод вивчає здатність антиоксиданту поглинати частину вільних радикалів, яка не пов'язана з реальною окисною деградацією [77, 78].

#### *1.4.1. Методи визначення антиоксидантної активності*

Окиснення ліпідів є складною реакцією, яка може відбуватися трьома різними шляхами:

1. Неферментативні ланцюгові реакції, опосередковані вільними радикалами;
2. Неферментативне, нерадикальне фотоокислення;
3. Ферментативні реакції [76].

Перший шлях призводить до ініціації швидко прогресуючих, деструктивних ланцюгових реакцій, породжуючих гідропероксида та летючі

сполуки, як правило, через трифазний процес: ініціювання, поширення та припинення.

Фаза ініціації включає гомолітичний розпад водню в  $\alpha$ -положенні відносно подвійнийого зв'язку ланцюга жирної кислоти, що призводить до утворення алільного радикалу. Ці види високо нестабільні, короткоживучі проміжні сполуки, які стабілізуються шляхом відриву водню від іншого хімічні види або швидко реагують з киснем з утворенням пероксильного радикалу (фаза розповсюдження). У фазі розмноження утворені пероксильні радикали можуть додатково окислювати ліпід, утворюючи гідропероксиди. Вони стабілізуються за допомогою перегруповання подвійних зв'язків (електронної делокалізації), що виникає з кон'югованих дієни і триєни. Ці проміжні продукти розкладаються, утворюючи спирти, альдегіди, алкілформіати, кетони, вуглеводні, алкоксильні радикали і мурашину кислоту.

При оцінці перекисного окислення ліпідів можна використовувати кілька ліпідних субстратів, тобто олії та жири, лінолева кислота, метилові ефіри жирних кислот і ліпопротеїни низької щільності (ЛПНЩ). Антиоксидантна активність в таких системах можна виявити шляхом вимірювання субстрату та споживання окислювача, а також проміжних продуктів або формування кінцевої продукції [76].

Існує кілька тестів для визначення первинних і вторинних продуктів окислення ліпідів.

З останніх робіт, опублікованих у наукових журналах про антиоксидантну активність есенціальних олій, можна зареєструвати таку різноманітність за оцінкою антиоксидантної активності ефірних олій.

#### *1.4.1.1 Оцінка рівня перекисного окислення за допомогою тіоціанату заліза*

При окисненні лінолевої кислоти утворюються пероксиди (первинні продукти окиснення), які окислюють  $\text{Fe}^{2+}$  до  $\text{Fe}^{3+}$ . Останні іони утворюють

комплекс з тіоціанатом, і цей комплекс має максимальне поглинання при 500 нм. Таким чином, висока абсорбція вказує на високий рівень окислення лінолевої кислоти. Використовуючи цей метод, деякі автори [76] виявили, що *Lavandula angustifolia* Mill – олія з Австралії була значно ефективнішою проти перекисного окислення ліпідів, ніж будь-яка інша досліджена олія. Така олія переважно складалася з ліналоолу та ліналілацетату.

#### *1.4.1.2. Аналіз сполучених дієнів*

Антиоксидантну дію досліджуваних речовин можна оцінити, спостерігаючи за утворенням кон'югованих дієнів на ранній стадії перекисного окислення ліпідів. Гідропероксиди, утворені з метиллінолеату шляхом окислення при 40 °С, вимірювали [81] протягом часу спектрофотометрично при довжині хвилі 234 нм (для сполученого дієнового поглинання). Олії *Thymus vulgaris* L. (чебрець), [*Eugenia caryophyllus* (C.Spreng) Bull et Hare] (гвоздика) і *Ocimum basilicum* L. (базилік) мали значну антиоксидантну активність, порівнянну з активністю  $\alpha$ -токоферолу [81]. В олії чебрецю переважали р-цимол і тимол; у гвоздиковій олії переважали евгенол і  $\beta$ -каріофілен; а в базиліковій олії основними компонентами були ліналоол, ізоанетол і евгенол. Усі ці компоненти, присутні в різних відносних відсотках в оліях, мали однакову здатність запобігати перекисному окисленню ліпідів.

#### *1.4.1.3. Тест на відбілювання $\beta$ -каротину*

Метод відбілювання  $\beta$ -каротину (спільне окислення  $\beta$ -каротину та лінолевої кислоти) оцінює відносну здатність антиоксидантних сполук у рослинних екстрактах поглинати радикал пероксиду лінолевої кислоти, який окислює  $\beta$ -каротин у фазі емульсії.  $\beta$ -каротин за відсутності антисоданту зазнає швидкого знебарвлення, оскільки вільний радикал лінолевої кислоти атакує  $\beta$ -каротин, який втрачає подвійні зв'язки і, отже, свій оранжевий колір.

З семи видів гімалайських лаврових ефірних олій *Dodecadenia grandiflora* Nees, *Lindera pulcherrima* (Nees) Benth. ex Hook. f. і *Persea gamblei* (King ex Hook. f.) Kosterm змогли інгібувати окислення лінолевої кислоти. В олії переважали сесквітерпеноїди. В олії *Dodecadenia grandiflora* переважали фуранодієн і гермакрен D, тоді як фуранодієн і курзеренон був основним компонентом олії *Lindera pulcherrima* [81]. Олії *Persea gamblei* складалися з  $\beta$ -каріофілену,  $\gamma$ -гурджунену та  $\beta$ -кубенену. Такі дії не залежали від присутності фенольних сполук в ефірних оліях.

Мігрі та ін. (2010) [82] вивчали антиоксидантну активність ефірних олій *Artemisia herbaalba* Asso. Використовувалися різні методи, одним із яких був тест на  $\beta$ -відбілювання. Вони знайшли чотири типи олії:  $\beta$ -туйон,  $\alpha$ -туйон, туйони ( $\alpha + \beta$ ) і 1,8-цинеол/камфора/туйони ( $\alpha + \beta$ ). Усі ці масла показали слабку антиоксидантну здатність запобігати окисленню лінолевої кислоти. Олія, багата  $\beta$ -туйоном, продемонструвала найкращий відсоток інгібування (12,5 %), однак значно нижчий, ніж Бутилгідроксианізол (89,2%). Такі результати автори пояснюють відсутністю нефенольних сполук [82].

Ефірні олії різних частин *Myrtus communis* var. *italica* L. лист, стебло і квітка були хімічно оцінені.  $\alpha$ -пінен і 1,8-цинеол переважали в листовій олії; 1,8-цинеол,  $\alpha$ -пінен, транскаріофіллен і ліналоол є основними компонентами олії стебла, тоді як у квітковій олії, поряд з цими 4 компонентами були також  $\alpha$ -терпінеол і евгенол. Листя і квітки олії мали найкращу антиоксидантну активність, проте поступається активності бутиловому гідроокситолуолу і Бутилгідроксианізол. Автори [83] приписують такі слабкі активності до низького рівня фенольних сполук (евгенол у квітках) або навіть відсутність їх (стебло та лист). Тим не менш, незважаючи на це, варто згадати подібні дії, виявлені в листових і квіткових оліях відсутність фенолів у листових оліях.

Антиоксидантна активність *Humenocrater longiflorus* Benth. з Ірану було оцінено [84] на прояв антиоксидантних властивостей. Основні компоненти олії включали  $\alpha$ -пінен, 1,8-цинеол,  $\beta$ -евдесмол, спатуленол, гедикаріол,

δ кадинен, серед інших компонентів, все ж переважає серед оксигенованих сесквітерпенідів (47,4 %). Ефірні масла були здатні пригнічувати відбілювання β-каротину. Відсоток інгібування було навіть близьким (66,4 %) до інгібування неполярної субфракції (хлороформної кислоти) (69,1 %), що показало найкращу активність. Однак автори не пояснили, якими є ці результати і чи вони суперечать тим, які були отримані, коли антиоксидантну активність вимірювали іншим методом, в яких найбільшу активність мала полярна фракція, багата фенольними сполуками [83]. Також було досліджено антиоксидантну активність інших олій, виділених з різних іранських рослин [85]. В обох випадках діяльність була слабкою. Відсоток інгібування олії *Salvia eremophila* Boiss становила приблизно одну третину від активності бутилового гідрокситолуолу, на відміну від метанольних екстрактів тієї ж рослини. Автори вважали, що відсутність фенолових сполук в маслах, є відповідальним за таку слабку антиоксидантну активність.

### **1.5. Висновки з літературних джерел**

У цьому огляді об'єднано опубліковані дані щодо рослинних інгредієнтів та їхніх біологічно активних властивостей, які можуть сприяти функціональності хліба при споживанні завдяки підвищенню вмісту фенолів і поліфенолів, підвищенню антиоксидантної активності та подовженню терміну зберігання хліба через порушення окислення ліпідів і білків. Гострі ефекти, про які повідомлялося, включали пригнічення апетиту, зниження діастолічного артеріального тиску та покращення рівня глікемії, інсулінемії та антиоксидантного статусу крові. Додавання до хліба функціональних інгредієнтів рослинного походження може посилити корисні властивості хліба та зменшити кількість харчових відходів. Майбутня робота в цій галузі також повинна оцінити стійкість і доступність рослинних інгредієнтів для функціонального хліба.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналітичний огляд патентних та наукових публікацій та дослідження відповідно до обраної теми й мети магістрантом виконано у лабораторії «Технологій, аналізу та експертизи харчової продукції і води» кафедри ХБ ТНТУ ім. І. Пулюя.

Враховуючи технологію виробництва хліба та основну сировину, яка використовується було проаналізовано значний обсяг літературних джерел щодо пошуку природної сировини, яка б забезпечила збагачення пшеничного білого хліба антиоксидантними речовинами – поліфенольної групи. На підставі цих даних сформульовано мету й завдання, яку необхідно виконати. В основному мета мала на увазі підвищити поживну та антиоксидантну активність хліба шляхом заміни води для замісу тіста на морквяний сік.

Об'єкт дослідження: морквяний сік, пшеничне борошно, тісто пшеничне з морквяним соком, антиоксидантна активність хліба, органолептичні показники.

Предмет дослідження: технологічні й біохімічні зміни в тісті з морквяним соком, показники антиоксидантної активності у хліб пшеничному з морквяним соком.

Методи дослідження: оглядово-пошукові (джерела поліфенольних сполук і антиоксидантних речовин, якими можна збагатити пшеничний хліб); технологічні (кислотність й рН тіста, бродильна активність, підйомна сила тіста); хімічні (вміст загальних поліфенолів; антиоксидантна активність) органолептичні, статистичні.

Матеріалом для досліджень було борошно пшеничне вищого ґатунку, морквяний сік з м'якоттю та технологія хліба пшеничного з додаванням морквяного соку із м'якоттю у чотирьох кількісних варіантах: 25 %, 35 %, 50 % та 75 % до кількості води в рецептурі.



**Рис. 2.1. Схеми виконання завдань за темою**

Матеріалом для досліджень було борошно пшеничне вищого ґатунку, морквяний сік з м'якоттю та технологія хліба пшеничного з додаванням



морквяного соку із м'якоттю у чотирьох кількісних варіантах: 25%, 35%, 50% та 75 % до кількості води в рецептурі.

Дослідний хліб випікали з використанням однофазного методу в лабораторних умовах за традиційною технологією. Схема проведення оцінки хліба з різною кількістю морквяного соку наведена на рис. 2.1.

У першій частині роботи було проаналізовано фізико-хімічний склад морквяного соку різних виробників та пшеничного борошна вищого та першого сортів.

У другій – розроблено рецептуру дослідних зразків хліба з морквяним соком та оцінено тісто за технологічними показниками.

У третій – дослідженню піддався свіжий хліб пшеничний з морквяним соком за за антиоксидантними показниками та органолептичними властивостями.

У четвертій розроблено інженерно-графічні зображення технології виробництва хліба пшеничного

У процесі проведення дослідження нами застосовано групу методів для оцінки технологічних параметрів тіста (кислотність тіста його питомий об'єм, формостійкість, газоутворююча здатність), оцінку готового хліба з морквяним соком проводили за показниками (загальний вміст поліфенолів, вміст радикалів DPPH, органолептичні властивості) при цьому використовували стандартні методи наведені в матеріалах [1, 3, 91, 92, 93, 94, 95].

Статистичний аналіз даних експериментів проводили за допомогою компютерної програми Statistica 10, а результати вважали вірогідними при  $P \leq 0,05$ .

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

#### **3.1. Перспективи підвищення біологічної цінності пшеничного хліба за допомогою рослинної та овочевої сировини**

Рецептура хліба з рослинними функціональними харчовими інгредієнтами може підвищити його біоактивні властивості. Наприклад, інгредієнти, що підвищують концентрацію поліфенолів і каротиноїдів, посилюють антиоксидантні властивості хліба [1]. Для цільнозернового хліба, такого як житній, з додаванням олії, термін зберігання та текстура хліба покращуються, але підвищується потенціал окислення ліпідів [2, 3]. Додавання біологічно активних сполук із рослинних функціональних інгредієнтів до цього хліба може пригнічувати окислення ліпідів і білків, а також уповільнювати ріст цвілі та уповільнювати псування хліба [4]. Невідомо, чи призведуть ці підвищені біологічно активні властивості хлібної матриці до покращення показників здоров'я та зниження ризику захворювання після вживання хліба.

У всьому світі рафінований хліб є широко вживаним продуктом харчування [1]. Основними інгредієнтами для приготування хліба є біле пшеничне борошно, дріжджі та вода. Пшеничне борошно є основним інгредієнтом для більшості видів хліба завдяки забезпеченню під час хлібного тіста розвитку в'язкопружної мережі білками глютену, глютеніном і гліаденіном [6]. Рафіноване борошно добре зберігається порівняно з цільнозерновим борошном, оскільки зародки та висівки, багаті поживними речовинами, видалені, а ядро містить мінімальну кількість харчових волокон і мало поживних речовин. Проте традиційний білий хліб є їжею з високим глікемічним індексом, що суттєво сприяє глікемічному навантаженню під час такої дієти, які містять велику кількість хліба. При споживанні білий хліб асоціюється з вищою швидкістю постпрандіального вивільнення глюкози та

нижчим відчуттям насичення, ніж хліб, приготовлений із цільної їжі [7]. Ці фактори тісно пов'язані з розвитком цукрового діабету 2 типу [8]. У зв'язку з цим білий хліб можна використовувати як відповідне середовище для зміни рецептури та доставки рослинних інгредієнтів як для збільшення щільності поживних речовин, уповільнення вивільнення глюкози після прийому їжі, так і для надання можливих функціональних переваг фітохімічних речовин, які можуть регулювати метаболічні функції людини та мати благотворний вплив на здоров'я [1, 9].

Багато фітохімічних речовин, таких як каротиноїди, фенольні кислоти, дубильні речовини, стильбени, лігнін і кумарини, демонструють біоактивність, включаючи інгібування активності ферменту  $\alpha$ -амілази, що сповільнює перетравлення вуглеводів [10]. Проте кілька потенційних наслідків для здоров'я, пов'язаних із біологічно активними сполуками, присутніми в рослинах, були перевірені на моделях *in vitro* без підтвердження під час випробувань на людях [11, 12, 13].

Значна частина дослідників розглядає перспективу включення в хліб борошна з харчових побічних продуктів рослинного походження, таких як висівки та насіння, і повідомили про потенціал підсилення поживними біоактивними речовинами виробу та позитивний вплив на здоров'я при споживанні [14]. Тому надзвичайно актуальним є використання потенціалу інгредієнтів і екстрактів цільного рослинного походження в хлібобулочних виробках. До рослинних інгредієнтів належать фрукти та овочі, насіння, трави, листя та кореневища бульб, які є перспективними до включення у рецептуру хліба. До того ж усі додані потенційно корисні рослинні компоненти мають мати позитивні наслідки для здоров'я споживачів. Нас зацікавили теоретичні та практичні дослідження щодо можливості додавання овочевих чи фруктових соків у технологію виготовлення білого пшеничного хліба, як носіїв біологічно-активних сполук. Адже додавання самих овочів до випічки суттєво змінює її фізико-хімічні характеристики [2, 3]. При цьому для здійснення такої мети необхідно провести дослідження з оцінки різних

кількостей овочевих соків, щоб знайти найкраще співвідношення, яке дозволяє зберегти прийнятність споживачів з оптимальними параметрами якості. Таким чином, крім підвищення харчової цінності, очікується покращення органолептичних показників і загальної якості продукту.

### **3.2. Оцінка придатності сировини для виробництва хліба на морквяному соці**

На першому етапі було проведено оцінку сировини, яка використовуватиметься для виробництва хліба, зокрема ми будемо планувати додавати морквяний сік, який багатий на вміст антиоксидантних речовин, таких як бета-каротину та фенольних речовин, флаваноїдів, тому проведено оцінку соків від трьох різних виробників (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

#### **Оцінка морквяного соку за показниками, які важливі для збагачення пшеничного хліба, $M \pm m$ , $n=3$**

Сік, номер виробника	Загальна кількість фенольних речовин, мг/100 г	Титрована кислотність, мг/100 мл	pH	Бета-каротин, 100 мл
1	$31,3 \pm 0,7$	$0,19 \pm 0,01$	$6,3 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,1$
2	$30,7 \pm 0,5$	$0,18 \pm 0,01$	$6,3 \pm 0,1$	$2,3 \pm 0,1$
3	$32,5 \pm 0,8$	$0,18 \pm 0,01$	$6,1 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,1$

З даних табл. 3.1 відмічається не суттєву різницю у вмісті біологічно цінних речовин у складі соку від трьох досліджених виробників. При цьому кількість загальних фенольних сполук становила в діапазоні 30,0 – 32,5 мг/100 г, що є вважається достить значним вмістом і є перспективною добавкою для виробництва хліба. Серед широко поширених і традиційних овочів, тільки буряк червоний має більший вміст даних фенольних сполук (100 – 120 мг/100 г) [86], це вказує, що морквяний сік буде збагачувате

пшеничний хліб даними антиоксидантними речовинами. Величнна титрованої кислотності і рн морквяних соків характеризують його як слабокислотний продукт з рн  $6,2 \pm 0,1$  од, таке значення рн і титрована кислотність буде впливати позитивно на технологію бродіння і зберігання хліба. Хоча виробники соків для подовження терміну зберігання могли ввести у його склад різні органічні кислоти – консерванти, тому слабо кисле рн морквяного соку, ще може бути повязане із додаванням кислот.

Відомо, що морквяний сік характеризується суттєвим вмістом попередників вітаміну А, бета-каротину і серед інших соків морква вважається одна з овочів, яка має найбільшу кількість цієї есенціальної речовини. Бета каротин був у морквянуому соці, в середньому  $2,3$  мг/100 мл. Така кількість буде збагачувати хліб бета-каротином.

Таблиця 3.2

**Поживна цінність морквяного соку за показниками, які важливі для збагачення пшеничного хліба,  $M \pm m$ ,  $n=3$**

Сік, номер виробника	Калорійність, кал.100 г	Масова частка жиру, %	Масова частка білку, %	вуглеводи, 100 мл
1	$35,0 \pm 1$	0,2	$0,8 \pm 0,1$	$7,2 \pm 0,1$
2	$41 \pm 1$	0,1	$1 \pm 0,1$	$8,0 \pm 0,1$
3	$38 \pm 1$	0,2	$0,9 \pm 0,1$	$8 \pm 0,1$

Оцінка показників поживної цінності морквяного соку виявила (табл. 3.2), що морквяний сік вважається низькокалорійним напнтком, оскільки кількість калорій становила від  $35,0 \pm 1$  до  $41 \pm 1$  г в 100 мл соку. Також усі досліджені морквяні соки мали низький ( $< 1$ ) вміст жиру, білка та харчових волокон, тому його додавання до хліба не буде вносити значного вмісту, щоб негативно позначилося на загальному виробі.

Отже, з аналізу морквяного соку різних виробників відзначаємо, що у ньому наявна помірна кількість загальних фенолів, бета-каротину,

слаболужне рН середовище, що робить його перспективним як носія даних речовин для покращення біологічної цінності хліба.

Поряд з оцінкою морквяного соку було визначено хлібопекарські властивості пшеничного борошна вищого та першого гатунків (див. результати табл. 3.3)

Таблиця 3.3

**Основні хлібопекарські показники борошна з пшениці [24, 87]**

Показники	Пшеничне борошно, вищий гатунок	Пшеничне борошно перший гатунок
Вміст клейковини, %	37,2 ± 0,4	36,5 ± 0,4
Розтяжність клейковини, см	14,2 ± 0,3	14,7 ± 0,3
Білки, г/кг	13,4 – 15,9	14,2 – 16,5
Незамінні амінокислоти, мг/ 100 г	45,8 ± 2,4	45,8 ± 2,4
Перетравність протеїну, %	77,5 ± 1,2	75,1 ± 1,3
Кислотність, град	4,6 ± 0,1	5,8 ± 0,1

З табл 3.3 бачимо не суттєві зміни у разі використання борошна пшеничного різних гатунків у разі його використання у технології виробництва хліба на морквяному соці. Основні відмінності відмічалися у перетравлюваності борошна у нижчого гатунку вона менша, через більшу кількість у ньому грубших фракцій з поверхні зерна. Разом з тим виявлено збільшення кислотності борошна першого гатунку, у порівнянні з борошном вищим, що обумовлено більшою кількістю кислот, які входять у поверхневий склад зерна.

Отже, пшеничне борошно вищого і першого гатунку з якого ми маємо виробляти хліб на морквяному соці цілком підходить за основними хлібопекарськими показниками. До того ж можна підсумувати, що

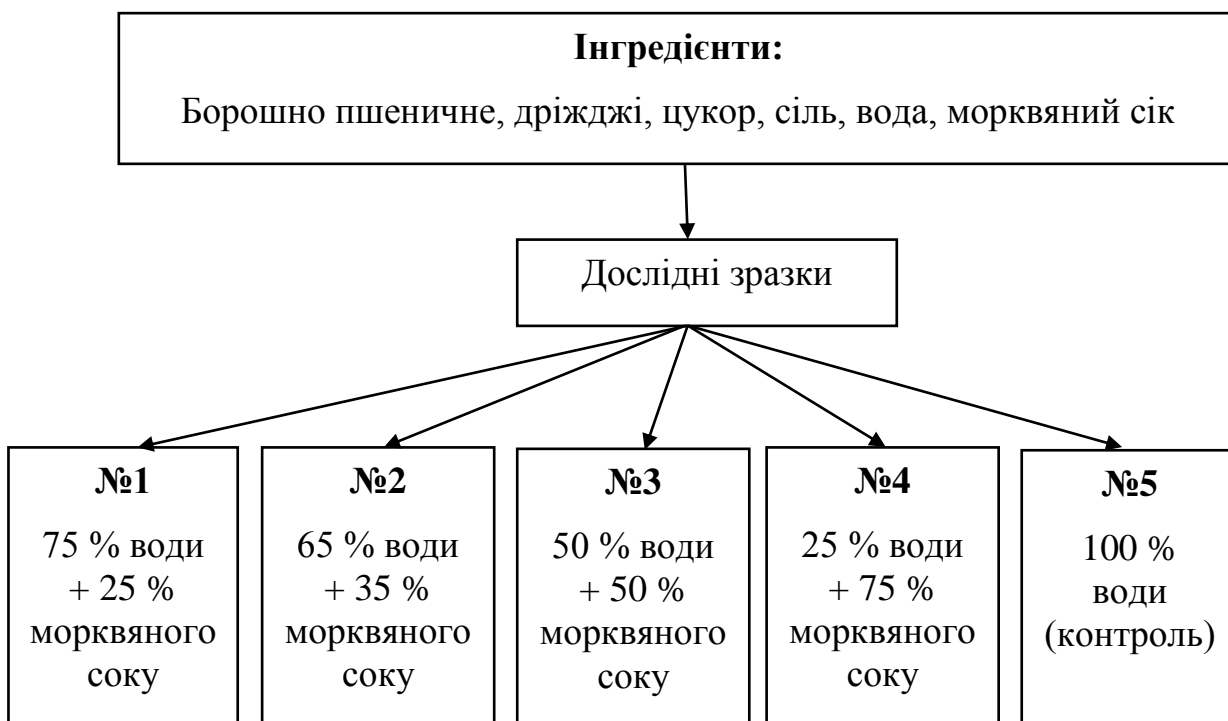
досліджена нами сировина (морквяний сік різних виробників та борошно вищого і першого гатунків) цілком підходить для виробництва виробів високої якості і поживності. При цьому пшеничний хліб може бути основою носієм для збагачення його поліфенолами.

### **3.3. Розробка рецептури та оцінка параметрів тіста пшеничного виготовленого на морквяному соці**

Використання натуральних інгредієнтів як джерела антиоксидантів і функціональних добавок у хлібі та інших хлібобулочних виробках є світовим трендом [3]. У виробництві хліба та інших хлібобулочних виробів використовується переважно біле очищене борошно вищого та першого сортів, однак фенольні сполуки переважно (понад 80 % загального вмісту) присутні у фракціях висівок і зародків [1]. У пшениці фенольні сполуки існують у вільнорозчинній, розчинно-кон'югованій та нерозчинно-зв'язаній формах [1, 3]. Це вказує на те, що хлібопекарська продукція, яка вироблена з борошна вищих сортів характеризується низьким вмістом фенольних речовин та флаваноїдів.

Овочеві соки порівняно зі свіжими продуктами доступні незалежно від пори року та мають довший термін зберігання. Але через технологічні процеси соки мають нижчу харчову цінність порівняно зі свіжими овочами. Традиційне виробництво соку з механічним пресуванням сула призводить до отримання злегка каламутного соку та вичавок. Морква є гарним джерелом каротиноїдів і харчових волокон і має сприятливий вплив на здоров'я [87]. Вживання морквяного соку посилює антиоксидантну активність і зменшує перекисне окислення ліпідів, а також може зменшити фактори ризику серцево-судинних захворювань у дорослих. До того ж серед овочевих соків споживачі в усьому світі найбільше вибирають морквяний і томатний.

Тому нами запропоновано ввести у технологію виробництва пшеничного хліба з борошна вищого чи першого сорту морквяний сік. Було розроблено декілька дослідних зразків результати, яких наведено на рис. 3.1.



**Рис. 3.1. Дослідні зразки виробів**

З рис. 3.1 видно, що ми створили рецептуру з чотирьох дослідних зразків хліба пшеничного у яких вода для приготування тіста була частково замінена на морквяний сік. Зокрема, ми у зразку №1 дали 25 % морквяного соку від загальної кількості води, яку використовували, у зразку №4 кількість води було найменше, а кількість соку морквяного найбільша – 75 % за масою, при цьому дослідний зразок №5 використовували як контрольний до якого морквяний сік не входив.

Таким чином за рецептурою даних дослідних зразків було приготовлено – замісено чотири тіста для хліба пшеничного, а п'ятий зразок був для порівняння.

Визначено ряд показників, як характеризують ферментативні зміни у тісті за його тригодинного часу бродіння з різним вмістом морквяного соку,



який використали для замісу. Дані щодо величини кислотності у тісті з морквяним соком наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

**Показники кислотності зразків тіста в рецептурі якого воду  
замінили на морквяний сік,  $M \pm m$ ,  $n=5$**

№п/п	Відсоток заміни води на морквяний сік	Кислотність, град, тривалість бродіння, хв			
		0	60	120	180
1	75 % води + 25 % морквяного соку	1,55 ± 0,02	1,85±0,03	2,36±0,03	2,87±0,03
2	65 % води + 35 % морквяного соку	1,57 ± 0,03	1,79±0,03	2,42±0,03	2,93±0,03
3	50 % води + 50 % морквяного соку	1,71±0,03	1,91±0,03	2,53±0,03*	3,08±0,03*
4	25 % води + 75 % морквяного соку	1,83±0,00	1,99±0,01	2,65±0,03*	3,17±0,03*
5	100 % вода (контроль)	1,49 ± 0,02	1,79 ± 0,03	2,29 ± 0,03	2,78±0,03

Примітка: \* $p < 0,05$  – порівнюючи із кислотністю у тісті на самій воді (контролі)

Виявлено табл. 3.4, що додавання овочевих соків взамін води під час замісу викликало динамічні зміни титрованої кислотності у пшеничному тісті за його 180 хвилинного бродіння. Водночас, незалежно від відсотка морквяного соку в рецептурі, кислотність тіста статистично вірогідно зростала порівняно з тістом-контролем. Виявлено, що підвищення

кислотності залежало від кількості органічних кислот, що містяться в доданому соці. Про що свідчить дозозалежний ефект зростання кислотності від кількості заміни води. Зокрема, у зразку тіста в якому було замінено 50 % води на морквяний сік кислотність через 180 хв бродіння складала  $3,08 \pm 0,03$  град, така кількість на 0,3 град більша, проти тіста у контролі, а у випадку заміни 75 % води на морквяний сік вміст кислоти у тісті був вже більши на 0,4 град. Аналогічні дані було отримано і при вимірюванні рН тіста з різним вмістом морквяного соку за його бродіння. Зростання кислотності тіста і готових виробів є позитивним у хлібопекарській галузі, оскільки хлібобулочні вироби з вищою кислотністю краще зберігаються і не піддаються псуванню.

Отже, даний результат є свідченням, що значення кислотності тіста, а відповідно і готового хліба можна дещо підвищити у разі часткової заміни води на морквяний сік. При цьому за нашими даними доцільно, щоб заміна води на морквяний сік становила не менше 50 %.

Неабияке значення мали дослідження з оцінки тіста за показником питомого об'єму у разі заміни води для замісу останнього на морквяний сік. Цей показник має суттєве значення, оскільки від нього залежить в майбутньому величина готового виробу. Тому ми дослідили дану величину під час усього 180 хв процесу бродіння тіста. Дані приведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

**Показники питомого об'єму зразків тіста в рецептурі якого воду замінили на морквяний сік,  $M \pm m$ ,  $n=5$**

№п /п	Відсоток заміни води на морквяний сік	Питомий об'єм, $\text{см}^3/\text{г}$ , через 180 хв бродіння тіста			
		0	60	120	180
1	75 % води + 25 % морквяного соку	$0,93 \pm 0,03$	$1,09 \pm 0,03$	$1,43 \pm 0,03$	$1,58 \pm 0,03$

2	65 % води + 35 % морквяного соку	0,93±0,03	1,17±0,03	1,51±0,03*	1,67±0,04*
3	50 % води + 50 % морквяного соку	0,94±0,03	1,29±0,03	1,62±0,03*	1,78±0,03*
4	25 % води + 75 % морквяного соку	0,94±0,01	1,34±0,01	1,66±0,01*	1,84±0,01*
5	100 % вода (контроль)	0,91±0,02	1,00±0,03	1,35±0,03	1,44±0,03

Примітка: \* $p < 0,05$  – порівнюючи із питомим об'ємом у тісті на самій воді (контролем)

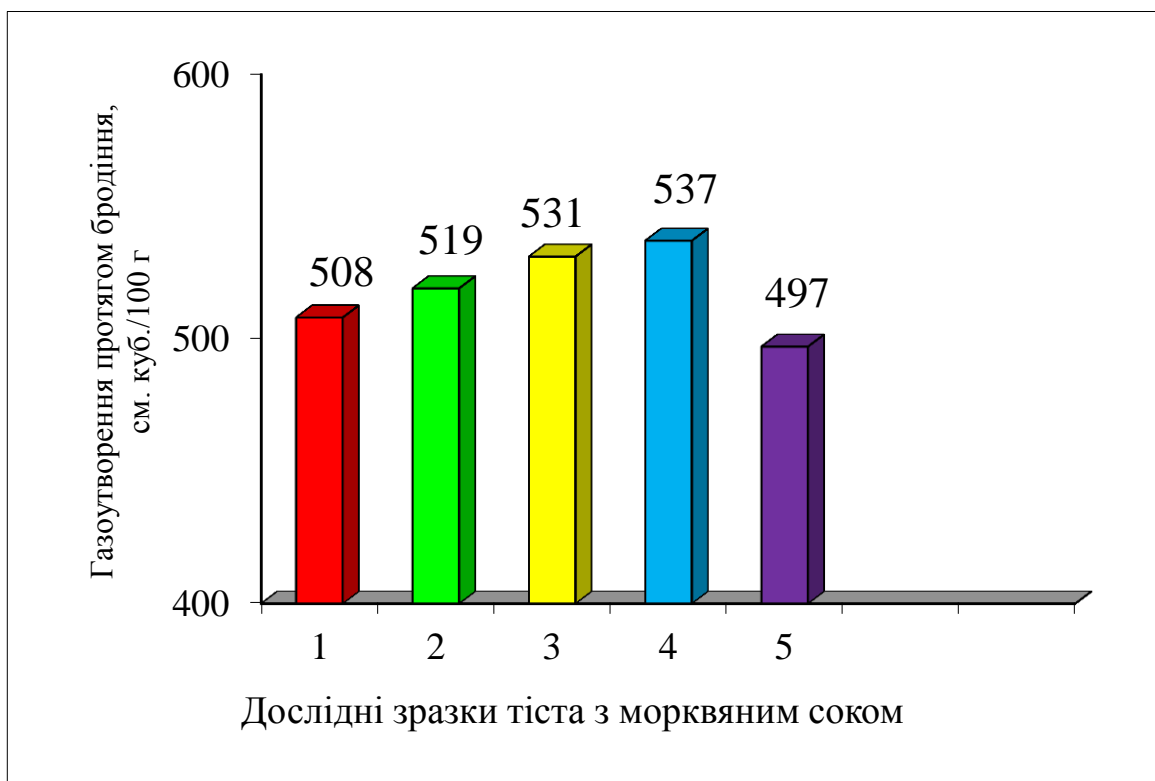
Аналізуючи дані табл. 3.5 хочеться відзначити, що на питомий об'єм напівфабрикатів суттєво вплинуло, коли в процесі приготування хліба воду замінили соками з моркви. Збільшення частки морквяного соку у рецептурі (25, 35, 50 та 75 % об./об.) призвело до статистично достовірного збільшення об'єму напівфабрикатів. Ми підозрюємо, що титрована кислотність, рН і вміст вуглеводів у доданих соках зіграли важливу роль у цьому випадку. Морквяний соки мали найвищий вміст вуглеводів і рН близько 6,0, що покращувало хлібопекарські властивості тіста та збільшувало об'єм напівфабрикатів. Так виявлено, що за використання морквяного соку в кількості 25 – 35 % взамін води під час бродіння питомий об'єм тіста через три години був на приблизно на 0,23 см<sup>3</sup>/г більший, ніж у контрольному тісті без соку.

Тісто, яке замішане на морквяному соці у співвідношенні до води 1 до 1 мало питомий об'єм на 32 см<sup>3</sup>/г більший за тісто-контроль, а у випадку використання 75 % соку і 25 % води об'єм тіста на всіх вимірюваних стадіях був найбільший і становив 1,84 ± 0,01 см<sup>3</sup>/г, проти 1,44±0,03 см<sup>3</sup>/г у

контрольному тісті на звичайній воді. Це вказує, що величина готових батноів хліба пшеничного у разі використання для замісту від 50 до 75 % взамін води морквяного соку буде більша, що позитивно вплине на споживчі властивості.

Таким чином, питомий об'єм тіста вірогідно збільшується у разі заміни води для замісу на морквяний сік, за нашими даними оптимальним значенням вмісту морквяного соку буде близько 50 – 75 %.

У табл. 3.1 та 3.2 було показано, що морквяний сік крім фенольних сполук, ще містить вуглеводи, харчові волокна, вітаміни, білки й жири, хоч і у невеликих кількостях. Проте, вони є додатковим джерелом живильних речовин, які можуть підвищити бродильну активність дріжджів під час бродіння. Саме показник, який характеризує біохімічну активність внесених дріжджів та мікрофлори борошна під час стадії бродіння є газоутворювальна здатність тіста. Це показник вказує на спроможність борошна забезпечити дріжджову мікрофлору достатньою кількістю живильних речовин. Результати даного дослідження наведено на рис. 3.2



**Рис. 3.2. Показники газоутворення протягом бродіння тіста в рецептурі якого воду замінили на морквяний сік,  $M \pm m$ ,  $n=5$**

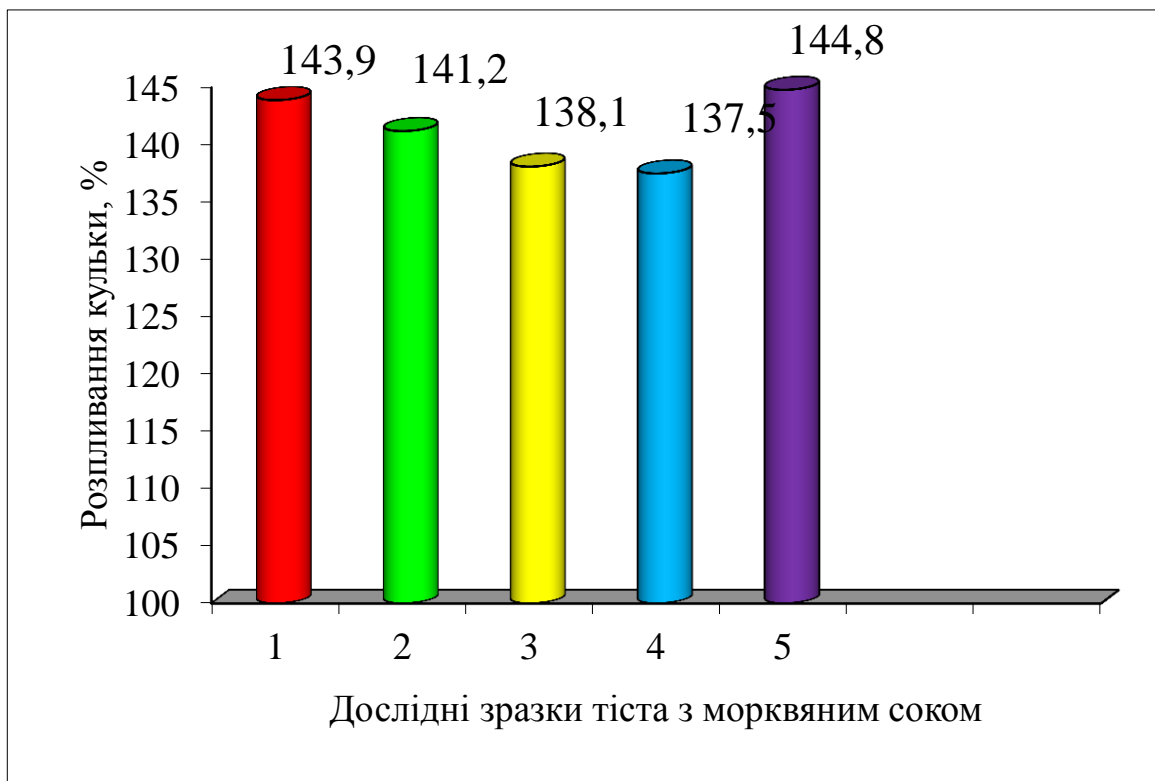
З рисунку бачимо, що найнижча газоутворювальна здатність борошна була у зразку один-контролі й становила  $497 \pm 2 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ , що вказує на правильне наше припущення, що збагачення тіста морквяним соком підвищить його газоутворювальну здатність.

З підвищенням концентрації морквяного соку у тісті вірогідно збільшувало газоутворювальну здатність, так у пробах у яких вміст води був замінений на сік з моркви у кількостях 25 – 35 % газоутворювальна здатність становила  $508 - 519 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ , що на  $10 - 20 \text{ см}^3/100 \text{ г}$  більше, ніж у тісті-контролі. Водночас за найвищого доданого нами вмісту морквяного соку 75 % від маси води газоутворювальна здатність була найбільша серед досліджених проб –  $537 \pm 3 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ , що на  $30 \text{ см}^3/100 \text{ г}$  більша кількість утвореного вуглекислого газу в тісті, проти такого самого контрольного зразка. Це вказує, що тісто із морквяним соком буде характеризуватися більш вибродженими процесами і матиме ніжнішу консистенцію, що благополучно впливати на смакові властивості готового виробу.

Тобто ми можемо сказати, що тісто замішане на морквяному соці має більше живильних речовин, які забезпечують мікрофлору для її активного біохімічного процесу під час бродіння. Особливо це динамічно проявляється у випадку заміни води для замішування тіста на морквяний сік у кількості 50 – 70 %. Отже, під час випікання хліба пшеничного заміна в рецептурі води для замішування останнього на морквяний сік процес є досить перспективний і виправданий.

Формостійкість хлібобулочних виробів – це важливий критерій від якого в подальшому залежить форма, об'єм і споживчий вигляд готового виробу його скоринка. На показник формостійкості впливає якість борошна тобто величина цукрово-амілазного комплексу, виброджуваність тіста та його газоутворювальна здатність – кількість утвореного вуглекислого газу, та ще ряд показників. Однак, якщо їх згрупувати то формостійкість залежить як від якості борошна так і від активності дріжджової мікробіоти тістового субстрату. У зв'язку з тим, що ми замінили воду на більш живильний

субстрат – морквяний сік, ми апріорі сподівалися на покращення такого показника, як формостійкість тіста після завершення бродіння. Отримані дані було представлено на рис. 3.3.



**Рис. 3.3. Показники розпливання кульки тіста в рецептурі якого воду замінили на морквяний сік,  $M \pm m$ ,  $n=5$**

З'ясовано (рис. 3.3), що величина формостійкості нашого тіста, яке замішане на морквяному соці чітко корелювала з концентрацією введеного соку з моркви. При цьому виявлено, що розпливання кульки було найбільше у тісті-контролі – 144,8 % від її початкового стану. У випадку заміни води морквяним соком 25 % величина формостійкості зменшилася несуттєво, всього на 1 %, при заміні 35 % води соком моркви формостійкість зменшилася на – 3,6 %. Водночас практично однаковий показник формостійкості тіста був при заміні води для замісу на 50 і 75 % і становив 138,1 й 137,5 %, відповідно, що в середньому на 7 % менша величина розпливання кульки тіста, проти тіста у контролі.

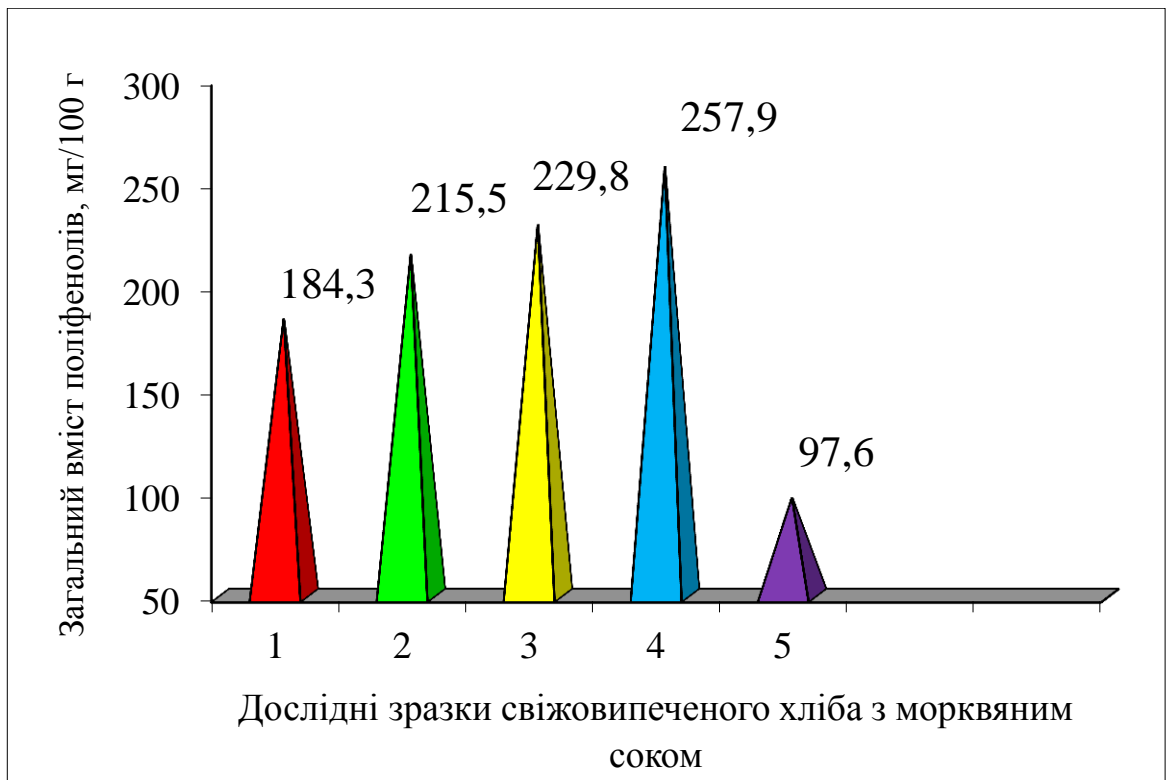
Таким чином, формостійкість тістових виробів для пшеничного хліба виготовлених з додаванням морквяного соку взамін води у кількості 50 – 75 % позитивно впливає зниження величини розпливання кульки. Такі вироби будуть тримати кращу форму й об'єм, до того ж більш привабливу для покупців скоринку.

### **3.4. Оцінка споживчих та технологічних параметрів пшеничного хліба з морквяним соком**

Хліб у наших експериментах випікали з використанням однофазного методу в лабораторних масштабах із застосуванням класичної технології. Для цього використовували наступні інгредієнти: борошно пшеничне вищого сорту, сік морквяний, пресовані дріжджі, цукор, сіль і воду згідно схеми рис. 3.1. Кожен дослідний зразок хліба з морквяним соком випікали трьома незалежними партіями в печі при температурі + 220 °С протягом 30 хв. Отримані дослідні зразки хліба з морквяним соком зберігали в пластикових контейнерах у темних умовах при 25 °С і 60 % відносної вологості до проведення їх аналізування.

#### *3.4.1. Характеристика хліба з морквяним соком за вмістом загальних поліфенолів й антиоксидантною активністю*

Загальновідомо, що поліфеноли корисні для здоров'я завдяки своїм антиоксидантним властивостям, які діють як поглиначі вільних радикалів і зменшують окислювальний стрес в організмі людини. Фрукти, овочі та віджаті з них соки особливо багаті поліфенолами [1, 3, 86]. Тому видається необхідним перевірити вплив додавання соків на вміст поліфенолів у хлібі виготовленого на морквяному соці та результати його антиоксидантних властивостей. Результати, які були отримано наведено на рис. 3.4.



**Рис. 3.4. Значення загальних поліфенолів у свіжовипеченому хлібі в рецептурі якого воду замінили на морквяний сік,  $M \pm m$ ,  $n=5$**

Додавання морквяного соку до пшеничного хліба впливало на вміст фенольних сполук (рис. 3.4). Однак дана зміна характеризувалася залежним значенням від концентрації соку, яка була додана. Тобто при більшій заміні води на сік із моркви, вірогідно зростав вміст загальних фенолів у готовому хлібі. Наприклад, додавання морквяного соку у мінімальній кількості, в нашому випадку зразок №1 (25 % взамін води), спричиняло підвищення вмісту загальних фенолів в 1,88 раза, якщо порівняти з хлібом у контролі. У хлібі в якому воду замінили на морквяний сік 35 % зростання значення загальних фенолів відбулося до значення 215,5 мг галової кислоти /100 г, тобто в 2,2 раза, порівнюючи з хлібом у контролі та в 1,2 раза, проти дослідного зразку №1.

Третій дослідний зразок з вмістом соку моркви 50 % мав вміст загальних поліфенолів на рівні  $229,8 \pm 2,4$  мг галової кислоти /100 г, тобто, в середньому на 15 мг галової кислоти /100 г більше, ніж у попередньому

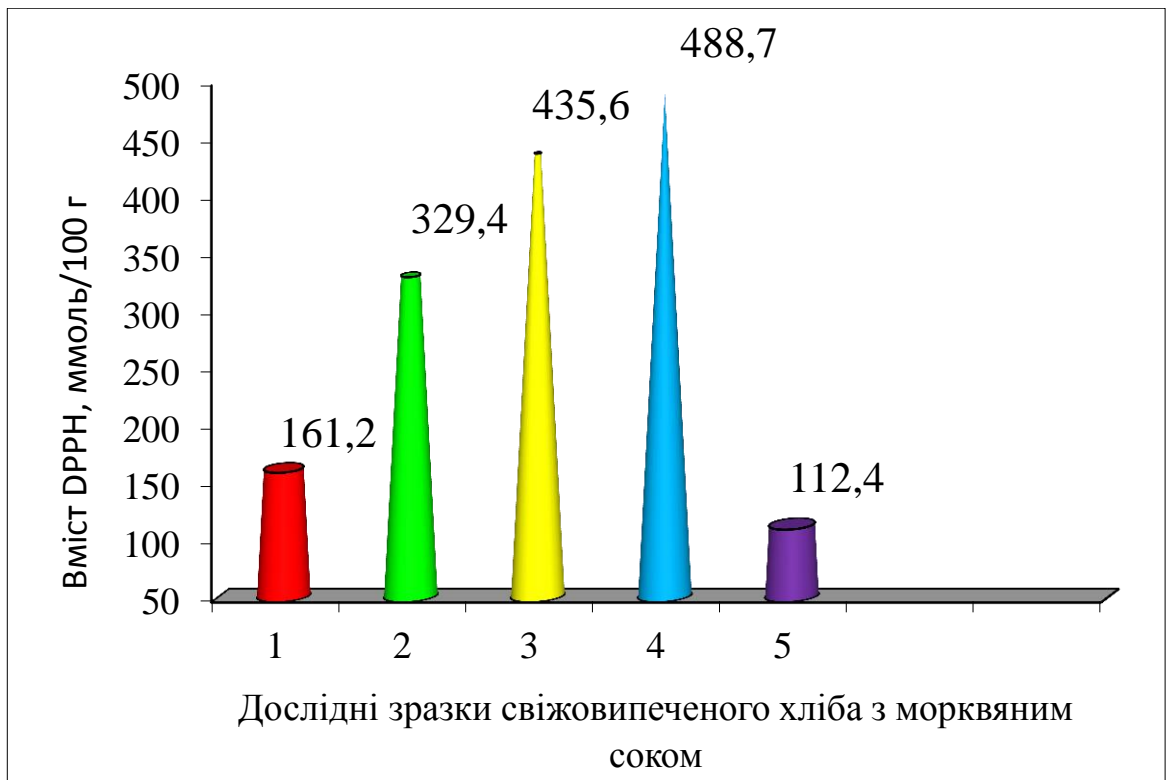


дослідному зразку. Також бачимо, що найбільший вміст загальних поліфенолів був у зразку, де воду для замісу тіста було замінено на 75 % морквяного соку, у цьому зразку кількість поліфенолів становила  $257,9 \pm 3,4$  мг галової кислоти /100 г. Це в 2,6 раза більша кількість загальних поліфенолів, ніж у хлібі випеченому без додавання морквяного соку.

Крім того наше дослідження показало, що процес термічної обробки (випікання хліба) не руйнував усі фенольні сполуки, додані до соку. Збільшення вмісту загальних поліфенолів відбулося за рахунок додавання соку та виділення фенольних сполук з матриці. Дослідження авторів в цій галузі показують, що розчинні феноли виділяються з ферментованого тіста під час випічки хліба, а нерозчинні феноли, як правило, зберігаються [88, 89]. Також дослідники повідомили, що найбільше збільшення вмісту загальних поліфенолів спостерігається в скоринці хліба, оскільки фенольні кислоти також включені в продукти реакції Майяра під час випічки [90, 91].

Разом з цим для більшої характеристики антиоксидантних властивостей хліба з морквяним соком було визначено поглинальну здатність екстракту вільних і зв'язаних фенолів за допомогою стабільного 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразилового радикалу (DPPH). Отримані дані в цьому дослідженні наведено на рис. 3.5.

Антиоксидантна активність хліба, доповненого овочевими соками, виміряна за допомогою аналізів DPPH, показує позитивний вплив процесу випічки на цей тип показників (рис. 3.5). Антиоксидантна здатність зросла у всіх дослідних варіантах хліба порівняно з контрольним зразком. Найменший ефект від додавання морквяного соку спостерігався закономірно у зразку з найменшою його кількістю в хлібі. У кілька разів, підвищення антиоксидантної активності хліба з додаванням морквяного соку було виявлено в зразках у яких заміну води проводили на 50 і 75 % морквяним соком. Наприклад дослідження виявили, що заміни води при замішуванні на морквяний сік 25 % зумовлює зростання антиоксидантної здатності приблизно на 50 ммоль/100 г, порівнюючи з хлібом у контролі.



**Рис. 3.5. Антиоксидантна активність (вміст DPPH) у свіжовипеченому хлібі в рецептурі якого воду замінили на морквяний сік,  $M \pm m$ ,  $n=5$**

Разом з тим виявлено різке (близько в 2 рази) зростання DPPH у дослідному зразку хліба №2 (35 % морквяного соку), проти зразка №1. Це очевидно пояснюється розчинністю та дифузією радикалів у розчині та різною реакційною здатністю біологічно активних сполук (таких як флавоноїди, фенольні кислоти) з радикалами DPPH [86]. Також дослідники виявили позитивну кореляцію, яка становила 0,893 (поліфенольні сполуки до радикалів DPPH), що вказує на значний, але не виключний вплив фенольних сполук на формування антиоксидантної здатності пшеничного хліба [86].

У нашому дослідному зразку хліба з морквяним соком №3 кількість радикалів DPPH була  $435,6 \pm 12,1$  ммоль/100 г, що більше як в чотири рази, ніж у контрольному хлібі пшеничному. Водночас подальше збагачення морквяним соком хліба (зразок №4 – 75 % заміни води при замішуванні) не так суттєво сприяло зростанню величини DPPH. У цьому зразку хліба

кількість DPPH становивла  $488,7 \pm 14,2$  ммоль/100 г, що тільки на 53 ммоль/100 г більше, ніж у зразку №3.

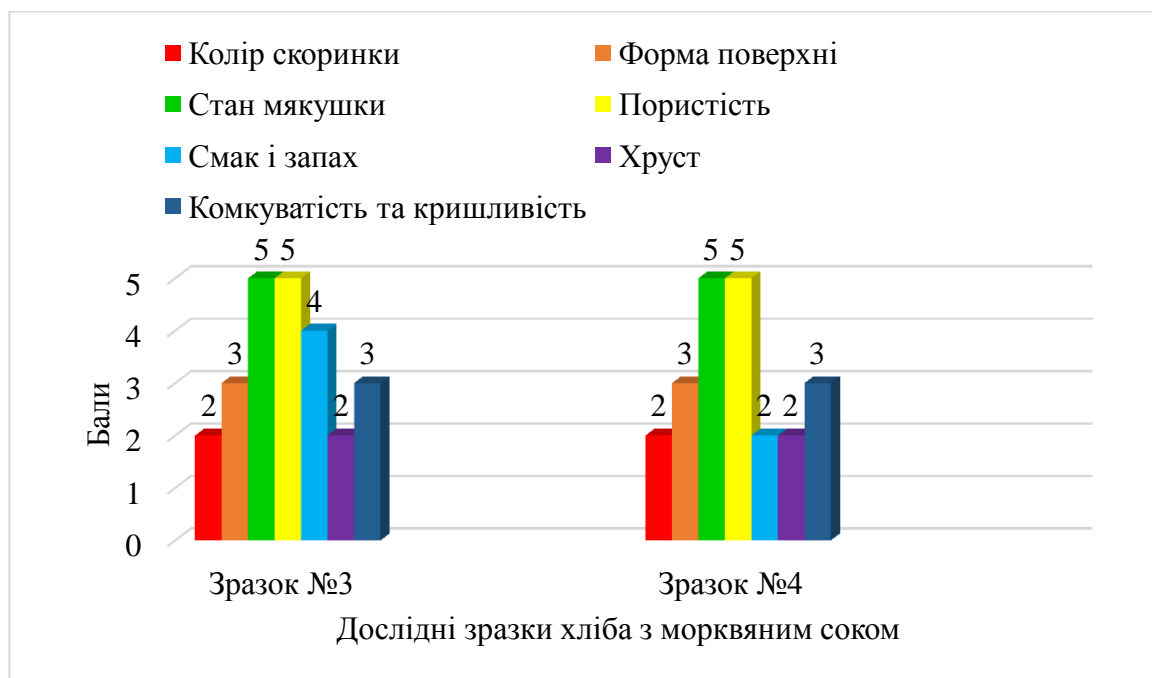
Таким чином, за даними дослідженнями зроблено висновок, що разом із морквяним соком у тісто – хліб також були поставлені інші біологічно активні сполуки, які демонструють здатність поглинати вільні радикали, а також кілька інших речовин з антиоксидантним потенціалом, які утворилися під час випічки.

### *3.4.2. Характеристика хліба з морквяним соком за органолептичними властивостями*

З комплексу досліджених показників, які характеризують технологічні та антиоксидантну активність хліба ми бачимо, що для вибору найоптимальнішого варіанту хліба підходять зразки №3 та №4 у рецептурі яких під час замішування тіста воду замінили на 50 та 75 % морквяного соку. Саме цих зразків свіжовипеченого хліба було оцінено за органолептичними властивостями. Показники, які піддавалися органолептичному аналізу могли мати таку найбільшу кількість балів: колір скоринки – 2 бали; форма поверхні – 3; стан мякуша – 5; пористість – 5; смак і запах – 5; хрусткість – 2; комкуватість і кришливість – 3. Максимальна кількість балів – 25. Результати органолептики свіжих зразків хліба з морквяним соком №3 і №4 наведено на рис.3.6.

При оцінці двох зразків хліба виявлено (рис. 3.6), що дослідний хліб №3 в якому 50 % води для замішування було замінено на 50 % морквяного соку мав у підсумку 24 бали. Один бал був зменшений за таким показником, як смак і запах, водночас зразок хліба №4 (75 % води замінено на морквяний сік) набрав загальну кількість балів – 22 бали, тобто на два бали менше, ніж третій зразок. Нижча бальна оцінка даного зразок хліба пов'язана із більш відчутнім смаком та запахом моркви, порівняно із традиційним хлібом, за що дегустаційна комісія знизила три бала. Однак в підсумку за всіма решти

дослідженими показниками як зразок хліба з доданими 50 % та 75 % морквяного соку взамін води повністю відповідав показникам, які характерні для пшеничного хліба.



**Рис. 3.6. Органолептичні властивості хліба з соком моркви**

Отже, підсумовуючи усі проведені дослідження за даним експериментальним розділом відзначаємо, що морквяний сік сприяє більш активному бродінню, в результаті чого збільшуються об'єми хліба. На активну та потенційну кислотність м'якушки також суттєво вплинула концентрація доданого соку. Найважливіше те, що додавання овочевих соків (морквяного) виявилось дуже хорошим способом підвищення антиоксидантної активності пшеничного хліба. Аналіз антиоксидантної активності показав, що морквяний сік є найбільш ефективними щодо формування властивостей пшеничного хліба. Дослідження показали, що додавання овочевих соків може бути використано в технології виробництва хліба, створюючи новий асортимент для задоволення потреб споживачів у продуктах харчування з високими органолептичними та поживними якостями. У підсумку на рис. 3.7. ми наводимо схему виробництва хліба із морквяним соком.

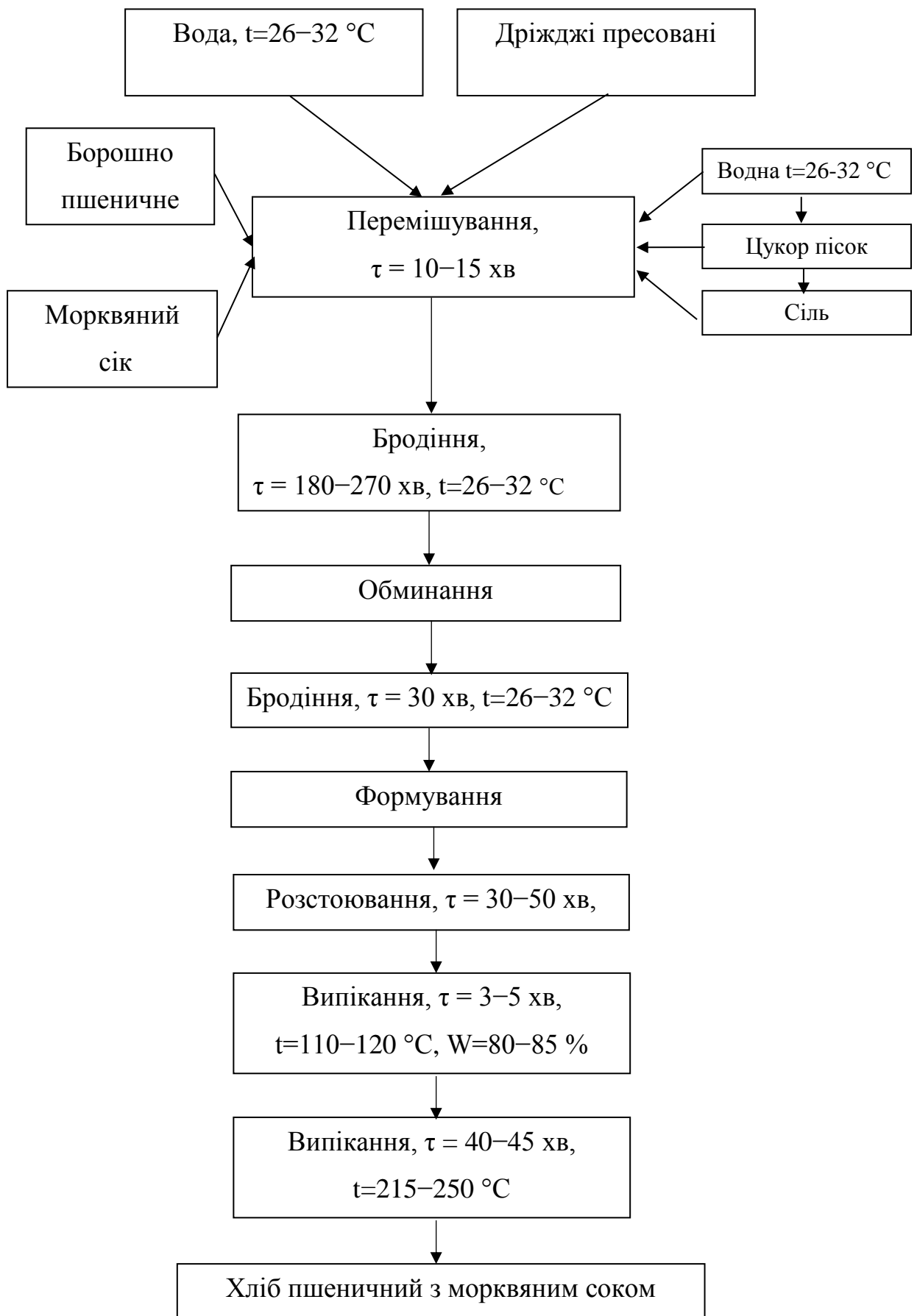


Рис. 3.7. Технологія виробництва хліба пшеничного з соком моркви

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Встановлено, що у морквяному соці різних виробників наявна помірна кількість загальних поліфенолів, бета-каротину, він має слабо лужне рН середовище (6,2), що робить його перспективним як носія даних речовин для покращення біологічної цінності хліба.

2. Створено і досліджено чотири дослідних зразки хліба пшеничного, у яких вода для приготування тіста була частково замінена на морквяний сік. Зокрема, у зразку №1 дали 25 % морквяного соку від загальної кількості води, яку використовували, у №2 – 35 %, у №3 – 50 %, а у зразку №4 кількість води була найменша, а кількість соку морквяного найбільша – 75 % за масою.

3. Кислотність тіста, а відповідно і готового хліба можна дещо підвищити у разі часткової заміни води на морквяний сік. При цьому доцільно, щоб заміна води на морквяний сік становила не менше 50 %. Також у такому зразку тіста на 3 год бродіння питомий об'єм на  $32 \text{ см}^3/\text{г}$  більший за тісто-контроль.

4. За найвищого доданого вмісту морквяного соку 75 % від маси води газоутворювальна здатність була найбільша серед досліджених проб –  $537 \pm 3 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ , що на  $30 \text{ см}^3/100 \text{ г}$  більша кількість утвореного вуглекислого газу в тісті, проти контрольного зразка. Величина розпливання кульки тіста була на 7 % менша у даному дослідному зразку.

5. Вміст загальних поліфенолів у зразку №3 та №4, був в 2,0 та 2,6 рази більший, ніж у хлібі випеченому без додавання морквяного соку. Заміна води при замішуванні на морквяний сік 50 - 75 % зумовлює зростання антиоксидантної здатності в середньому в 4 рази за показником DPPH, проти хліба в контролі.

6. За органолептичними показниками найбільшу кількість балів (24) набрав зразок хліба з соком моркви (50 % заміна води під час замісу тіста).

7. Запропоновано для підвищення антиоксидантної активності хліба пшеничного воду для замішування замінювати на 50 % морквяним соком.

## **РОЗДІЛ 4**

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

#### **4.1. Охорона праці**

##### **4.1.1. Класифікація шкідливих речовин за ступенем впливу на організм людини**

Шкідлива речовина – це речовина, яка при контакті з організмом людини у випадку порушення вимог безпеки може викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення у стані здоров'я, які виявляють сучасними методами як у процесі роботи, так і у віддалені терміни життя теперішнього і наступних поколінь.

Токсичними (отруйними) називаються речовини, які, потрапляючи в організм навіть у відносно невеликих кількостях, викликають порушення нормальної життєдіяльності аж до отруєння. Вони можуть бути у вигляді газу, пари, рідини і пилу [96].

На промислових підприємствах повітря робочої зони може забруднюватися шкідливими речовинами, які утворюються в результаті технологічного процесу, або містяться в сировині, продуктах чи напівпродуктах, у відходах виробництва. Ці речовини потрапляють у повітря у вигляді пилу, газів або пари і діють негативно на організм людини.

При роботі або ремонті копіювальних апаратів виділяються такі хімічні речовини, як озон, оксид азоту, аміак, стирол (вінілбензол), ацетон (пропан-2-он), селенистий водень (гідроселенід), епіхлоргідрин (хлорметилоксиран), кислоти, бензин, оксид етилену (оксиран) [96, 97 ].

*Всі шкідливі речовини за характером дії на організм людини поділяються на шість груп [96]:*

I – загальнотоксичні або загальносоматичні речовини – речовини, які

діють на центральну нервову систему, кров і кровотворні органи (сірководень, ароматичні вуглеводні, чадний газ ), ціаністий водень, хлор, бром). За концентрацією цих речовин у повітрі повинен бути забезпечений безперервний контроль із сигналізацією про перевищення гранично допустимих концентрацій;

II – подразнюючі речовини – речовини, які діють на слизові оболонки очей, носу, гортані, шкіри (пари кислот, лугів, оксид Нітрогену, оксиди Сульфуру, тощо);

III – сенсibiliзуючі або алергени (від лат. sensibilis – чутливий) – речовини, які призводять до виникнення алергії (альдегіди, ароматичні нітро-, нітросо-, аміносполуки, зокрема, акрилонітрил, берилій, нікель, хлорофос);

IV – канцерогенні або бластомогенні речовини – речовини, що призводять до виникнення ракових пухлин. Це продукти перегонки нафти і кам'яного вугілля (похідні антрацену, бензпірен, мазути, гудрони, бітуми, асфальти, мастила, дьоготь, бензол, хлористий вініл), пил азбесту, арсен, меркурій, плюмбум, цинк, молібден, нікель, радіоактивні речовини;

V – мутагенні речовини – речовини, які призводять до зміни спадкової інформації (Pb, Mn, радіоактивні речовини);

VI – такі, що пригнічують репродуктивну функцію (меркурій, плюмбум, манган (Mn, радіоактивні сполуки, хлоропрен, нікотин) [96, 97, 98].

*Існують і інші класифікації шкідливих речовин, наприклад, за фізіологічною дією: подразнюючі, задушливі, соматичні, наркотичні [96].*

Отруєння шкідливими речовинами можливе тільки за їх концентрації в повітрі робочої зони, що перевищує певну межу – гранично допустиму концентрацію (ГДК).

Гранично допустима концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони (ГДК р.з) – це така концентрація, вплив якої на людину в разі її щоденної регламентованої тривалості (щоденна дія при 8-годинній роботі, але не більш ніж 40 годин протягом тижня) не призводить до зниження



працездатності чи захворювання в період трудової діяльності та у наступний період життя, а також не справляє негативного впливу на здоров'я нащадків .

*У відповідності до нормативних документів за ступенем дії на організм людини шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки[96]:*

перший — надзвичайно небезпечні;

другий — високонебезпечні;

третій — помірнонебезпечні;

четвертий - малонебезпечні.

I. Надзвичайно небезпечні. Гранично допустима концентрація цих речовин СГПК  $<0,1 \text{ мг/м}^3$ . До них відносяться: ртуть, свинець і його з'єднання, хром і його з'єднання, торій, миш'як, карбоніл нікелю, оксиди марганцю, карбоніл кобальту і продукти його розпаду, кадмій і його неорганічні з'єднання, озон, уран, бромід талію, фосфор залізний, хлоропрен, діоксид хлору, пентахлорфенол, хромовий ангідрид, берилій і його з'єднання, фтористий водень, водень миш'яковистий, водень фтористий, гідразин і його похідні, дихлорацетон, пентакарбонат заліза, сульфат хромамонію, етиленсульфіз тощо.

II. Дуже небезпечні. Гранично припустима концентрація цих речовин СГПК  $0,1 \dots 1,0 \text{ мг/м}^3$ . До них відносяться: кислоти: сірчана, мурашина, ацетилсаліцилова, нікотинова; анілін, бензол, біовіпт, бром, ізопропилнітрат, йод, фторид бора, ангідрид сірчаний і фосфорний, карбонат барію, левоміцитин, натрій, хлор, їдкі луги, фенол, фосген, вуглець чотири хлористий, нітробензол, нітроксилол, сурма і її з'єднання, германій чотири хлористий, діприн, калій кремнефтористий, оксид цинку, оксид етилену, гідроксид цезію, сульфазин, дихлофос тощо.

III. Помірно небезпечні. Гранично припустима концентрація цих речовин СГПК  $1,0 \dots 10 \text{ мг/м}^3$ . До них відносяться: оксид азоту  $\text{NO}_2$ , алюміній і його сплави, ізопропилнітрат, барвники органічні, люмінофор, склопластик,

стирол, тютюн, целюлоза, синтетичні миючі засоби “Лотос”, “Ока”, “Ера”, ксилол, лавсан, капрон, кераміка, капролактам, полівінілхлорид, кремній, кислоти: азотна, борна, валеріанова, кремнієва, капронова; борний ангідрид, гексафторпропилен, гексафторбензол, вінілацетон, діатолитовий концентрат, толуол тощо.

IV. Мало небезпечні. Гранично припустима концентрація цих речовин СГПК  $>10$  мг/м<sup>3</sup>. До них відносяться: аміак, ацетон, бензин (розчинник, паливний), бутан, пентан, газ, спирт етиловий, вапняк, амінопласти (прес-порошки), боксити, корунд білий, амілацетат [96].

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

### **4.2.1. Захист продуктів харчування від радіоактивного, хімічного і бактеріологічного (біологічного) забруднення**

У разі виникнення надзвичайних ситуацій у мирний час здійснюють заходи, які спрямовані на забезпечення захисту запасів харчової сировини, напівфабрикатів та готової харчової продукції від зараження їх радіоактивними, сильнодіючими та отруйними речовинами і бактеріальними засобами:

- будівництво складських і виробничих приміщень з повною герметизацією;
- розробка планів підготовки до здійснення простої герметизації тих складських та інших приміщень, де немає повної герметизації;
- випуск продуктів та напівфабрикатів у герметичній тарі;
- утримання в справному стані герметизованих транспортних засобів для транспортування продуктів і товарів [97, 98].

Радіоактивному забрудненню під час радіаційної аварії можуть піддатись об'єкти харчової промисловості, на яких переробляються чи зберігаються різні харчові продукти. Зараження харчових підприємств може призвести до радіаційного ураження великої кількості людей. Ця обставина

вимагає від штабу і служб цивільного захисту підприємства організації надійного захисту продуктів харчування, сировини і води на всіх етапах їх технологічного перероблення і реалізації.

Забруднення харчових продуктів може бути поверхнєве (пряме) і структурне (біологічне). Поверхнєве забруднення може бути аерозольним і контактним. Поверхнєве забруднення відбувається у перший період після аварії. Воно виникає в результаті осідання радіонуклідів на поверхню продуктів харчування, харчової сировини, обладнання та інші предмети, якщо вони не мають герметичної упаковки або укриття [97, 98].

Зараження отруйними і сильнодіючими отруйними речовинами довкілля, харчової сировини, готової продукції та води буде залежати від виду застосованої отрути, що потрапила в довкілля після аварії; її агрегатного стану (газ, пари, аерозоль); виду продуктів і умов їх зберігання. Небезпечним є зараження отруйними речовинами, які мають значну стійкість (зберігають тривалий час уражуючу дію і можуть проникати на певну глибину у різні предмети і продукти) [97, 98].

Захист харчової сировини, напівфабрикатів, готової продукції, води на об'єктах харчової промисловості є одним з основних завдань цивільного захисту для переробних підприємств. Не зважаючи на існуючі розбіжності між уражаючою дією радіоактивних, хімічних речовин, бактеріальних засобів способи захисту продуктів харчування мають багато спільного. Вибір способу захисту визначається видом продукції, її кількістю і умовами зберігання. Для підготовки підприємства до захисту від радіоактивних, хімічних речовин, бактеріальних засобів на кожному із них розробляється план захисту, в якому передбачається проведення організаційних та інженерно-технічних заходів [97, 98].

Заходи щодо захисту продуктів харчування можна об'єднати в такі групи: організаційні; інженерно-технічні; заходи захисту сировини харчової продукції за допомогою тари, пакування, захисних покриттів та санітарно-профілактичні.

*Організаційні заходи є загальними для харчових підприємств всіх галузей. Основними із них є: заміна обладнання більш досконалим, герметичним; підготовка до роботи лабораторій для аналізу продуктів харчування на забрудненість радіоактивними і хімічними отруйними речовинами; навчання формувань, виробничого персоналу заходам та засобам захисту харчових продуктів та сировини [97, 98].*

*Інженерно-технічні заходи включають в себе: герметизацію виробничих і складських приміщень, встановлення фільтропоглиначів на вентиляційних системах; встановлення протипилевих фільтрів, кондиціонерів у виробничих приміщеннях; герметизацію технологічного обладнання.*

Отже, у разі виникнення надзвичайних ситуацій у мирний час необхідно здійснювати заходи, які спрямовані на забезпечення захисту запасів харчової сировини, напівфабрикатів та готової харчової продукції від зараження їх радіоактивними, сильнодіючими та отруйними речовинами і бактеріальними засобами.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Amoah, I., Cairncross, C., Osei, E.O. *et al.* (2022). Bioactive Properties of Bread Formulated with Plant-based Functional Ingredients Before Consumption and Possible Links with Health Outcomes After Consumption- A Review. *Plant Foods Hum Nutr* **77**, 329–339.
2. Blackwood AD, Salter J, Dettmar PW, Chaplin MF (2000). Dietary fibre, physicochemical properties and their relationship to health. *J R Soc Promot Health* **120**:242–247.
3. 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.
4. Amoah I, Cairncross C, Rush E (2017). The battle for better nutrition: the role of the escalating fruit and vegetable prices. *N Z Med J* **130**:107–108.
5. Карпик Г. В., Вічко О. І., Копчак Н. Г., Швед О. В. Особливості виробництва булочних виробів з RHEUM L. Chemistry, Technology and Application of Substances. Vol. 5, No. 2, 2022, 136-141 с.
6. Maltini E, Torreggiani D, Venir E, Bertolo G (2003). Water activity and the preservation of plant foods. *Food Chem* **82**:79–86
7. Aboshora W, Lianfu Z, Dahir M, Qingran M, Musa A, Gasmalla MA, Omar KA (2016) Influence of doum (*Hyphaene thebaica* L.) flour addition on dough mixing properties, bread quality and antioxidant potential. *J Food Sci Technol* **53**:591–600.
8. Ibrahim UK, Salleh RM, Suzihaque MUH, Hashib SA (2015). Effect of radiation heat on the chemical and physical properties of bread enhanced with *Garcinia mangostana* pericarp powder. *Procedia Soc Behav Sci* **195**:2652–2659.
9. Coe SA, Clegg M, Armengol M, Ryan L (2013) The polyphenolrich baobab fruit (*Adansonia digitata* L.) reduces starch digestion and glycemic response in humans. *Nutr Res* **33**:888–896.

10. Lachowicz S, Swieca M, Pejcz E (2021). Biological activity, phytochemical parameters, and potential bioaccessibility of wheat bread enriched with powder and microcapsules made from Saskatoon berry. *Food Chem* 338:128026.

11. Beltrao Martins R, Gouvinhas I, Nunes MC, Alcides Peres J, Raymundo A, Barros A (2020). Acorn flour as a source of bioactive compounds in gluten-free bread. *Molecules* 25.

12. Taglieri I, Sanmartin C, Venturi F, Macaluso M, Bianchi A, Sgherri C, Quartacci MF, De Leo M, Pistelli L, Palla F et al (2021). Bread fortified with cooked purple potato flour and citrus albedo: an evaluation of its compositional and sensorial properties. *Foods* 10.

13. Ghendov-Mosanu A, Cristea E, Patras A, Sturza R, Padureanu S, Deseatnicova O, Turculet N, Boestean O, Niculaua M (2020). Potential application of *hippophae rhamnoides* in wheat bread production. *Molecules* 25.

14. Wang S, Zhu F (2018). Quality attributes of bread fortified with staghorn sumac extract. *J Texture Stud* 49:129–134.

15. Coe SA, Clegg M, Armengol M, Ryan L (2013). The polyphenolrich baobab fruit (*Adansonia digitata* L.) reduces starch digestion and glycemic response in humans. *Nutr Res* 33:888–896.

16. 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.

17. Ranawana V, Raikos V, Campbell F, Bestwick C, Nicol P, Milne L, Duthie G (2016) Breads fortified with freeze-dried vegetables: quality and nutritional attributes. Part 1: Breads containing oil as an ingredient. *Foods* 5.

18. Kukhtyn, M., Kravchenyuk, K., Selskyi, V., Pokotylo, O., Vichko, O., Kopchak, N., & Hmelar, A. (2022). Evaluation of spontaneous fermentation with basil content in the technology of rye-wheat bread production. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 24(97), 14-19.

19. Msaddak L, Abdelhedi O, Kridene A, Rateb M, Belbahri L, Ammar E, Nasri M, Zouari N (2017). *Opuntia ficus-indica* cladodes as a functional ingredient: bioactive compounds profile and their effect on antioxidant quality of bread. *Lipids Health Dis* 16:32.

20. Gawlik-Dziki U, Swieca M, Dziki D, Seczyk L, Zlotek U, Rozylo R, Kaszuba K, Ryszawy D, Czyz J (2014). Anticancer and antioxidant activity of bread enriched with broccoli sprouts. *BioMed Res Int* 2014:608053.

21. Kaur R, Kaur K, Wagh RV, Kaur A, Aggarwal P (2020) Red bell pepper (*Capsicum annuum* L): optimization of drying conditions and preparation of functional bread. *J Food Sci* 85:2340–2349.

22. Swieca M, Gawlik-Dziki U, Dziki D, Baraniak B, Czyz J (2013). The influence of protein-flavonoid interactions on protein digestibility *in vitro* and the antioxidant quality of breads enriched with onion skin. *Food Chem* 141:451–458.

23. Alashi AM, Taiwo KA, Oyedele DJ, Adebooye OC, Aluko RE (2019). Polyphenol composition and antioxidant properties of vegetable leaf-fortified bread. *J Food Biochem* 43:e12625.

24. Марцінішин С.П. Підвищення споживчої цінності хлібобулочних виробів з додаванням материнки / С.П. Марцінішин, О.І.Вічко // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції „Стан і перспективи харчової науки та промисловості“, 22-23 вересня 2022 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. - С. 46.

25. Коpec RE, Failla ML (2018) Recent advances in the bioaccessibility and bioavailability of carotenoids and effects of other dietary lipophiles. *J Food Compost Anal* 68:16–30.

26. de Lamo B, Gomez M (2018) Bread enrichment with oilseeds. A review. *Foods* 7.

27. Rios RV, Pessanha MDF, Almeida PFD, Viana CL, Lannes SCDS (2014). Application of fats in some food products. *Food Sci Technol* 34:3–15

28. Kukhtyn, M., Vichko, O., Horyuk, Y., Shved, O., & Novikov, V. (2018). Some probiotic characteristics of a fermented milk product based on microbiota of

“Tibetan kefir grains” cultivated in Ukrainian household. *Journal of food science and technology*, 55, 252-257.

29. Świątkiewicz M, Witaszek K, Sosin E, Pilarski K, Szymczyk B, Durczak K (2021) The nutritional value and safety of genetically unmodified soybeans and soybean feed products in the nutrition of farm animals. *Agronomy* 11:1105.

30. Патент на корисну модель №153521. СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА БАТОНА З ПРЯНО-АРОМАТИЧНОЮ ДОБАВКОЮ . Номер заявки: u202202233 . Дата подання заявки: 27.06.2022. Дата, з якої є чинними права: 20.07.2023. Винахідник: Карпик Галина Вікторівна; Вічко Олена Іванівна. Власник: ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ. Бюл. № 29/2023.

31. Патент на корисну модель №153209 . СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО ВИСІВКОВО-ГАРБУЗОВОГО. Номер заявки: u202202234 . Дата подання заявки: 27.06.2022. Дата, з якої є чинними права: 08.06.2023. Винахідник: Карпик Галина Вікторівна; Вічко Олена Іванівна; Лісовська Тетяна Олегівна. Власник: ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ. Бюл. № 23/2023.

32. Girma T, Bultosa G, Bussa N (2013) Effect of grain tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] flour substitution with flaxseed on quality and functionality of injera. *Int J Food Sci Technol*. 48:350–356.

33. Afzal B, Pasha I, Zahoor T, Nawaz H (2016) Nutritional potential of fenugreek supplemented bread with special reference to antioxidant profiling. *Pak J Agric Sci* 53:217–223.

34. Das L, Raychaudhuri U, Chakraborty R (2013) Herbal fortification of bread with fennel seeds. *Food Technol Biotechnol* 51:434–440.

35. Vieira da Silva M, Vieira da Silva A, Bonafé EG, Evelázio de Souza N, Visentainer JV (2016) *Perilla frutescens*: a potential ingredient for the enhancement of white bread as a source of omega-3. *Acta Sci Technol* 38:399–405.



36. United Nations. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. Available online: [https:// www. un. org/sustainable development/](https://www.un.org/sustainabledevelopment/). Accessed 28 Jun 2022

37. Villarino CBJ, Jayasena V, Coorey R, Chakrabarti-Bell S, Foley R, Fanning K, Johnson SK (2015) The effects of lupin (*Lupinus angustifolius*) addition to wheat bread on its nutritional, phytochemical and bioactive composition and protein quality. *Food Res Int* 76:58–65.

38. Swieca M, Gawlik-Dziki U, Dziki D, Baraniak B (2017) Wheat bread enriched with green coffee - *in vitro* bioaccessibility and bioavailability of phenolics and antioxidant activity. *Food Chem* 221:1451–1457.

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

40. Tran N, Pham B, Le L (2020) Bioactive compounds in antidiabetic plants: from herbal medicine to modern drug discovery. *Biology (Basel)* 9.

41. Gargi S, Nilanjan S, Moutusi N, Subhasis M (2020) Bioactive components of tea. *Arch Food Nutr Sci* 4:001–009.

42. Horiuk, Y. V., Kukhtyn, M. D., Vergeles, K. M., Kovalenko, V. L., Verkholiuk, M. M., Peleno, R. A., & Horiuk, V. V. (2018). Characteristics of enterococci isolated from raw milk and hand-made cottage cheese in Ukraine. *RESEARCH JOURNAL OF PHARMACEUTICAL BIOLOGICAL AND CHEMICAL SCIENCES*, 9(2), 1128-1133.

43. Chen C, Mohamad Razali UH, Saikim FH, Mahyudin A, Mohd Noor NQI (2021) *Morus alba* L. plant: bioactive compounds and potential as a functional food ingredient. *Foods* 10.

44. Morikawa T, Ninomiya K, Imura K, Yamaguchi T, Akagi Y, Yoshikawa M, Hayakawa T, Muraoka O (2014) Hepatoprotective triterpenes from traditional Tibetan medicine *Potentilla anserina*. *Phytochemistry* 102:169–181.

45. Zhu F, Sakulnak R, Wang S (2016) Effect of black tea on antioxidant, textural, and sensory properties of Chinese steamed bread. *Food Chem* 194:1217–1223.
46. Culetu A, Fernandez-Gomez B, Ullate M, del Castillo MD, Andlauer W (2016) Effect of theanine and polyphenols enriched fractions from decaffeinated tea dust on the formation of Maillard reaction products and sensory attributes of breads. *Food Chem* 197:14–23.
47. Przeor M, Flaczyk E (2016). Antioxidant properties of paratha type flat bread enriched with white mulberry leaf extract. *Indian J Tradit Knowl* 15:237–244
48. Ning J, Hou GG, Sun J, Wan X, Dubat A (2017). Effect of green tea powder on the quality attributes and antioxidant activity of whole-wheat flour pan bread. *LWT-Food Sci Technol* 79:342–348.
49. Ji Y, Gang J, Hu W (2013). Quality of bread containing *Potentilla anserina* L. cultivated in China. *Ital J Food Sci* 25:189. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Mara\\_Rossoni/publication/262495416\\_Anthocyanin\\_esterification\\_in\\_Sangi\\_ovese\\_grapes/links/00b49538778e2b0665000000/Anthocyanin-esterification-in-Sangi\\_ovese-grapes.pdf#page=67](https://www.researchgate.net/profile/Mara_Rossoni/publication/262495416_Anthocyanin_esterification_in_Sangi_ovese_grapes/links/00b49538778e2b0665000000/Anthocyanin-esterification-in-Sangi_ovese-grapes.pdf#page=67)
50. Santetti GS, Dacoreggio MV, Silva ACM, Biduski B, Bressiani J, Oro T, de Francisco A, Gutkoski LC, Amboni R (2021). Effect of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) leaves on dough properties, antioxidant activity, and bread quality using whole wheat flour. *J Food Sci* 86:4354–4364.
51. Singh N, Jha A, Chaudhary A, Upadhyay A (2014). Enhancement of the functionality of bread by incorporation of Shatavari (*Asparagus racemosus*). *J Food Sci Technol* 51:2038–2045.
52. Sgherri C, Micaelli F, Andreoni N, Baldanzi M, Ranieri A (2016). Retention of phenolic compounds and antioxidant properties in potato bread obtained from a dough enriched with a powder from the purple cv. Vitelotte. *Agrochimica* 60:312–328.

53. Hsu CL, Hurang SL, Chen W, Weng YM, Tseng CY (2004). Qualities and antioxidant properties of bread as affected by the incorporation of yam flour in the formulation. *Int J Food Sci Technol* 39:231–238.

54. Nogueira AC, Sehn GAR, Rebellato AP, Coutinho JP, Godoy HT, Chang YK, Steel CJ, Clerici M (2018) Yellow sweet potato flour: use in sweet bread processing to increase beta-carotene content and improve quality. *An Acad Bras Cienc* 90:283–293.

55. Lim HS, Park SH, Ghafoor K, Hwang SY, Park J (2011) Quality and antioxidant properties of bread containing turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in South Korea. *Food Chem.* 124:1577–1582.

56. Aune D, Giovannucci E, Boffetta P, Fadnes LT, Keum N, Norat T, Greenwood DC, Riboli E, Vatten LJ, Tonstad S (2017). Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all-cause mortality-a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Int J Epidemiol* 46:1029–1056.

57. Woodward KA, Draijer R, Thijssen DHJ, Low DA (2018). Polyphenols and microvascular function in humans: a systematic review. *Curr Pharm Des* 24:203–226.

58. Rush E, Amoah I, Diep T, Jalili-Moghaddam S (2020). Determinants and suitability of carotenoid reflection score as a measure of carotenoid status. *Nutrients* 12.

59. Papoutsis K, Zhang J, Bowyer MC, Brunton N, Gibney ER, Lyng J (2021). Fruit, vegetables, and mushrooms for the preparation of extracts with alpha-amylase and alpha-glucosidase inhibition properties: a review. *Food Chem* 338:128119

60. Amoah I, Cairncross C, Merien F, Rush E (2021). Glycaemic and appetite suppression effect of a vegetable-enriched bread. *Nutrients* 13.

61. Mirmiran P, Houshialsadat Z, Gaeini Z, Bahadoran Z, Azizi F (2020). Functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*) in management of cardio-metabolic diseases. *Nutr Metab (Lond)* 17:3.

62. Siervo M, Shannon O, Kandhari N, Prabhakar M, Fostier W, Kochl C, Rogathi J, Temu G, Stephan BCM, Gray WK et al (2020). Nitrate-rich beetroot juice reduces blood pressure in Tanzanian adults with elevated blood pressure: a double-blind randomized controlled feasibility trial. *J Nutr* 150:2460–2468.

63. Zafar TA, Al-Hassawi F, Al-Khulaifi F, Al-Rayyes G, Waslien C, Huffman FG (2015) Organoleptic and glycemic properties of chickpea-wheat composite breads. *J Food Sci Technol* 52:2256–2263.

64. Johnson SK, Thomas SJ, Hall RS (2005). Palatability and glucose, insulin and satiety responses of chickpea flour and extruded chickpea flour bread eaten as part of a breakfast. *Eur J Clin Nutr* 59:169–176.

65. Udani JK, Singh BB, Barrett ML, Preuss HG (2009). Lowering the glycemic index of white bread using a white bean extract. *Nutr J*. 8:52.

66. Lee YP, Mori TA, Sipsas S, Barden A, Puddey IB, Burke V, Hall RS, Hodgson JH (2006) Lupin-enriched bread increases satiety and reduces energy intake acutely. *Am J Clin Nutr* 84:975–980.

67. Keogh J, Atkinson F, Eisenhauer B, Inamdar A, Brand-Miller J (2011). Food intake, postprandial glucose, insulin and subjective satiety responses to three different bread-based test meals. *Appetite* 57:707–710.

68. Johnson SK, McQuillan PL, Sin JH, Ball MJ (2003). Sensory acceptability of white bread with added Australian sweet lupin (*Lupinus angustifolius*) kernel fibre and its glycaemic and insulinaemic responses when eaten as a breakfast. *J Sci Food Agric* 83:1366–1372.

67. Vuksan V, Jenkins AL, Dias AG, Lee AS, Jovanovski E, Rogovik AL, Hanna A (2010). Reduction in postprandial glucose excursion and prolongation of satiety: possible explanation of the long-term effects of whole grain Salba (*Salvia Hispanica* L.). *Eur J Clin Nutr* 64:436–438.

68. Thombare N, Jha U, Mishra S, Siddiqui MZ (2016). Guar gum as a promising starting material for diverse applications: a review. *Int J Biol Macromol* 88:361–372.

69. Mudgil D, Barak S, Khatkar BS (2014) Guar gum: processing, properties and food applications-a review. *J Food Sci Technol* 51:409–418.
70. Amoah I, Cairncross C, Rush E (2020) Swallowing and liking of vegetable-enriched bread compared with commercial breads as evaluated by older adults. *Front Nutr* 7:599737.
71. Ellis PR, Dawoud FM, Morris ER (2007). Blood glucose, plasma insulin and sensory responses to guar-containing wheat breads: effects of molecular weight and particle size of guar gum. *Br J Nutr* 66:363.
72. Rubiolo, P.; Sgorbini, B.; Liberto, E.; Cordero, C.; Bicchi, C. (2010). Essential oils and volatiles: sample preparation and analysis. *Flavour Fragr. J.* 25, 282-290.
73. Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *Int. J. Food Microbiol.*, 94, 223-253.
74. Bakkali, F.; Averbeck, S.; Averbeck, D.; Idaomar, M.M. (2008). Biological effects of essential oils- a review. *Food Chem. Toxicol.* 46, 446-475.
75. Pourmortazavi, S.M.; Hajimirsadeghi, S.S. (2007). Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis. *J. Chromatogr. A*, 1163, 2-24.
76. Miguel, M.G. (2010). Antioxidant activity of medicinal and aromatic plants. *Flavour Fragr. J.*, 25, 291-312.
77. Dewick, P.M. (2002). The biosynthesis of C5-C-25 terpenoid components. *Nat. Prod. Rep.*, 19, 181-222.
78. Litchenthaler, H.K. (1999). The 1-deoxy-D-xylulose-5-phosphate pathway of isoprenoid biosynthesis in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 50, 47-65.
79. Quinn, M.T.; Gauss, K.A. (2004). Structure and regulation of the neutrophil respiratory burst oxidase: comparison with nonphagocyte oxidases. *J. Leukocyte Biol.*, 76, 760-781.
80. Gomes, A.; Fernandes, E.; Lima, J.L.F.C.; Mira, L.; Corvo, M.L. (2008). Molecular mechanisms of anti-inflammatory activity mediated by flavonoids. *Curr. Med. Chem.*, 15, 1586-1605.

81. Wei, A.; Shibamoto, T. (2010). Antioxidant/lipoxygenase inhibitory activities and chemical compositions of selected essential oils. *J. Agr. Food Chem.*, 58, 7218-7225.

82. Mighri, H.; Hajlaoui, H.; Akrou, A.; Najjaa, H.; Neffati, M. (2010). Antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia herba-alba* essential oil cultivated in Tunisian arid zone. *C.R. Chim.*, 13, 380-386.

83. Wannes, W.A.; Mhamdi, B.; Sriti, J.; Jenia, M.B.; Ouchikh, O.; Hamdaoui, G.; Kchouk, M.E.; Marzouk, B. (2010). Antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts from myrtle (*Myrtus communis* var. *italica*) leaf, stem and flower. *Food Chem. Toxicol.*, 48, 1362-1370.

84. Ahmadi, F.; Sadeghi, S.; Modarresi, M.; Abiri, R.; Mikaeli, A. (2010). Chemical composition, *in vitro* antimicrobial, antifungal and antioxidant activities of the essential oil and methanolic extract of *Hymenocrater longiflorus* Benth., of Iran. *Food Chem. Toxicol.*, 48, 1137-1144.

85. Ebrahimabadi, A.H.; Mazoochi, A.; Kashi, F.J.; Djafari-Bidgoli, Z.; Batooli, H. (2010). Essential oil composition and antioxidant and antimicrobial properties of the aerial parts of *Salvia eremophila* Boiss. from Iran. *Food Chem. Toxicol.*, 48, 1371-1376.

86. Raczyk, M., Kruszewski, B., & Zachariasz, E. (2022). Effect of tomato, beetroot and carrot juice addition on physicochemical, antioxidant and texture properties of wheat bread. *Antioxidants*, 11(11), 2178.

87. DemiR, N.; Bahçeci, K.S.; Acar, J. (2007). The effect of processing method on the characteristics of carrot juice. *J. Food Qual.*, 30, 813–822.

88. Tian,W.; Chen, G.; Tilley, M.; Li, Y. (2021). Changes in Phenolic Profiles and Antioxidant Activities during the Whole Wheat Bread-Making Process. *Food Chem.*, 345, 128851.

89. Calinoiu, L.; Vodnar, D. (2019). Thermal Processing for the Release of Phenolic Compounds from Wheat and Oat Bran. *Biomolecules*, 10, 21.

90. Gelinas, P.; McKinnon, C.M. (2006). Effect of Wheat Variety, Farming Site, and Bread-Baking on Total Phenolics. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 41, 329–332.

91. Michalska, A.; Amigo-Benavent, M.; Zielinski, H.; del Castillo, M.D. (2008). Effect of Bread Making on Formation of Maillard Reaction Products Contributing to the Overall Antioxidant Activity of Rye Bread. *J. Cereal Sci.*, 48, 123–132.

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

93. Biosafety and Biosafety of Health and the Environment on the Basis of Information Technologies. Vasylyuk, S., Shved, O., Hubrii, Z., Vichko, O., Shved, O. CEUR Workshop Proceedings. 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP 2022 Ternopil 22- 24 November 2022. Том 3309, с. 109-116.

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

95. Gao, X.; Ohlander, M.; Jeppsson, N.; Björk, L.; Trajkovski, V. (2000). Changes in Antioxidant Effects and Their Relationship to Phytonutrients in Fruits of Sea Buckthorn ( *Hippophae rhamnoides L.*) during Maturation. *J. Agric. Food Chem*, 48, 1485–1490.

96. Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. Цивільна оборона Навчальний посібник. Львів, Афіша, 2001. 336с.

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

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

# ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА  
ПУЛЮЯ  
*(Україна)*  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
*(Україна)*  
ІНСТИТУТ МЕДИЦИНИ ПРАЦІ ІМ. Ю.І. КУНДІЄВА  
*(Україна)*  
ВАРМІНСЬКО-МАЗУРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
*(Польща)*  
СЛОВАЦЬКИЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
*(Словацьчина)*  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»  
*(Україна)*  
ПОЛЬСЬКА АКАДЕМІЯ ЗДОРОВ'Я  
*(Польща)*

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

Тези доповідей  
28 – 29 вересня 2023 р.

Тернопіль



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

## ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

### *Голова*

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

### *Заступник голови*

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

### *Наукові секретарі:*

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

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

### *Члени програмного комітету*

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

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

УДК 001 + 664

ISBN 978-617-7875-66-5

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

<b>Гудь В.І., Вічко О.І.</b> Оцінка заквасочних мікроорганізмів для житнього хліба	32
<b>Осадца Д.А., Кравченко Х.Ю.</b> Використання цибулі в технології виробництва соусів	33
<b>Трачук Н.П., Покотило О.С.</b> Розробка купажованої олії на основі конопляної	34
<b>Юкало В.Г., Сторож Л.А., Череватий М.М.</b> Біоактивні фосфопептиди з $\beta$ -казеїну	35
<b>Дейниченко Г.В.</b> Доцільність використання дикорослої рослинної сировини у виробництві зефіру	36
<b>Лялик А.Т., Божик Л.І.</b> Фортифікація борошна	38
<b>Роган І.Б., Вічко О.І.</b> Джерела підвищення антиоксидантних властивостей хліба	40
<b>Заставна А., Криськова Л.</b> Конопляне молоко як заміна молочним продуктам	41
<b>Скріль Ю.А., Швед О.В., Губрій З.В.</b> Порівняльний аналіз та гармонізація ключових стадій технології розроблення та удосконалення твердих ферментних сирів в Україні	42
<b>Надюк Р.О., Кравченко Х.Ю., Лісовська Т.О.</b> Імбир в технології виробництва хлібобулочних виробів	44
<b>Лялик А.Т., Бейко Л.А., Голик О.В.</b> Соя в харчуванні людини	45
<b>Мультан Р.О., Вічко О.І.</b> Інноваційні можливості фітодобавок у виробництві хлібобулочних виробів	47

***СЕКЦІЯ: ХАРЧОВА ХІМІЯ, БІОХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ***

<b>Андрусина І.М.</b> Модифікація флуорометричного методу визначення вітаміну Е ( $\alpha$ -токоферолу)	48
<b>Чвалюк Г.В., Грубінко В. В.</b> Біологічно активні добавки з водоростей	51
<b>Singh R B</b> Food consumption pattern and risk of mortality due to non-communicable diseases	54
<b>Бабієнко В.В., Мокієнко А.В.</b> Обґрунтування перспектив використання діоксиду хлору в харчовій промисловості	58
<b>Юсіна Г.Л., Бородіна Я.О., Чекой К.В.</b> Визначення вмісту антиоксидантів у різних видах чаю	60

УДК 664

**I.B. Rogan; O.I. Vichko, к.т.н., доцент**

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна

#### **ДЖЕРЕЛА ПІДВИЩЕННЯ АНТИКОСИДАНТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХЛІБА**

**I.B. Rogan; O.I. Vichko, Ph.D., Assoc.Prof.**

#### **SOURCES OF INCREASING THE ANTIOXIDANT PROPERTIES OF BREAD**

Хлібобулочні вироби, в тому числі хліб, є важливою складовою раціону людей у всьому світі. Однією з цілей харчової промисловості є покращення її якості в контексті здоров'я та фізичних параметрів. Сприйняття споживачами сенсорної якості є важливим аспектом вибору їжі. Адже, вимоги споживачів до якості харчових продуктів відіграють важливу роль у сенсорному сприйнятті та визначенні прийнятності харчових продуктів. На прийнятність хліба впливають текстура, колір, смак, об'єм, форма, свіжість, доступність і ціна. За даними літератури, корисні та сенсорні властивості харчового продукту суттєво впливають на вибір споживача [1]. Використання натуральних інгредієнтів як джерела антиоксидантів і функціональних добавок у хлібі та інших хлібобулочних виробів є світовим трендом [2]. У виробництві хліба та інших хлібобулочних виробів використовується переважно біле очищене борошно; однак фенольні сполуки переважно (понад 80% загального вмісту) присутні у фракціях висівок і зародків [1]. У пшениці фенольні сполуки існують у вільнорозчинній, розчинно-кон'югованій та нерозчинно-зв'язаній формах [1].

Згідно з рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), здорове харчування має базуватися, зокрема, на овочах і цільнозернових продуктах [1]. Хліб може бути хорошим носієм біологічно активних сполук, оскільки це дуже прийнятна та зручна їжа. Проте додавання овочів до випічки суттєво змінює її фізико-хімічні характеристики [2]. Овочеві соки порівняно зі свіжими продуктами доступні незалежно від пори року та мають довший термін зберігання. Але через технологічні процеси соки мають нижчу харчову цінність порівняно зі свіжими овочами. Традиційне виробництво соку з механічним пресуванням суєла призводить до отримання злегка каламутного соку та вичавок. Овочеві соки є хорошим джерелом флавоноїдів, рослинних пігментів, вітамінів і мінералів, а у випадку натуральних неосвітлених соків також харчових волокон. Вони мають антиоксидантні властивості та можуть позитивно впливати на стан серцево-судинної системи, що знижує ризик деяких цивілізаційних захворювань. Багато досліджень демонструють вплив додавання різних рослинних частин, таких як вичавки, сухі продукти, олія або насіння на фізико-хімічні властивості отриманих хлібобулочних виробів та їх біологічну цінність [3], однак досліджень щодо впливу на дані вироби соків практично немає. Таким чином, крім підвищення харчової цінності, очікується покращення органолептичних показників і загальної якості продукту.

#### **Література:**

1. Rekha, M. N., Chauhan, A. S., Prabhasankar, P., Ramteke, R. S., & Rao, G. V. (2013). Influence of vegetable purees on quality attributes of pastas made from bread wheat (*T. aestivum*). *CyTA-Journal of Food*, 11(2), 142-149.
2. 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.
3. Brennan, C.S., Victor, K. and Tudorica, C.M. 2004. Inulin-enriched pasta: Effects on textural properties and starch degradation. *Food Chemistry*, 86: 189-193.