

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розробка рецептури і технології хліба
підвищеної поживності з додаванням насіння (льону й
соняшнику) та підсолоджувачів із проєктуванням цеху
виробництва виробу**

Виконав: студент 6 курсу, Групи МХм-61
спеціальності 181- Харкові технології

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Солодков І. І.</u> (підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Кухтин М. Д.</u> (підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Кухтин М.Д.</u> (підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Кухтин М. Д.</u> (підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u> (підпис)	(прізвище та ініціали)

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання

10 листопада 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	17.11.2025	
2	Науково-дослідна частина	17.11-25.11.2025	
	Аналітичний огляд літературних джерел	17.11-19.11.2025	
	Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження	20.11.2025	
	Результати дослідження	21.11-25.11.2025	
3	Техніко-економічне обґрунтування	26.11-27.11.2025	
4	Проектно-технологічна частина	28.11-7.12.2025	
	Технологічні розрахунки виробництва запроєктованого асортименту	28.11-1.12.2025	
	Вибір та обґрунтування технологічних процесів і режимів виробництва	2.12-4.12.2025	
	Забезпечення технологічного процесу виробництва запроєктованого асортименту	5.12-7.12.2025	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	8.12-10.12.2025	
	Охорона праці	8.12-9.12.2025	
	Безпека в надзвичайних ситуаціях	9.12-10.12.2025	
6	Оформлення анотації, загальних висновків та списку використаних літературних джерел. Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки.	10.12.2025	
7	Оформлення графічної частини	11.12-14.12.2025	
8	Подача роботи для перевірки на плагіат	до 15.12.2025	
9	Отримання відгуку керівника та рецензії на роботу; підготовка та проходження попереднього захисту на кафедрі	15.12-21.12.2025	

Студент

Солодков І. І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Кухтин М.Д.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Реферат	7
	Вступ	8
I	НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	10
1.	Аналітичний огляд літературних джерел	10
1.1.	Підсолоджувачі рослинного походження	10
1.1.1	Стевіол глікозиди	14
1.1.2	Куркулін	16
1.1.3	Гліциризин (Локриця)	16
1.1.4	Тауматин	17
1.1.5	Луо Хан Гуо (монахський фрукт)	18
1.1.6	Міракулін	19
1.1.7	Монеллін	20
1.1.8	Гернандульцин	21
1.1.9	Браззейн	21
1.1.10	Пентадін	22
1.1.11	Філодульцин	23
1.1.12	Порівняння натуральних та штучних (синтетичних) підсолоджувачів	23
1.1.13	Суперечки та обмеження підсолоджувачів	24
	Підсумки з огляду публікацій	26
1.2.	Матеріали і методи досліджень	28
1.2.1	Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження	28
1.2.2	Методи досліджень	30
1.3.	Результати досліджень та їх обговорення	31
1.3.1	Харчова цінність та технологічні особливості цільнозернового	31

	і обдирного пшеничного борошна та виробів з нього	
1.3.2	Розроблення рецептури для хліба підвищеної поживності та біологічної цінності	32
1.3.3	Біохімічна характеристика бродильних процесів у тісті з обдирним борошном	36
1.3.4	Технологічна характеристика дослідних зразків хліба підвищеної поживності з обдирним борошном	42
1.3.5	Органолептичні властивості хліба підвищеної поживності з насінням льону та соняшнику	46
II	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	48
2.1.	Вибір, обґрунтування і опис технологічної схеми	48
III	ПРОЄКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	51
3.1.	Технологічні розрахунки виробництва	51
3.2	Розрахунок пофазних рецептур	53
3.3.	Розрахунок виходу виробів	55
3.4.	Розрахунок виробничих рецептур і вибір технологічних	56
3.5.	Розрахунок витрат сировини і площ для її зберігання	58
3.6.	Розрахунок і вибір технологічного обладнання	59
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	64
4.1	Охорона праці	64
4.1.1	Класифікація шкідливих речовин за ступенем впливу на організм людини	64
4.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях	66
4.2.1	Захист підприємств харчової промисловості від пожеж	66
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	70

	Список літератури	71
	Додатки	79

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 80 с., 5 рис., 14 табл., 61 джерел.

БОРОШНО ПШЕНИЧНЕ Й ОБДИРНЕ, ХЛІБ ПІДВИЩЕНОЇ ПОЖИВНОСТІ, ТЕХНОЛОГІЯ ХЛІБА

Об'єкт дослідження – борошно обдирне, пшеничне, насіння соняшнику, насіння лляне, розробка рецептури, хліб підвищеної поживності, технологія пшеничного хліба, оцінка хліба за вимогами ДСТУ.

Мета роботи – розробити рецептуру та технологію хліба підвищеної поживності з додаванням насіння (льону й соняшнику) та підсолоджувачів із проектуванням цеху виробництва виробу.

Методи досліджень: аналітичні (перегляд літературних даних щодо впливу обдирного борошна, насіння соняшнику, насіння льону на технологічні показники хліба підвищеної поживності); технологічні (показники тіста й готових виробів), органолептичні (смак й аромат, колір, структура хліба); статистичні.

Встановлено, що часткова заміна пшеничного борошна вищого ґатунку на обдирне у рецептурі тіста з насінням льону та соняшнику впливає на перебіг бродіння та якісні показники хліба. Зі збільшенням частки обдирного борошна спостерігається зростання кислотності та зниження питомого об'єму, газоутворення і пористості, однак за вмісту до 30 % показники залишаються в межах вимог ДСТУ 4583:2006. Оптимальним є поєднання 70 % пшеничного борошна вищого ґатунку та 30 % обдирного, що забезпечує належну структуру тіста, добру пористість і приємний смак. Готові вироби характеризуються рівномірним забарвленням скоринки, ніжною м'якушкою, приємним ароматом і гармонійним смаком із легкими горіхово-медовими відтінками.

Вступ

Сучасні тенденції розвитку харчової промисловості України орієнтовані на створення продуктів функціонального та оздоровчого призначення, які не лише задовольняють базові потреби організму, а й сприяють зміцненню здоров'я, профілактиці хронічних захворювань і підвищенню імунного захисту [42, 43, 45]. Одним із ключових напрямів у цьому контексті є вдосконалення технологій хлібопечення шляхом розроблення виробів підвищеної поживної та біологічної цінності [41]. Адже хліб – традиційний продукт щоденного споживання, який має потенціал стати джерелом не лише енергії, але й важливих біологічно активних сполук.

В умовах зростання споживчого попиту на натуральні та функціональні харчові продукти особливого значення набуває використання сировини рослинного походження, збагаченої білками, харчовими волокнами, вітамінами, мінералами та поліненасиченими жирними кислотами. До таких інгредієнтів належать насіння льону та соняшнику, які містять значну кількість омега-3 та омега-6 жирних кислот, токоферолів, лігнанів, антиоксидантів і рослинних білків, що мають високу засвоюваність [44].

Поєднання пшеничного борошна вищого ґатунку з обойним або цільнозерновим борошном у рецептурі хліба підвищує вміст харчових волокон, мікроелементів і вітамінів групи В, тоді як додавання насіння льону та соняшнику забезпечує покращення жирнокислотного складу та збагачення продукту біологічно активними речовинами. Використання натурального підсолоджувача – меду – не лише покращує органолептичні властивості виробу, а й сприяє його мікробіологічній стабільності завдяки природним антимікробним компонентам.

Таким чином, розробка рецептури хліба підвищеної поживності з використанням насіння льону, соняшнику та меду є актуальним завданням сучасної харчової науки й практики. Такі продукти відповідають концепції здорового харчування, сприяють раціоналізації дієти населення та

розширюють асортимент хлібобулочних виробів функціонального призначення на українському ринку.

Отже, для технологів хлібопекарської галузі важливе місце відводиться у розроблені рецептур, які мають сприяти зростанню асортименту хлібопекарської продукції з одного боку, а з іншого – забезпечувати організм споживачів нітрінтами, яких немає у традиційних борошняних виробках.

Мета і завдання досліджень.

Метою роботи було розробити рецептуру та технологію хліба підвищеної поживності з додаванням насіння (льону й соняшнику) та підсолоджувачів із проектуванням цеху виробництва виробу.

Для виконання мети було поставлені наступні завдання:

- провести характеристику харчової цінності та технологічних особливостей цільнозернового і обдирного пшеничного борошна та виробів з нього;
- розробити рецептуру для хліба підвищеної поживності та біологічної цінності;
- провести біохімічну оцінку бродильних процесів у тісті з обдирним борошном;
- визначити технологічні показники дослідних зразків хліба підвищеної поживності з обдирним борошном;
- визначити органолептичні властивості хліба підвищеної поживності з насінням льону та соняшнику

Об’єкт дослідження – борошно обдирне, пшеничне, насіння соняшнику, насіння лляне, розробка рецептури, хліб підвищеної поживності, технологія пшеничного хліба, оцінка хліба за вимогами ДСТУ.

Предмет дослідження: вплив обдирного борошна, насіння соняшнику, насіння льону на технологічні показники хліба підвищеної поживності його органолептичні властивості.

Методи досліджень: аналітичні (перегляд літературних даних щодо впливу обдирного борошна, насіння соняшнику, насіння льону на

технологічні показники хліба підвищеної поживності); технологічні (показники тіста й готових виробів), органолептичні (смак й аромат, колір, структура хліба); статистичні.

Наукова новизна одержаних результатів. Встановлено, що часткова заміна пшеничного борошна вищого ґатунку на обдирне у рецептурі тіста з насінням льону та соняшнику впливає на перебіг бродіння та якісні показники хліба. Зі збільшенням частки обдирного борошна спостерігається зростання кислотності та зниження питомого об'єму, газоутворення і пористості, однак за вмісту до 30 % показники залишаються в межах вимог ДСТУ 4583:2006. Оптимальним є поєднання 70 % пшеничного борошна вищого ґатунку та 30 % обдирного, що забезпечує належну структуру тіста, добру пористість і приємний смак. Готові вироби характеризуються рівномірним забарвленням скоринки, ніжною м'якушкою, приємним ароматом і гармонійним смаком із легкими горіхово-медовими відтінками.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено рецептура дозволяє отримати хліб підвищеної поживності з поліпшеними органолептичними властивостями та підвищеною харчовою цінністю.

Особистий внесок здобувача. Магістрант самостійно проводив аналіз літератури за темою роботи (щодо впливу обдирного борошна, насіння соняшнику, насіння льону на технологічні показники хліба підвищеної поживності), визначив мету та завдання для вирішення її, склав план дослідів, виконав експерименти, провів розрахунки та оформив отримані дані у кваліфікаційну роботу.

Апробація результатів. Участь VIII Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 30-річчю заснування кафедри харчової біотехнології і хімії ТНТУ імені Івана Пулюя «Стан і перспективи харчової науки та промисловості» / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 25-26 вересня 2025 р.). (Додаток А).

Публікації. За матеріалами кваліфікаційної роботи було опубліковано одні тези конференції (Додаток А)

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, розділів дослідної та розрахунково-графічної частини, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, висновків та пропозицій виробництву, переліку літератури та додатків. Магістерська робота має 80 сторінки та містить 14 таблиць, 5 рисунків. Перелік літератури складається з 61 джерел.

РОЗДІЛ І

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

1. Аналітичний огляд літературних джерел

1.1. Підсолоджувачі рослинного походження

Натуральні підсолоджувачі, які не обов'язково є вуглеводами, мають нульовий глікемічний індекс (ГІ) та низьку або нульову калорійність. Дослідження цих натуральних підсолоджувачів активізувалися в останні роки, оскільки промисловість вимагає кращої альтернативи синтетичним/штучним підсолоджувачам. У табл. 1.1 представлені основні підсолоджувальні речовини рослинного походження з високою підсолоджувальною здатністю.

Таблиця 1.1

Калорійність підсолоджувачів рослинного походження [1]

Підсолоджувач	Спосіб виробництва	Глікемічний індекс	Потенція *
Меляса	механічна екстракція та кип'ятіння, а потім процес розділення	55	-
Кленовий сироп	збір соку з кленових дерев, а потім випаровування води	54	1,0
Мед	відцентрова екстракція	50	1,1
Сироп сорго	натискання на стебла солодкого сорго для виділення соку, який потім кип'ятять	50	1,0
Сік цукрової тростини	кристалізація, мембранна фільтрація та екстракція розчинником	43	-
Кокосовий пальмовий цукор	фізичний непрямий нагрів	35	1

HFCS-90 (кукурудзяний сироп з високим вмістом фруктози, що містить 90% фруктози)	екстракція кукурудзяного крохмалю, розрідження, оцукрювання та ізомеризація, з	31	1,6
HFCS-55	урахуванням	58	1,2
HFCS-42	ступеня важливості	68	1,1
Сироп з коричневого рису	ферментативний гідроліз рисового крохмалю	25	0,5
Фруктоза	кислотний гідроліз інуліну або ферментативне перетворення глюкози	23	1,17–1,75
Сироп агави	пресування або подрібнення вареної агави для отримання соку, а потім концентрування соку	15	1,5

*Приблизна концентрація висококонцентрованих підсолоджувачів (сахароза = 1,0); «-» висока варіабельність.

Солодкий смак виявляється смаковими рецепторами зосередженими у смакових бруньках [2]. Кожна смакова брунька має набір смакових рецепторних клітин, які ідентифікують молекули та іони, присутні в їжі [3], і перетворюють їх на смакові відчуття: солоний, кислий, солодкий, гіркий. Усі солодкі молекули, такі як вуглеводи, пептиди, амінокислоти, нехарчові синтетичні підсолоджувачі та солодкі білки, викликають солодкий смак завдяки взаємодії рецептора солодкого смаку T1R2-T1R3 та сенсора умами T1R1-T1R3, що належать до родини рецепторів, пов'язаних з G-білком (GPCR) [4].

Рецептор солодкого смаку належить до GPCR класу C, що включає метаботропні глутаматні рецептори (mGluR), рецептори γ -аміномасляної кислоти типу B, кальцій-чутливі рецептори (CaSR) та багато інших [4].

Взаємодію білків солодкого смаку з рецептором солодкого важче зрозуміти, оскільки підсолоджувачі зазвичай низькомолекулярні та зазвичай не можуть бути ідентифіковані [5].

1.1.1 Стевіол глікозиди

Вид рослини *Stevia rebaudiana* привернув увагу як природна альтернатива цукру. Рослина *Stevia rebaudiana* має у 200 – 300 разів більшу солодкість, нуль калорій, низький ГІ [6] та у 480 разів солодша за сахарозу.

Листя *S. rebaudiana* містить понад 30 різних стевіолових глікозидів, серед яких ребаудіозид А (Reb А). Однак стевіозид та Reb А мають гіркий післясмак та лакричний післясмак, що створює труднощі для розробки рецептури продукту. Кожен стевіоловий глікозид, який присутній у листі, має унікальні характеристики та різні профілі солодкості, наприклад, Reb А (Ребаудіозид А), Reb D (Ребаудіозид D) та Reb М (Ребаудіозид М) – стевіолові глікозиди – всі забезпечують солодкість [7]. Загалом, всі три є стабільними за рН та добре розчинними. Окремо ці глікозиди мають різні смакові профілі, що дозволяє виробникам адаптувати свої суміші підсолоджувачів до вимог конкретного продукту. Reb А є найпоширенішим та найвідомішим стевіоловим глікозидом, який цінується за свою насичену солодкість. Його легко екстрагувати, і він широко використовується, оскільки Reb А приблизно в 250 – 300 разів солодший за сахарозу [8].

У кінцевому продукті Reb А забезпечує інтенсивну солодкість з легким зтяжним післясмаком, особливо при високих концентраціях [7]. Він може мати чистіший смак при помірному використанні, але може сприяти появі гіркоти у більших кількостях. Reb D є найкращим поєднанням стевіолових глікозидів. Reb D пропонує розробникам рецептур додаткову гнучкість у створенні продуктів з чистим, цукровим смаком та мінімальною гіркотою, маючи солодкість у 225 – 250 разів солодшу за сахарозу [8]. Reb М – це стевіоловий глікозид, який природним чином присутній у листі стевії та був схвалений відносно нещодавно. Він має солодкість у 225 – 250 разів вищу,

ніж цукор [9], чистий, приємний смак, профіль солодкості, схожий на сахарозу, який швидко проявляється. Reb M зустрічається лише в невеликих кількостях у звичайних рослинах стевії (менше 0,1%) [9], і це ускладнює масштабування для великих світових брендів та доступ для менших брендів.

Вихідною сировиною для екстрактів стевії може бути натуральний продукт, тому ми класифікуємо його як замінник цукру, а не штучний підсолоджувач, але ці інгредієнти все одно проходять високий рівень обробки. Стевіол-глікозид – це підсолоджувачі, отримані шляхом екстракції та очищення стевіол-глікозидів із сухого листа *Stevia rebaudiana* Bertoni під дією ферментів. Ці стевіол-глікозидовані стевіол-глікозиди потім очищаються за допомогою адсорбції та іонообмінної хроматографії, в результаті чого отримують кінцевий продукт, що містить щонайменше 95% стевіол-глікозидів, що складається з суміші глікозидованих та стевіол-глікозидів [9]. У продажі екстракт стевії зустрічається у формі порошку, таблеток або рідкої речовини. Екстракт стевії приблизно у 200 разів солодший за звичайний цукор, тому слід звертати пильну увагу на використовувану кількість. При використанні рідкої форми добавки необхідно враховувати тип супутньої речовини, оскільки вони вважаються добавками та зазвичай мають максимально допустимі рівні в готовому продукті (еритритол) [10]. У минулому EFSA перевіряло безпеку стевіолових глікозидів з точки зору стабільності продуктів їх розпаду, метаболізму та тестування на токсичність [10]. EFSA дійшло висновку встановити допустиму добову норму споживання стевіолових глікозидів виражену в еквівалентах стевіолу, на рівні 4 мг/кг тіла/день [10]. Через досить високий попит на Reb M були розроблені технології виробництва Reb M з екстракту листа стевії шляхом біоконверсії та ферментації, завдяки чому ферментація стевіолових глікозидів, Reb M та Reb D проводилася з використанням дріжджів. Reb M схвалено як добавка в багатьох країнах світу. У 2019 році EFSA надало науковий висновок щодо безпеки запропонованої модифікації

специфікацій для стевіолових глікозидів як харчової добавки, зокрема стосовно Reb M [10].

1.1.2. Куркулін

Куркулін, або неокулін – це комплекс солодких білків, який був відкритий та виділений у 1990 році з плодів *Curculigo latifolia* [11]. Куркулін має високу підсолоджувальну здатність, приблизно 550, і може досягати значень понад 1000, солодкий смак розвивається повільно та триває кілька хвилин [11]. Цікаво, що цей підсолоджувач знову відчувається, якщо випити воду. Солодкий смак триває 5 хвилин з водою та 10 хвилин з розчином кислоти [11]. Куркулін переймає поведінку білків, проявляючи високу чутливість до тепла, тому при температурі вище 50 °C білок починає руйнуватися та втрачає свої «підсолоджувальні» та «смакомодифікуючі» властивості [12, 13].

1.1.3. Гліциризин (Локриця)

Гліциризин – це природний тритерпеноїдний підсолоджувач з нульовим ГІ та солодкістю 30 – 50 порівняно з цукром [14]. У природі гліциризин та його солі містяться в корені чагарнику *Glycyrrhiza glabra* L. (солодки), звідки його також екстрагують. Процес екстракції є відносно простим, корінь кип'ятять, і шляхом концентрування розчину, отриманого випаровуванням, отримують продукти як у твердій, так і у формі сиропу. Основним активним елементом солодки є гліциризин, тритерпеновий сапонін, який у 30 – 50 разів солодший за цукор [14]. Гліциризин – це складна речовина з високою засвоюваністю та високим індексом розчинності.

Солодкий смак настає повільніше, ніж у цукру, але є набагато стійкішим. Однак, він демонструє дуже інтенсивний, майже паразитичний солодкий смак та стійкий залишковий післясмак. У харчових продуктах додавання гліциризину посилює солодкий смак сахарози та покращує характеристики інших підсолоджувачів, таких як лактит або сорбіт. Він

зберігає свої смакові характеристики лакриці та не змінює фізико-хімічних характеристик харчових продуктів [15]. Гліциризин добре поводить ся в таких продуктах, як карамель, шоколад, морозиво, жувальна гумка та різні сиропи. У кулінарних приготуваннях його використовують для маскування солоного смаку [15]. Цей натуральний підсолоджувач не схвалений для використання в усіх країнах, тому перед використанням слід ознайомитися з національним законодавством.

1.1.4. Тауматин

Тауматин – це низькокалорійний підсолоджувач та підсилювач смаку. Тауматин – це загальна назва природної білкової суміші, що складається з білків тауматин I та тауматин II разом з незначною кількістю рослинних компонентів, отриманих шляхом екстракції з західноафриканської ягоди катемфе, *Thaumatococcus daniellii* Bennett, Thaumatin [16]. Деякі білки з родини підсолоджувачів тауматин приблизно у 2000 разів потужніші за цукор і зберігаються протягом 10 – 20 хвилин після вживання [17]. Сенсорно, тауматин розвиває дуже солодкий, злегка ароматний смак, відмінний від смаку цукру, який розвивається повільно [17]. Поєднуючи тауматин з аланіном та деякими органічними кислотами, підсолоджувальна здатність подвоюється, і його можна використовувати в менших кількостях для досягнення підсолоджувального ефекту. Тауматин має здатність при концентраціях нижчих, ніж ті, що необхідні для підсолоджування, посилювати певні смаки (м'яти та кави). Тауматин добре розчинний у воді, стійкий до нагрівання та стабільний у кислих умовах. Він добре розчинний у воді 600 г/л при 25 °C, стабільний при 100 °C, рН 5,5 та при кімнатній температурі в діапазоні значень рН 2–10 [17]. При рН вище 8 тауматин стає чутливим до високих температур; контроль рН дуже важливий для забезпечення стабільності в харчових продуктах. Тауматин зустрічається у вигляді порошку кольору слонов'ячої кістки без запаху з інтенсивно солодким смаком [18]. Тауматин використовується в кондитерських виробках без

доданого цукру, какао-продуктах, напоях, сухофруктах без доданого цукру або з низькою енергетичною цінністю, жувальній гумці без підсолоджувачів, харчовому льоду без доданого цукру, у концентрації 50 мг/кг [17]. Він дозволений у кількох країнах.

1.1.5. *Luo Han Guo (монахський фрукт)*

Лую Хань Гуо (*Siraitia grosvenorii* Swingle) – один із найцікавіших підсолоджувачів, що з'явилися останніми роками. Плід Лую Хань Гуо дуже солодкий, круглий та сухий, розміром приблизно з апельсин, має тонку коричневу шкірку та м'якоть, що містить кілька насінин [18]. Ці солодкі речовини становлять близько 1% ваги плоду та мають солодку силу приблизно в 150 – 200 разів більшу, ніж цукор [18]. Могрозиди складаються з каркасної структури, яка називається могролом з приєднаними одиницями глюкози (глікозидами). Основним могрозидом у плодах монахів є могрозид V [19]. Це натуральний підсолоджувач з нульовим ГІ, некалорійний та підходить для діабетиків. Крім того, асортименти підсолоджувачів Monk Fruit містять еритритол як речовину-носію, речовину, яку необхідно кількісно визначати при розрахунку дози еритритолу на готовий продукт [19]. У США Лую Хань Го, або монах-фрукт, загалом визнаний безпечним (GRAS за термінологією FDA з 2010 року) для використання як підсолоджувач або підсилювач смаку для харчових продуктів та напоїв. У Європі він ще не отримав схвалення EFSA, яке проводить дослідження токсичності та рекомендує використовувати певні дози в різних типах продуктів [21]. Підсолоджувачі на основі монах-фруктів можна додавати до різних продуктів: напоїв, таких як кава, гарячий чай, холодний чай, лимонад та/або смузі; салатів та соусів; супів; йогурту; вівсянки; або інших сніданкових пластівців. Він продається у вигляді порошку або рідини. Гранульований або порошкоподібний підсолоджувач з монах-фруктів є найкращим замінником цукру, оскільки з ним найлегше працювати, він має приємний солодкий смак і найближче до цукру, особливо для глазури або топпінгу. Рідкий

підсолоджувач з монах-фруктів зі співвідношенням еритритолу та монах-фруктів 1:1 дуже популярний на ринку [21].

1.1.6. Міракулін

Міракулін – це глікопротеїн, який природним чином присутній у плодах *Synsepalum dulcificum*, також відомих як чудодійний фрукт. Сам міракулін не є солодким, насправді, він не є підсолоджувачем як таким, але має властивість змінювати смак на певний період часу [22]. Таким чином, після того, як смакові рецептори піддаються впливу міракуліну, він зв'язується з рецепторами солодкого смаку на поверхні язика, і кислі продукти, які зазвичай кислі (наприклад, цитрусові), сприймаються як солодкі, і ефект триває до години [22]. Детальний механізм цієї смакової поведінки все ще вивчається. Було висловлено припущення, що білок міракулін може змінювати структуру смакових рецепторів на клітинах язика. В результаті солодкі рецептори активуються кислотами, які зазвичай мають кислі на смак. Цей ефект зберігається доти, доки смакові рецептори не повернуться до норми.

На солодкий ефект впливають різні фактори, такі як концентрація міракуліну, період контакту міракуліну з поверхнею язика та концентрація кислоти. Максимальна реакція, яка викликана солодкістю, виявилася еквівалентною солодкості 17 % розчину сахарози [22]. Хоча міракулін змінює сприйняття смаку, він не змінює хімічну поведінку їжі, залишаючи ротову порожнину та слизову оболонку шлунка вразливими до високої кислотності деяких продуктів. Міракулін – це термічно нестабільна речовина, яка трохи денатурується при підвищених температурах, а її активність неактивна при рН нижче 3 або вище 12 при кімнатній температурі [23]. Слід зазначити, що солодке відчуття фруктів неактивне після приготування. Глікопротеїн нерозчинний у воді. Зберегти солодкий смак фруктів можливо лише шляхом заморожування. Його використовують для підсолодження напоїв, морозива та інших продуктів. Це натуральний продукт, який не містить калорій і має нульовий ГІ. Регламент Комісії (ЄС)

2021/1974 від 12 листопада 2021 року дозволяє розміщення на ринку сухофруктів *Synsepalum dulcificum* як нового харчового продукту, який може використовуватися на максимальному рівні споживання 0,9 г/день, цільовою групою населення є загальне доросле населення, за винятком вагітних та жінок, що годують грудьми [24]. Сухофрукти *Synsepalum dulcificum* безпечні для споживання дорослими при додаванні до харчових добавок у максимальній добовій дозі 0,7 г, що еквівалентно дозі для дорослої людини зі стандартною масою тіла 70 кг [24, 25].

1.1.7. Монеллін

Монелін – це білок, що містить 96 амінокислот, із солодким смаком, який був виявлений у 1969 році в плодах західноафриканського чагарнику, відомого як Serendipity Berry (*Dioscoreophyllum cumminsii*), і вперше був описаний як вуглевод [26]. Підсолоджувальна здатність монеліну в 1500 – 2000 разів солодша за сахарозу порівняно з 7% розчином сахарози та в 800 разів солодша за сахарозу порівняно з 5% розчином сахарози на масовій основі [27]. Сенсорний аналіз показує, що монелін має чистий, високоякісний солодкий смак без залишкової гіркоти. Його солодкість розвивається повільно, але зберігається протягом тривалого часу. Подібно до міракуліну, солодкість монеліну залежить від рН, однак білок втрачає свої підсолоджувальні властивості при рН нижче 2 або вище 9 [27]. Природна стабільність монеліну в його первісній фруктовій формі помітно низька, щоб зберегти солодкий смак, фрукти необхідно зберігати за температури нижче 20 °C [28]. Термічна обробка вище 50 °C викликає денатурацію білка, що призводить до втрати солодкості [28]. Тим не менш, монелін залишається корисним для підсолоджування білкових добавок. Екстракція монеліну з плодів є дорогою, оскільки рослину складно культивувати. Були розроблені промислові методи виробництва, такі як хімічний синтез та мікробний синтез [11]. Наприклад, монелін успішно виробляють біотехнологічним шляхом з використанням дріжджів (*Candida utilis*), які синтезують цю сполуку [1].

1.1.8. Гернандульцин

Гернандульцин – це надзвичайно солодкий сесквітерпен з молекулярною формулою $C_{15}H_{24}O_2$, сполука, що входить до складу леткої олії рослини *Lippia dulcis* Trev. Подальші дослідження гернандульцину виявили три структурні компоненти, які відповідають за його насичений солодкий смак: карбонільну групу, гідроксильну групу та гідрофобний бічний ланцюг [29]. Гернандульцин був першим сесквітерпеном, у якого був виявлений солодкий смак, і після того, як група добровольців спробувала його на пробу, було встановлено, що він більш ніж у 1000 разів солодший за цукор [30]. Ця сполука в 100 – 1200 разів солодша, ніж у сахарози, хоча її солодкий смак супроводжується залишковим гірким компонентом. Гернандульцин також надає освіжаючого смаку, що робить його особливо цінним для підсолоджування засобів гігієни порожнини рота [30, 31].

1.1.9. Браззеїн

Браззеїн – це білок із солодким смаком, виділений з плодів виткоподібної рослини *Oubli Pentadiplandra brazzeana* Baillon [32]. Було ідентифіковано два солодкі білки: пентадин (відкритий у 1989 році) та браззеїн (відкритий у 1994 році), обидва є дуже перспективними підсолоджувачами для промислового застосування [32]. Браззеїн, білок із підсолоджувальним потенціалом, знаходиться в позаклітинній м'якоті, що оточує насіння, як і інші солодкі білки, браззеїн взаємодіє зі смаковими рецепторами на язиці, зокрема з рецептором T1R3, який пов'язаний як зі сприйняттям солодкого, так і умами смаку [30]. Браззеїн створює солодкий смак з легким охолоджувальним ефектом у роті, подібний до лакриці, але зі значно вищим рівнем солодкості. За оцінками, він у 500 – 2000 разів солодший за сахарозу за вагою, як білок, браззеїн має енергетичну цінність 4 ккал/г [27]. Однак, через свою інтенсивну солодкість, його використовують у незначних кількостях, що призводить до незначного внеску в калорії харчових продуктів. Технологічно браззеїн є термостабільним, залишається

розчинним у воді (>50 мг/мл) і зберігає свою солодкість у широкому діапазоні рН (2,5 – 8) та підвищених температурах [27]. Оскільки природний вміст браззеїну в плодах *Pentadiplandra brazzeana* надзвичайно низький (0,2%), для його виробництва були розроблені різні гетерологічні системи експресії [32]. Солодкість очищеного браззеїну з трансгенного листа тютюну була оцінена дегустаційною панеллю людей за допомогою подвійного сліпого тесту. Результати показали, що підсолоджувальна здатність браззеїну приблизно в 1330 разів більша, ніж у сахарози за вагою, що свідчить про те, що солодкість білка залишається відповідною його нативній формі [33]. Амінокислотна послідовність браззеїну дуже нагадує послідовність інгібіторів протеаз, що містяться в ріпаку, з подібними структурними характеристиками [11]. Статус браззеїну як підсолоджувальної добавки залишається предметом регуляторних дискусій. Завдяки своїй ефективності, харчова промисловість виявила значний інтерес до використання браззеїну в таких продуктах, як чай, напої та шоколад. Незважаючи на його потенціал як низькокалорійного підсолоджувача, браззеїн ще не був схвалений для використання як харчова добавка в Сполучених Штатах чи Європейському Союзі [33].

1.1.10. Пентадін

Пентадин – це білок із солодким смаком, який природним чином міститься в плодах рослини *Pentadiplandra brazzeana* Baillon. Пентадин приблизно в 500 разів солодший за сахарозу за вагою. Він надає солодкого смаку з повільним початком та надзвичайно тривалою стійкістю, залишаючи стійкий солодкий/лакричний післясмак при високому рівні використання [1]. Хоча цей підсолоджувач часто поступається браззеїну, він має значний потенціал для використання як самостійний підсолоджувач. До того часу він може стати цінним побічним продуктом виробництва браззеїну.

1.1.11. Філодульцин

Філодульцин – це натуральний підсолоджувач; хімічно він класифікується як дигідроізокумарин, спеціально екстрагований з листя *гортензії крупнолистої* (*Hydrangea macrophylla*). Філодульцин має підсолоджувальну здатність приблизно в 400 – 800 разів більшу, ніж розчин сахарози. Його солодкість розвивається повільно та є помітно стійкою [34]. Філодульцин характеризується гірким відчуттям, спиртовим ароматом, охолоджувальним ефектом та терпким післясмаком [34]. Однак, повідомляється, що стійкість та початок солодкості від філодульцину подібні до сахарози. Наявність таких підсолоджувачів дозволяє виробляти спеціалізовані харчові продукти або низькокалорійні харчові продукти, особливо у виробництві напоїв.

1.1.12 Порівняння натуральних та штучних (синтетичних) підсолоджувачів

Існує дві основні категорії підсолоджувачів: натуральні підсолоджувачі рослинного походження та штучні або синтетичні підсолоджувачі. Натуральні підсолоджувачі, як правило, переважають [35] над синтетичними, оскільки вважаються такими, що не мають негативного впливу на здоров'я. Натуральні нецукрові підсолоджувачі мають низьку калорійність, нетоксичні та набагато солодші за цукор (у 100 – 10 000 разів солодші) [1], що долає проблеми, пов'язані з сахарозою та синтетичними підсолоджувачами [36, 37]. Вони є корисними замінниками цукру для хворих на діабет. Багато широко використовуваних синтетичних підсолоджувачів виявилися канцерогенними та некалорійними. В результаті попит на натуральні нецукрові підсолоджувачі значно зріс завдяки їхній ефективності, корисності, безпеці та низькій калорійності як альтернативи цукру. Як поживні підсолоджувачі (натуральні, такі як сахароза), так і ті, які можуть бути натуральними або

синтетичними, активують рецептори солодкого смаку, запускаючи сприйняття смаку в мозку. Хоча рецептори однакові, різні типи підсолоджувачів зв'язуються з різними ділянками рецептора T1R2 + T1R3, як детально описано вище [4].

Існують значні відмінності між гризунами та людьми щодо уподобань щодо певних підсолоджувачів. Крім того, за еквівалентних енергетичних концентрацій люди сприймають фруктозу як солодшу за сахарозу, тоді як щури та миші, здається, вважають сахарозу солодшою [38].

Сахарин вважається поганим заміником сахарози у гризунів [1]. Смакова привабливість цукру визначається не лише його солодким смаком, але й його посторальними харчовими ефектами, які призводять до умовної переваги та підвищеного сприйняття ароматизованих розчинів, пов'язаних з внутрішньошлунковими впливами цукру. Ця дія безпосередньо не опосередковується солодкими рецепторами в кишечнику (T1R2 + T1R3), оскільки внутрішньошлункове введення сукралози (NNS) не зумовлює смакову перевагу, хоча й активує ці рецептори [4]. Натомість, глюкозоспецифічні сенсори та дофамінергічна система винагороди мозку опосередковують умовне кондиціонування цукру. У людей смак підсолоджувачів NNS не пов'язаний із сильними сигналами ситості, на відміну від концентрованих розчинів цукру [1].

1.1.13. Суперечки та обмеження підсолоджувачів

1.3.1. Наслідки для здоров'я

Цукри, такі як моно- та дисахариди, є поширеними компонентами нашого раціону забезпечуючи енергію та сприяючи смаку та збереженню їжі. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) рекомендує обмежити споживання вільного цукру до менш ніж 10 % від загальної кількості енергії, з подальшим зниженням до менш ніж 5% для отримання додаткової користі для здоров'я [4, 1]. У відповідь на ці занепокоєння, як альтернативи з'явилися

нехарчові підсолоджувачі (НПП), цукрові спирти (поліюли) та рослинні підсолоджувачі [39].

Широке використання штучних підсолоджувачів [1, 4, 35, 36, 37] призвело до значних дискусій щодо їхніх переваг та недоліків для здоров'я. Хоча регуляторні органи часто вважають більшість штучних підсолоджувачів безпечними [1], стверджуючи, що вони або не метаболізуються, або розщеплюються на природні компоненти, нові дані представляють більш складну картину [1]. Деякі дослідження вказують на потенційні несприятливі метаболічні ефекти [40], включаючи підвищений ризик збільшення ваги [40], інсулінорезистентність, діабет 2 типу, гіпертонію та серцево-судинні захворювання [1, 4]. Також є твердження, що пов'язують аспартам з різними проблемами зі здоров'ям, такими як хвороба Альцгеймера, вроджені вади розвитку та рак [38].

Існує помітна розбіжність у результатах досліджень щодо безпеки аспартаму, тоді як інші дослідження повідомляють про несприятливий вплив на здоров'я. У липні 2023 року IARC класифікувала аспартам як «можливо канцерогенний для людини» (Група 2B) на основі обмежених доказів канцерогенності в дослідженнях як на людях, так і на тваринах, що відображає її мандат щодо виявлення потенційних небезпек без кількісної оцінки фактичного ризику [12]. Хоча дослідження, що пов'язують підсолоджувачі з раком, можуть мати численні джерела помилок, включаючи упередженість відбору, залишкову плутанину та зворотну причинність (люди з надмірною вагою схильні вживати ці підсолоджувачі та мають вищий ризик раку та ішемічної хвороби серця).

На противагу цьому, EFSA (2013) та Спільний експертний комітет ВООЗ з харчових добавок (JECFA) (2023) підтвердили, що аспартам є безпечним на встановлених рівнях допустимої добової норми споживання (ДДН), після оцінки сукупності наукових доказів, включаючи дослідження, на які посилалося IARC, та не виявлення підтверджених канцерогенних ефектів [1]. Ця відмінність підкреслює різницю між ідентифікацією

небезпеки, яку проводить IARC, та оцінкою ризику, яку проводять EFSA та JECFA. Крім того, оцінка IARC базувалася на вибірковій підмножині досліджень, що стосуються канцерогенного потенціалу, тоді як EFSA та JECFA провели комплексні оцінки ризику, що інтегрували всі доступні токсикологічні, епідеміологічні та механістичні дані [4].

Отже, хоча класифікація IARC викликала занепокоєння громадського здоров'я та закликає до регуляторної обережності, висновки EFSA та JECFA, засновані на ризиках, підтримують подальше дозволене використання аспартаму в межах чинних регуляторних обмежень [1].

Підсумки з огляду публікацій

Використання підсолоджувачів у хлібопекарській галузі є важливим напрямом розвитку сучасної харчової промисловості, адже воно поєднує потребу споживачів у здоровому харчуванні з вимогами до смакових і технологічних характеристик готової продукції. Натуральні підсолоджувачі рослинного походження, такі як стевіолглікозиди, гліциризин, тауматин, монелін, міракулін, браззеїн, куркулін чи філодульцин, пропонують широкий спектр можливостей для заміни цукру, не поступаючись йому за смаком і значно перевершуючи за безпечністю та харчовою цінністю.

Висока підсолоджувальна здатність більшості цих речовин (у десятки й навіть тисячі разів більша за сахарозу) дозволяє використовувати їх у мінімальних кількостях, зменшуючи енергетичну цінність виробів без втрати смакової привабливості. Водночас нульовий або низький глікемічний індекс робить такі підсолоджувачі безпечними для людей із цукровим діабетом, ожирінням чи серцево-судинними захворюваннями. Для хлібопекарської галузі це відкриває можливості виробництва спеціалізованих продуктів – дієтичних, безцукрових, низькокалорійних, що відповідають сучасним тенденціям здорового харчування.

Однак технологічне використання натуральних підсолоджувачів має свої виклики. Деякі з них термолабільні (куркулін, монелін, міракулін), що

обмежує їх застосування в умовах високих температур під час випікання. Інші мають специфічний післясмак – гіркуватий або лакричний (стевіозиди, гліциризин), тому для досягнення бажаного смакового профілю виробники комбінують декілька речовин або поєднують їх із природними ароматизаторами. Попри це, завдяки розвитку біотехнологій і вдосконаленню методів ферментації, отримання чистих ізомерів на зразок Reb M чи Reb D зі стевії стало доступнішим, що забезпечує чистішу солодкість і стабільніші органолептичні показники.

Порівняно з синтетичними замінниками (аспартам, сахарин, сукралоза), рослинні підсолоджувачі демонструють вищу біосумісність і відсутність канцерогенних ефектів. Вони не впливають негативно на мікробіоту кишечника, не викликають інсулінових коливань і не сприяють формуванню метаболічних порушень. Водночас регуляторні обмеження, відмінності у стандартах EFSA та FDA, а також висока собівартість деяких сполук стримують їх масове впровадження у хлібопекарське виробництво.

Отже, впровадження натуральних підсолоджувачів у технологію випічки – це не лише шлях до створення інноваційних і корисних продуктів, але й відповідь на виклики сучасного ринку, зорієнтованого на здоров'я споживача. Майбутнє галузі полягає у вдосконаленні технологій стабілізації термолабільних підсолоджувачів, пошуку оптимальних смакових комбінацій і гармонійному поєднанні традиційних рецептур із новими, природними джерелами солодкості. Такі рішення сприятимуть розвитку конкурентоспроможної, екологічно безпечної та здорової хлібопекарської індустрії України.

1.2. Матеріали і методи досліджень

1.2.1. Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження

Метою роботи було розробити рецептуру та технологію хліба підвищеної поживності з додаванням насіння (льону й соняшнику) та підсолоджувачів із проектуванням цеху виробництва виробу.

Об'єкт дослідження – борошно обдирне, пшеничне, насіння соняшнику, насіння лляне, розробка рецептури, хліб підвищеної поживності, технологія пшеничного хліба, оцінка хліба за вимогами ДСТУ.

Предмет дослідження: вплив обдирного борошна, насіння соняшнику, насіння льону на технологічні показники хліба підвищеної поживності його органолептичні властивості.

Методи досліджень: аналітичні (перегляд літературних даних щодо впливу обдирного борошна, насіння соняшнику, насіння льону на технологічні показники хліба підвищеної поживності); технологічні (показники тіста й готових виробів), органолептичні (смак й аромат, колір, структура хліба); статистичні.

Для проведення досліджень використовували такі основні інгредієнти:

Борошно пшеничне вищого ґатунку – ДСТУ 46.004–99;

Борошно пшеничне обдирне – ДСТУ 46.004–99;

Насіння льону харчове очищене;

Насіння соняшнику очищене;

Олія лляна холодного віджиму;

Мед натуральний квітковий;

Дріжджі пресовані хлібопекарські – ДСТУ 4805:2007;

Сіль кухонна харчова – ДСТУ 3583–97;

Вода питна – згідно з ДСанПіН 2.2.4–171–10.

Якість усіх компонентів відповідала вимогам чинних нормативних документів для харчової сировини.

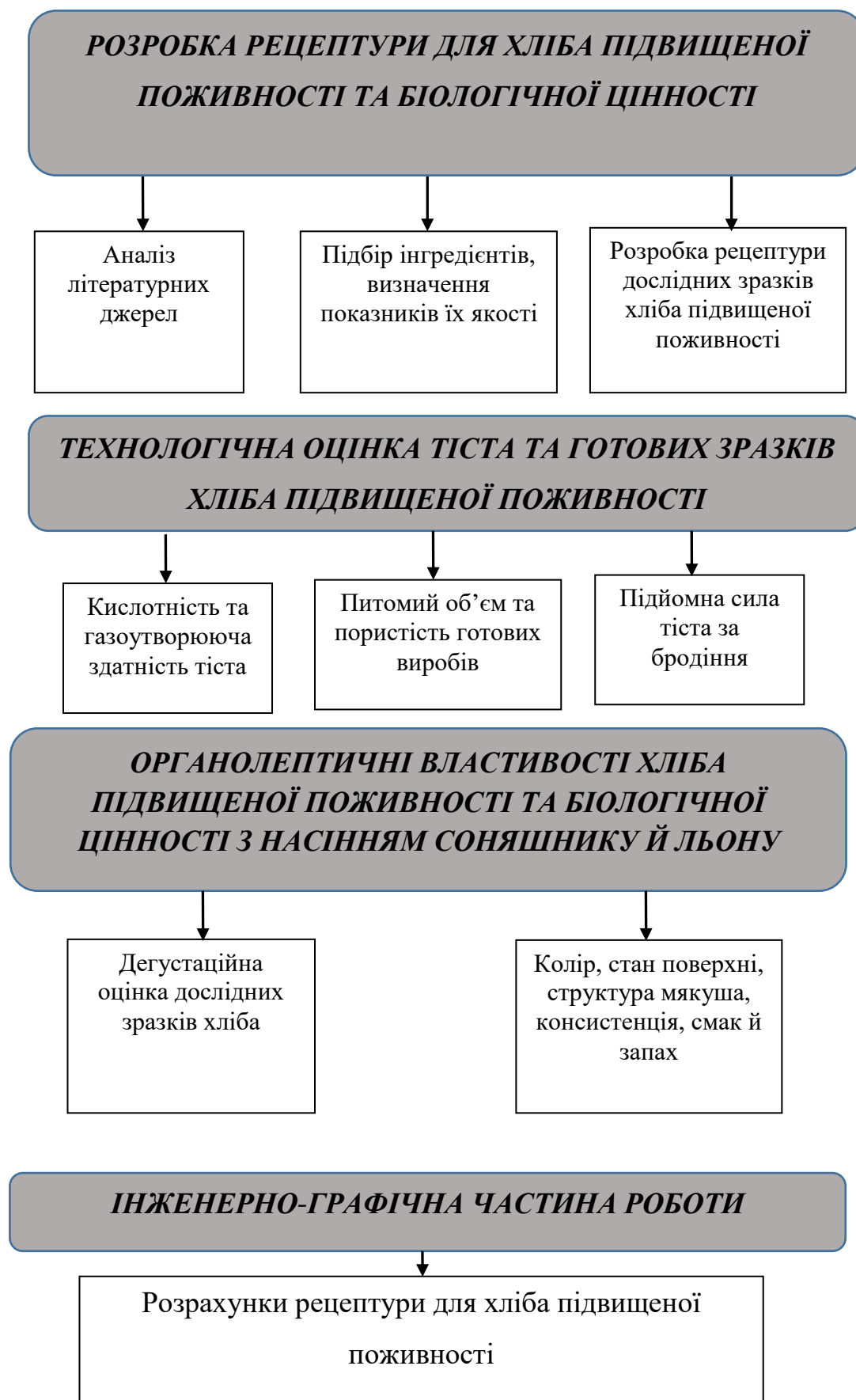


Рисунок. 1.1. – Схема досліджень за кваліфікаційною роботою

Структура дослідження мала наступний вигляд рис. 1.1.

Частина перша – розробка рецептури для хліба підвищеної поживності та біологічної цінності;

Друга – технологічна оцінка тіста та готових зразків хліба підвищеної поживності;

Тертя – органолептичні властивості хліба підвищеної поживності та біологічної цінності з насінням соняшнику й льону.

Четверта – розрахунки рецептури для хліба підвищеної поживності.

1.2.2. Методи досліджень

Кислотність визначали титриметричним методом згідно з ДСТУ 4113:2002. Результати виражали у градусах кислотності ($^{\circ}$). Вимірювання проводили через кожні 70 хв протягом 210 хв бродіння [55, 56].

Питомий об'єм ($\text{см}^3/\text{г}$) визначали за методом витіснення рідини (раптовим зануренням у градуйований циліндр з просіяним просом) через кожні 70 хв бродіння [55].

Газоутворення оцінювали за кількістю вуглекислого газу, виділеного 100 г тіста під час бродіння у герметичному приладі (газометрі) за 30°C [56].

Пористість (%) визначали за об'ємним методом, шляхом вимірювання співвідношення об'єму пор до загального об'єму м'якушки, відповідно до вимог ДСТУ 7517:2024 [57].

Харчову цінність розраховували аналітично за вмістом білків, жирів, вуглеводів, клітковини, мінеральних речовин (золи) та вологості відповідно до методик [55, 56, 57].

Органолептичні показники (форма, колір, запах, смак, структура м'якушки, стан скоринки) визначали дегустаційною комісією з 5 експертів за 5-бальною шкалою відповідно до ДСТУ 4583:2006.

Результати досліджень обробляли статистично з використанням пакета MS Excel 2016. Визначали середнє арифметичне (M) та стандартну похибку (m). Різницю між показниками вважали достовірною при рівні значущості $p < 0,05$.

1.3. Результати досліджень та їх обговорення

1.3.1. Харчова цінність та технологічні особливості цільнозернового і обдирного пшеничного борошна та виробів з нього

Цільнозернове та обойне пшеничне борошно привернуло значну увагу як інгредієнт для хлібопечення завдяки своїм харчовим та корисним властивостям. Порівняно з рафінованим пшеничним борошном, ці види борошна містять вищий рівень вітамінів, мінералів, клітковини (наприклад, некрохмальних полісахаридів, включаючи арабіноксилани), антиоксидантів та інших фітохімічних речовин, таких як каротиноїди, флавоноїди та фенольні кислоти [46, 47]. Споживання обдирного та цільнозернового борошна пов'язане з такими перевагами для здоров'я, як зниження ризику хронічних захворювань, включаючи серцево-судинні захворювання, діабет, рак та ожиріння, а також смертності від усіх причин [47]. У «Дієтичних рекомендаціях для американців» на 2015–2020 роки рекомендується, щоб принаймні половина всього споживання зерна походила з цільного або обойного борошна (USDHHS/USDA, 2015) [46]. Перешкоди для збільшення споживання цільного зерна часто пов'язані з текстурою та сенсорними властивостями, але також включають вищу вартість продуктів із цільного зерна, плутанину в ідентифікації продуктів із цільного зерна та брак знань про користь для здоров'я від споживання виробів з обойного та цільного зерна [48].

Цільнозернове борошно дає тісто та хліб з характерними відмінностями порівняно з рафінованим пшеничним борошном. Ефекти, які пов'язані з виробництвом цільнозернового хліба та їх причини включають малий об'єм буханця, підвищену твердість м'якушки, грубу текстуру, темніший колір та характерний смак і аромат [49]. Ці характеристики можуть не приваблювати споживачів, які звикли до білого хліба, який виготовляється з рафінованого борошна.

Серед причин впливу неендоспермних компонентів на якість хліба можна назвати взаємодію клітковини та глютену [50]; розведення глютенів білками висівками та неендоспермним білком; конкуренцію за воду водорозчинними та нерозчинними компонентами клітковини, що призводить до недостатньої гідратації глютенів білків та крохмалю; фізичний вплив частинок висівків, клітковини та арабіноксиланів на глютену мережу; та вищий рівень ферулової кислоти [51].

Отже, цільнозернове та обдирне борошно мають високу харчову цінність, оскільки містять більше вітамінів, мінералів, клітковини та антиоксидантів, що сприяють зниженню ризику хронічних захворювань. Однак технологічні особливості цих видів борошна, зокрема їхній вплив на структуру тіста та смакові властивості хліба, часто ускладнюють їх широке використання. Тому технологи розробляють рецептури хліба шляхом ведення у їх склад різної кількості даних видів борошна для підвищення біологічної цінності, користості найбільш популярного харчового продукту – хліба.

1.3.2. Розроблення рецептури для хліба підвищеної поживності та біологічної цінності

Для виробництва хліба підвищеної корисності та біологічної цінності ми за основу взяли рецептуру хліба із пшеничного борошна вищого ґатунку. Водночас деяку частку пшеничного борошна замінили на обдирне пшеничне борошно, які цінніше за складом есенціальних нутрієнтів. Внаслідок чого отримали п'ять зразків рецептури у складі яких містилося обдирне пшеничне борошно у кількості від 10 до 50 %, а зразок виробу без додавання обдирного борошна був контрольним. Необхідно відзначити, що у рецептурі нашого хліба підвищеної поживності за складом біологічних речовин, есенціальне значення має ще введення таких інгредієнтів, як насіння соняшнику очищене, льону та лляна олія. До того ж введено як підсолоджувач мед натуральний. Однак вище перераховані інгредієнти не зазнавали кількісних змін у

рецептурі дослідних зразків, порівнюючи з контрольним хлібом. У табл. 1.1. наведено рецептури вище перерахованих зразків хліба підвищеної поживності.

Таблиця 1.1

Дослідні зразки рецептури хліба пшеничного підвищеної поживності з насінням льону та соняшнику, на 100 кг борошна

Інгредієнт	Кількість інгредієнтів, кг у дослідних зразках хліба					
	контроль	1	2	3	4	5
Борошно пшеничне вищого гатунку	100	90	80	70	60	50
Борошно пшеничне обдирне	—	10	20	30	4	50
Насіння льону	3	3	3	3	3	3
Насіння соняшнику очищене	4	4	4	4	4	4
Підсолоджувач (мед)	0,3-0,5	0,3-0,5	0,3-0,5	0,3-0,5	0,3-0,5	0,3-0,5
Дріжджі пресовані	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Сіль кухонна	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Олія рослинна (ляна)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Вода питна (залежно від вологості тіста)	58-60	58-60	58-60	58-60	58-60	58-60

З табл. 1.1 аналізуємо, що крім забезпечення вищого вмісту вітамінів, мінералів, клітковини, антиоксидантів та інших фітохімічних речовин, таких як каротиноїди, флавоноїди та фенольні кислоти за рахунок додавання обдирного борошна, ми також отримаємо підвищений вміст білка, клітковини та поліненасичених жирних кислот (омега-3, омега-6) завдяки насінню льону та соняшнику. До того ж зниження глікемічного індексу завдяки заміні частини цукру підсолоджувачем – медом, який є також додатковим джерелом мікро- макроелементів та різних ферментів. Також мед має покращувати смак, аромат та зовнішній вигляд готових виробів.

За зазначеними рецептурами нами було зроблено технологічну схему (рис. 1.1) виробництва хліба підвищеної поживаності із борошном обдерним та есенціальними інгредієнтами.

З аналізу блок схеми рис. 1.1 відзначаємо наступні технологічні операції у виробництві нашого продукту:

Підготовка сировини

Насіння льону та соняшнику промиваємо та підсушуємо до вологості приблизно 5 – 7 %. Для посилення аромату хліба можна частково обсмажити.

Приготування тіста

Змішуємо сухі компоненти (борошно, сіль, дріжджі, підсолоджувач – мед). Додаємо воду та олію, замішуємо тісто до еластичної консистенції. Вносимо насіння наприкінці замісу, щоб воно рівномірно розподілилося.

Бродіння тіста

Тривалість 180 – 270 хв, при температурі 28 ± 2 °C, з обминанням через 60 хв.

Формування і вистоювання

Розділюємо тісто на порції, сформуємо вироби відповідної форми.

Вистоювання 30–50 хв при 35 °C і вологості 75 – 80 %.

Випікання

Температура 215–240 °C, тривалість 40 –45 хв (залежно від маси виробу). Охолодження та пакування.

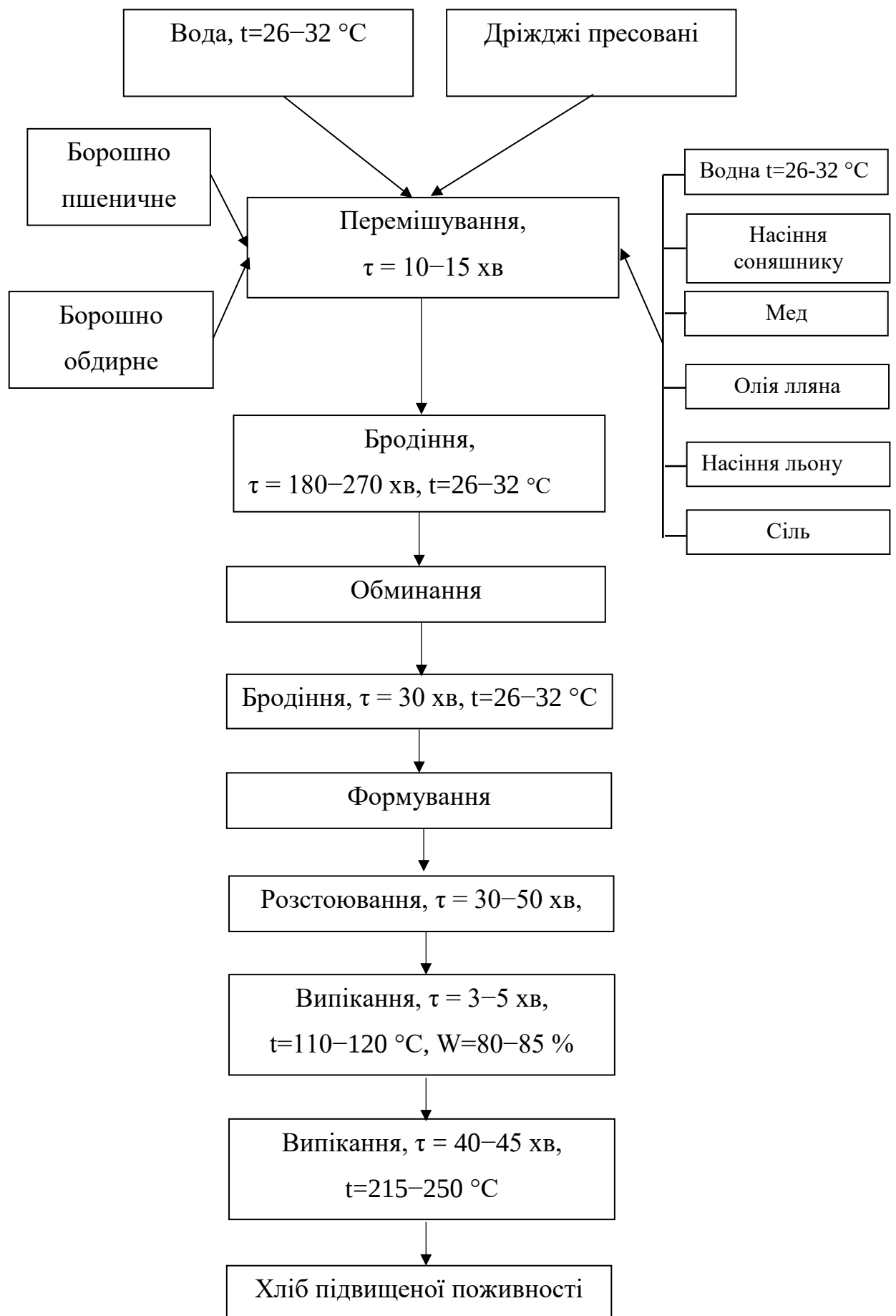


Рис. 1.1. Технологічна схема хліба підвищеної поживності

Отже, аналізуючи блок-схему виробництва, видно, щоб було використано класичну технологію випікання хліба пшеничного.

1.3.3. Біохімічна характеристика бродильних процесів у тісті з обдирним борошном

З метою доцільності виробництва хліба підвищеної поживності із обдирним борошном пшеничним, необхідно було обґрунтувати перебіг біохімічних процесів, які відбуваються під час бродіння та встановити оптимальну рецептуру – частку обдирного борошна від кількості інших інгредієнтів.

У таблиці 1.2 подано динаміку зміни кислотності у дослідних зразках тіста пшеничного з різним вмістом обдирного борошна під час бродіння. Визначення проводили через кожні 70 хвилин упродовж 210 хвилин.

Таблиця 1.2

Градус кислотності у дослідних зразках тіста пшеничного з обдирним борошном під час бродіння, $M \pm m$, $n=5$

Номер зразка	Кількість борошна обдирного	Градус кислотності, протягом часу бродіння, хв			
		0	70	140	210
контроль	—	1,47±0,02	1,77±0,02	2,28±0,02 [◇]	2,89±0,03 [◇]
1	10 %	1,48±0,02	1,80±0,02	2,34±0,02 [◇]	2,95±0,03 [◇]
2	20 %	1,50±0,02	1,86±0,03	2,40±0,03 [◇]	3,04±0,03 [◇]
3	30 %	1,51±0,02	1,92±0,03*	2,48±0,03* [◇]	3,12±0,03* [◇]
4	40 %	1,54±0,02	1,94±0,03*	2,50±0,02* [◇]	3,16±0,03* [◇]
5	50 %	1,55±0,02	2,05±0,02*	2,61±0,02* [◇]	3,24±0,04* [◇]

Примітка: * $p < 0,05$ – порівнюючи з тістом у контролі 100 % пшеничне;

[◇] $p < 0,05$ – проти кислотності свіжого тіста

Дослідження зміни кислотності у зразках тіста пшеничного з додаванням обдирного борошна різної частки показало закономірне зростання цього показника впродовж процесу бродіння (табл. 1.2). На початковому етапі (0 хв) кислотність у всіх варіантах залишалася практично на одному рівні ($1,47 - 1,55^\circ$), що свідчить про однакові вихідні умови приготування тіста.

У подальшому, зі збільшенням тривалості бродіння, спостерігалось поступове підвищення кислотності в усіх зразках, особливо у варіантах із більшим умістом обдирного борошна. Через 70 хвилин від початку ферментації у зразках із часткою 30 – 50 % обдирного борошна показники кислотності зростали достовірно порівняно з контролем ($*p < 0,05$). Це може бути зумовлено підвищеною ферментативною активністю та більшою кількістю мікрофлори, властивій менш очищеному борошну.

Подальше бродіння (140 – 210 хв) характеризувалося інтенсивним накопиченням органічних кислот, що відображалось у стабільному підвищенні показника кислотності. Наприкінці процесу (210 хв) у контрольному зразку кислотність становила $2,89^\circ$, тоді як у дослідних варіантах із 40 і 50 % обдирного борошна вона досягала $3,16 - 3,24^\circ$. Отримані результати свідчать про посилення біохімічних процесів, зокрема гідролізу вуглеводів та активності молочнокислих бактерій, у зразках із підвищеним умістом обдирного борошна.

Таким чином, встановлено, що введення обдирного борошна у тісто з пшеничного борошна сприяє більш інтенсивному перебігу ферментаційних процесів і підвищенню кислотності впродовж бродіння. Це може позитивно впливати на формування смакових властивостей, аромат і структурно-механічні характеристики готових виробів.

Дослідники [46, 50, 51] повідомляють, що питомий об'єм тіста з борошна обдирного повинен бути менший, ніж у борошна вищого сорту, оскільки таке борошно містить більше механічних домішок та грубіших частинок, це робить його менш здатним до утворення легкого, пухкого тіста з

великою кількістю пор. Тому враховуючи такі дані, що різниця в питоному об'ємі може значно варіюватися, залежно від якості борошна та рецептури, нами було визначено цей показник у зразках тіста з різним вмістом обдирного борошна.

Таблиця 1.3

Питомий об'єм у дослідних зразках тіста пшеничного з обдирним борошном під час бродіння, $M \pm m$, $n=5$

Номер зразка	Кількість борошна обдирного	Питомий об'єм тіста, $\text{см}^3/\text{г}$, за час бродіння, хв			
		0	70	140	210
контроль	—	$0,82 \pm 0,02$	$0,98 \pm 0,02$	$1,30 \pm 0,03$	$1,44 \pm 0,03^\diamond$
1	10 %	$0,80 \pm 0,02$	$0,95 \pm 0,02$	$1,26 \pm 0,03$	$1,39 \pm 0,03^\diamond$
2	20 %	$0,80 \pm 0,02$	$0,92 \pm 0,02$	$1,19 \pm 0,03$	$1,35 \pm 0,03^\diamond$
3	30 %	$0,78 \pm 0,02$	$0,86 \pm 0,02$	$1,14 \pm 0,03$	$1,31 \pm 0,03^{*\diamond}$
4	40 %	$0,77 \pm 0,02$	$0,82 \pm 0,02$	$1,10 \pm 0,02$	$1,25 \pm 0,03^{*\diamond}$
5	50 %	$0,77 \pm 0,01$	$0,79 \pm 0,01$	$1,04 \pm 0,02$	$1,19 \pm 0,02^{*\diamond}$

Примітка: $*p < 0,05$ – порівнюючи з тістом у контролі 100 % пшеничне;

$^\diamond p < 0,05$ – проти об'єму початкового тіста

Під час дослідження встановлено, що додавання обдирного борошна у рецептуру тіста пшеничного підвищеної поживності з насінням льону та соняшнику впливає на зміну питоного об'єму в процесі бродіння (табл. 1.3).

На початковому етапі (0 хв) питомий об'єм у всіх зразках залишався майже однаковим ($0,77 - 0,82 \text{ см}^3/\text{г}$), що вказує на схожу початкову структуру тіста незалежно від вмісту обдирного борошна. Однак уже через 70 хвилин помітна тенденція до зниження питоного об'єму у зразках із більшою часткою обдирного борошна – від $0,98 \text{ см}^3/\text{г}$ у контролі до $0,79 \text{ см}^3/\text{г}$ у зразку з 50 % обдирного борошна.

Подальше дозрівання тіста (140 – 210 хв) супроводжувалося зростанням питоного об'єму у всіх варіантах, що зумовлено накопиченням

вуглекислого газу внаслідок активності дріжджових клітин. Проте інтенсивність цього процесу зменшувалася зі збільшенням кількості обдирного борошна. Наприкінці бродіння питомий об'єм контрольного тіста досягав 1,44 см³/г, тоді як у зразках із 40 – 50 % обдирного борошна – лише 1,25 – 1,19 см³/г, що є статистично достовірно нижчим порівняно з контролем ($p < 0,05$).

Зменшення питомого об'єму дослідних зразків можна пояснити послабленням клейковинного каркасу за рахунок зниження вмісту білкових фракцій у обдирному борошні, а також наявністю частинок висівок, які переривають безперервну структуру глютенної сітки [1]. Водночас насіння льону й соняшнику, що входять до складу рецептури, можуть зв'язувати частину вологи, змінюючи реологічні властивості тіста та знижуючи його газоутримувальну здатність.

Отримані результати свідчать, що збільшення частки обдирного борошна у складі тіста знижує його питомий об'єм у процесі бродіння. Водночас це може позитивно впливати на харчову цінність та функціональні властивості готових виробів, зокрема підвищувати вміст харчових волокон, мінеральних речовин і біоактивних компонентів насіння льону та соняшнику.

Питомий об'єм борошняних виробів залежить від такого показника тіста, як газоутворювальна здатність усієї мікробіоти, яка наявна у тісті та проявляє ферментативну активність. Оскільки питомий об'єм тіста з обдирним борошном менший, ніж із борошном вищого гатунку нами було досліджено зміни в утворенні газів у дослідних зразках. Результати приведено на рис. 1.2.

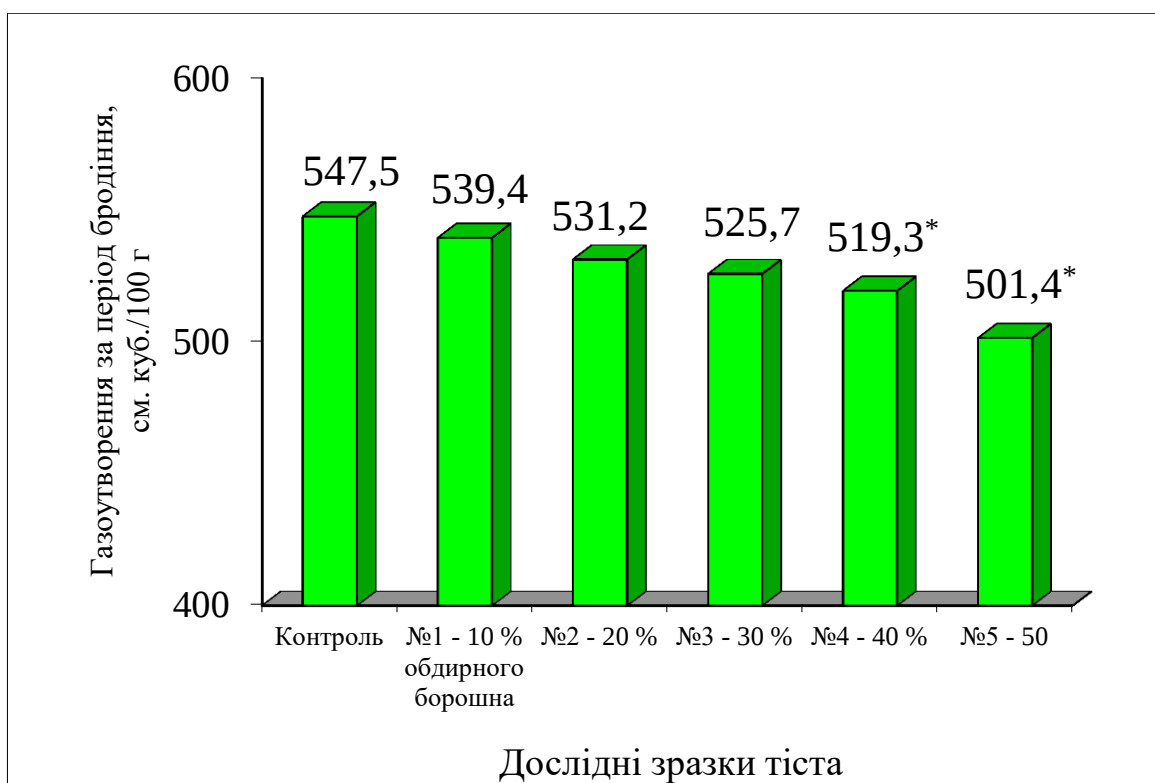


Рис. 1.2. Показники газоутворення у тісті з різним вмістом обдирного борошна пшеничного, $M \pm m$, $n=5$

Примітка: * $p < 0,05$ – порівнюючи з тістом у контролі 100 % борошно вищого гатунку

Показники газоутворення в дослідних зразках тіста пшеничного з різною часткою обдирного борошна наведено на рис. 1.2. Встановлено, що із зростанням кількості обдирного борошна у складі тіста спостерігається зниження його газоутворювальної здатності.

У контрольному зразку (100 % борошна вищого гатунку) об'єм виділеного газу на кінець бродіння становив $547,5 \pm 7,2$ см³/100 г тіста. За додавання 10 – 20 % обдирного борошна цей показник дещо зменшувався – до $539,4 \pm 5,1$ і $531,2 \pm 4,8$ см³/100 г відповідно, що не є статистично достовірним. Однак при подальшому підвищенні частки обдирного борошна до 40 – 50 % спостерігалось достовірне ($p < 0,05$) зниження газоутворення – до $519,3 \pm 4,2$ та $501,4 \pm 3,8$ см³/100 г.

Зменшення газоутворювальної здатності тіста з підвищеним умістом обдирного борошна можна пояснити погіршенням умов для розвитку дріжджових клітин і зниженням активності ферментів амілолітичного комплексу. Менший уміст розчинних цукрів у грубому борошні, а також частинки оболонки зерна, що переривають безперервність клейковинного каркасу, знижують можливість накопичення й утримання газу в тісті [46].

Отримані дані узгоджуються з результатами зміни питомого об'єму тіста: менша газоутворювальна здатність призводить до зниження його пористості та еластичності [46, 51]. Водночас присутність обдирного борошна, насіння льону та соняшнику підвищує харчову цінність тіста, що компенсує деяке зниження структурних показників за рахунок збагачення біологічно активними речовинами.

Комплексний аналіз фізико-хімічних показників тіста пшеничного з різною часткою обдирного борошна показав взаємопов'язані зміни кислотності, питомого об'єму та газоутворювальної здатності в процесі бродіння. Із підвищенням частки обдирного борошна у складі тіста спостерігалось інтенсивніше накопичення кислот, що свідчить про активізацію ферментативних і мікробіологічних процесів. Водночас збільшення вмісту обдирного борошна супроводжувалося зниженням питомого об'єму та газоутворювальної здатності, що може бути наслідком ослаблення клейковинного каркасу й зменшення газоутримувальної здатності тіста.

Отже, заміна частини пшеничного борошна вищого гатунку на обдирне в межах до 20 – 30 % забезпечує прийнятний баланс між інтенсивністю бродіння, структурно-механічними властивостями тіста та його харчовою цінністю. Подальше підвищення частки обдирного борошна (понад 40 %) знижує об'ємно-пористу структуру тіста, однак підвищує вміст біологічно активних компонентів, зокрема клітковини, мінералів і поліфенолів. Таким чином, використання обдирного борошна разом із насінням льону та соняшнику доцільно для створення хлібобулочних виробів підвищеної

поживності з оптимальними показниками ферментації та покращеним біохімічним профілем.

1.3.4. Технологічна характеристика дослідних зразків хліба підвищеної поживності з обдирним борошном

Із споживчого погляду важливі дослідження мають ті, які характеризують якість готового виробу, зокрема на відповідність вимогам стандарту. До таких досліджень відносять оцінку кислотності та пористості хлібобулочних виробів.

На рис. 1.3 наведено показники кислотності свіжих готових хлібних виробів, виготовлених із тіста пшеничного з різним умістом обдирного борошна.

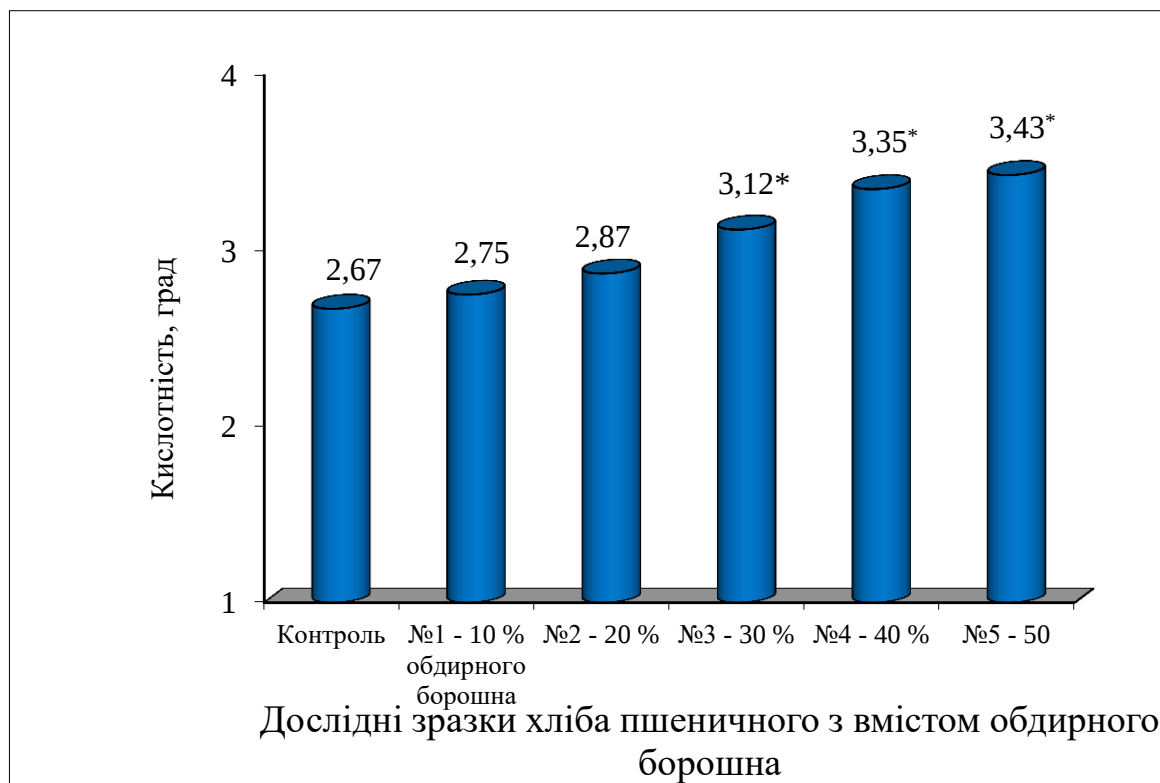


Рис. 1.3. Кислотність свіжих готових виробів з різним вмістом обдирного борошна пшеничного, $M \pm m$, $n=5$

Примітка: * $p < 0,05$ – порівнюючи з хлібом у контролі 100 % борошно вищого ґатунку

Аналіз отриманих результатів показує, що підвищення частки обдирного борошна у рецептурі призводить до поступового зростання кислотності готового хліба.

Так (рис. 1.3), у контрольному зразку, виготовленому зі 100 % пшеничного борошна вищого ґатунку, кислотність становила $2,67 \pm 0,03^\circ$, що повністю відповідає вимогам чинного стандарту ДСТУ 4583:2006 «Хліб пшеничний. Загальні технічні умови», згідно з яким кислотність пшеничного хліба з борошна вищого сорту не повинна перевищувати $3,0^\circ$.

За додавання 10 – 20 % обдирного борошна кислотність збільшувалася незначно (до $2,75 - 2,87^\circ$), залишаючись у межах допустимих норм стандарту. Проте у зразках із 30 – 50 % обдирного борошна відмічалася достовірне підвищення кислотності ($p < 0,05$) — до $3,12 - 3,43^\circ$, що перевищує граничні значення, установлені для виробів із борошна вищого ґатунку, але є характерним для хлібів із борошна нижчих сортів, зокрема обдирного (норма за ДСТУ – до $4,0^\circ$).

Підвищення кислотності при збільшенні вмісту обдирного борошна пояснюється вищим вмістом ферментів, органічних кислот і мікрофлори, що активізує процеси бродіння й кислотонакопичення. Крім того, часточки оболонки зерна, притаманні обдирному борошну, містять фітинові та фенольні сполуки, які також можуть впливати на загальну титровану кислотність продукту.

Таким чином, заміна 20 – 30 % пшеничного борошна вищого ґатунку на обдирне не погіршує якість готових виробів і забезпечує прийнятний рівень кислотності, що відповідає нормативним вимогам. Подальше збільшення частки обдирного борошна (понад 40 %) сприяє формуванню більш вираженого кислуватого смаку, характерного для хліба з борошна нижчих сортів, але не виходить за межі допустимого для пшеничних виробів за ДСТУ 4583:2006.

Отже, встановлено, що збільшення частки обдирного борошна у складі тіста сприяє зростанню кислотності готових хлібних виробів. За вмісту

обдирного борошна до 30 % кислотність залишається в межах нормативних значень для пшеничного хліба за ДСТУ 4583:2006, що свідчить про задовільну якість і гармонійний смак виробів. Подальше підвищення частки обдирного борошна (40 – 50 %) призводить до помітнішого підкислення, характерного для продуктів із борошна нижчих сортів, однак такий рівень кислотності не виходить за межі допустимих вимог стандарту.

На рис. 1.4 наведено показники пористості готових хлібних виробів, виготовлених із тіста пшеничного з різним умістом обдирного борошна. Пористість є одним із основних показників якості хліба, що характеризує ступінь розпушення м'якушки, її еластичність і повітропроникність.

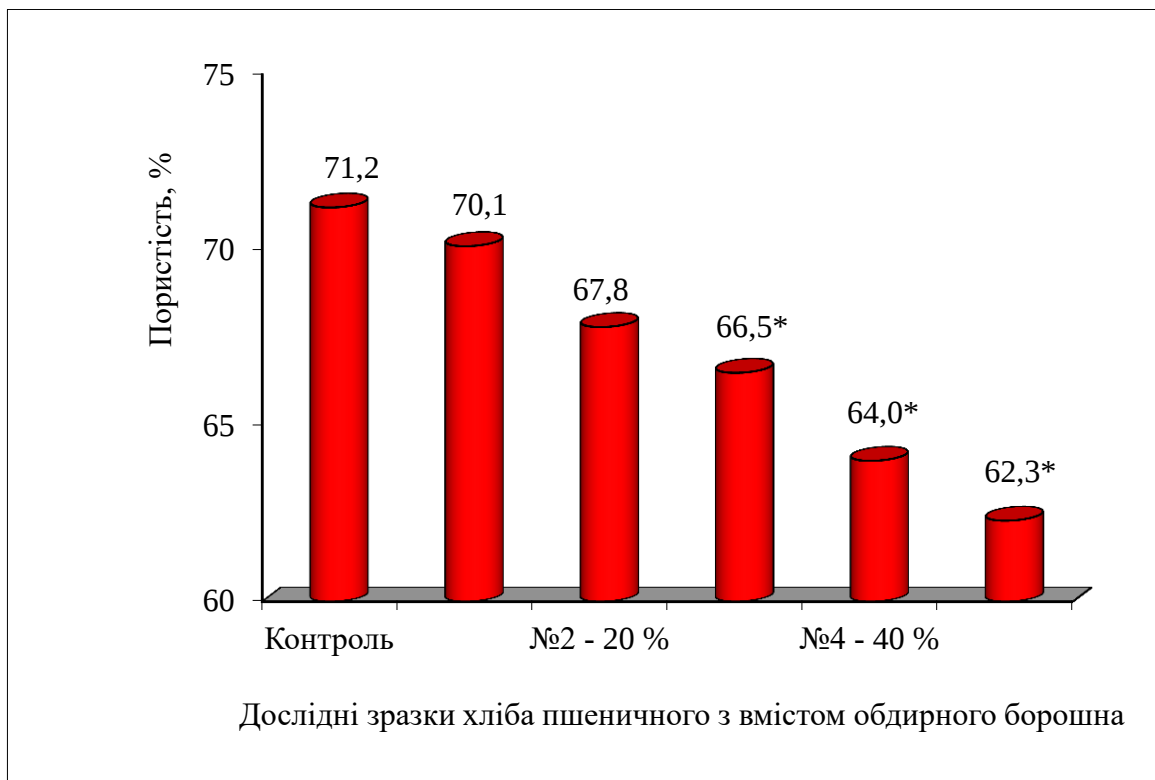


Рис. 1.4. Пористість свіжих готових виробів з різним вмістом обдирного борошна пшеничного, $M \pm m$, $n=5$

Примітка: * $p < 0,05$ – порівнюючи з хлібом у контролі, 100 % борошно вищого ґатунку

Отримані результати (рис. 1.4) свідчать, що зі збільшенням кількості обдирного борошна у складі рецептури спостерігається закономірне

зниження пористості готових виробів. У контрольному зразку, виготовленому зі 100 % пшеничного борошна вищого ґатунку, пористість становила $71,2 \pm 0,2$ %, що відповідає вимогам стандарту ДСТУ 4583:2006, згідно з яким пористість хліба з борошна вищого сорту повинна бути не нижчою за 70 %.

Додавання 10 – 20 % обдирного борошна не викликало істотного погіршення структури – пористість становила 70,1 – 67,8 %, тобто вироби зберігали досить розвинену та рівномірну пористу структуру. Однак при збільшенні частки обдирного борошна до 30 % і більше спостерігалось достовірне зменшення пористості ($p < 0,05$) – до 66,5 – 62,3 %.

Зниження пористості зумовлене ослабленням клейковинного каркасу, спричиненим нижчим умістом білкових фракцій у обдирному борошні та наявністю частинок оболонки зерна, які переривають безперервну структуру глютенівної сітки. Крім того, збільшення кислотності тіста та зменшення газоутворювальної здатності (як показано в попередніх таблицях) також обмежує накопичення та утримання газів, що безпосередньо впливає на ступінь розпушення м'якушки.

Таким чином, оптимальна частка обдирного борошна у рецептурі пшеничного хліба підвищеної поживності становить до 20 – 30 %, за якої зберігаються задовільні показники пористості та відповідність вимогам стандарту. Подальше збільшення частки обдирного борошна (понад 40 %) призводить до ущільнення структури м'якушки, характерного для виробів із борошна нижчих сортів, але при цьому покращує їхню харчову та біологічну цінність.

Враховуючи описані вище результати ми вибрали для подальших досліджень рецептуру із 30 % обдирного борошна пшеничного. Харчова цінність такого хліба наведено в табл. 1.4.

З аналізу табл. 1.4, бачимо, що високий уміст білків у нашому хлібі забезпечують насіння льону та соняшнику, а також часткове використання цільозернового борошна.

Таблиця 1.4

Харчова цінність хліба підвищеної поживності з обдирним борошном та насінням льону в соняшнику

Показник	Одиниця виміру	Кількість
Білки	г	$10,8 \pm 0,2$
Жири	г	$7,2 \pm 0,2$
Вуглеводи (загальні)	г	$37,5 \pm 0,3$
у т.ч. цукри	г	$2,1 \pm 0,1$
Клітковина (харчові волокна)	г	$5,8 \pm 0,2$
Зола (мінеральні речовини)	г	$1,5 \pm 0,08$
Енергетична цінність	ккал	$258 \pm 2,1$
Енергетична цінність	кДж	$1080 \pm 5,3$
Вологість	%	$43 \pm 2,2$

Водночас біологічна цінність обумовлена жирами, які мають переважно рослинне походження (використання лляної олії), які багаті на омега-3 та омега-6 жирні кислоти. Використання до 30 % обдирного борошна пшеничного сприяє підвищенню біоактивних речовин наявних у зовнішніх частинах зерна та вмісту клітковини, яка сприяє нормалізації роботи травної системи та зниженню рівня холестерину. До того ж використання як підсолоджувала меду дозволяє збільшити у ньому легкозасвоювані цукри та мікроелементи.

1.3.5. Органолептичні властивості хліба підвищеної поживності з насінням льону та соняшнику

Хліб, виготовлений за рецептурою з використанням 70 % пшеничного борошна вищого гатунку та 30 % обдирного борошна, відзначається

приємним зовнішнім виглядом, рівномірною забарвленістю скоринки та вираженим ароматом, властивим зерновим виробам. Колір скоринки – золотисто-коричневий, рівномірний по всій поверхні, з характерним матовим блиском, що формується завдяки наявності меду та природним пігментам обдирного борошна.

М'якушка має рівномірну дрібно- та середньопористу структуру, еластичну консистенцію та приємний світло-кремовий відтінок. Наявність частинок насіння льону та соняшнику надає м'якушці легку зернистість, що сприймається як природна особливість функціонального продукту. Текстура ніжна, пружна, без слідів непропеченості чи надмірної вологості.

Смак хліба гармонійний, з легкими солодкуватими та горіховими відтінками, зумовленими додаванням меду й насіння олійних культур. Відчутна легка кислинка, характерна для виробів із часткою обдирного борошна, що надає смаку більшої виразності. Аромат – приємний, складний, із нотками свіжозернового хліба, меду та смаженого насіння.

Хліб відзначається добрим жуванням і тривалим відчуттям свіжості завдяки підвищеній вологоємності тіста та наявності ліпідів насіння льону й соняшнику, які уповільнюють черствіння.

За сукупністю органолептичних показників виріб відповідає вимогам ДСТУ 4583:2006 і може бути віднесений до продукції підвищеної біологічної цінності, придатної для раціонального та дієтичного харчування.

РОЗДІЛ II

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

2.1. Вибір, обґрунтування і опис технологічної схеми

Апаратурно-технологічна схема виробництва хліба «Поживного» подового масою 0,7 кг.

Кваліфікаційною роботою передбачено приготування хліба «Поживного» на рідкій заквасці.

Закваску готують вологістю 70 %, кінцева кислотність стиглої закваски становить 9,0-12,0 град. через 3-4 год закваску у кількості 50 % відбирають на заміс тіста, решту – залишають на поновлення циклу [55, 56]. Живильну суміш, для приготування рідкої закваски, готують у заварювальній машині. За допомогою водомірного бачка дозують воду і дозатором для сипких компонентів, відважують необхідну кількість борошна. Приготовлена живильна суміш перекачується у чани для бродіння, де знаходиться частина стиглої закваски. Половина вибродженої закваски направляється на заміс тіста, решта залишається у чані на відновлення циклу [56]. Тісто замішують у тістомісильній машині, в яку дозується борошно дозатором та рідкі компоненти – воду, сольовий розчин, олію соняшникову та дріжджову суспензію дозатором рідких компонентів. Тісто бродить у діжах протягом 50-60 хвилин [56, 58].

Виброджене тісто у підкатній діжі направляється до діжеперекидача звідки тісто протаплює у воронку тістоподільника, де ділиться на шматки певної маси. По транспортеру тістові заготовки поступають за допомогою укладальника у шафу остаточного, де вистоюються 40-60 хв температури 35-40°C. Після вистоювання тістові заготовки пересаджуються на под печі. Випікаються вироби протягом 40-60 хвилин за температури 240-280 °С. Готові вироби поступають на циркуляційний стіл і викладаються на вагонетки. Частина охолоджених виробів подають на нарізання та пакування

до машини і викладаються до вагонеток та направляються у хлібосховище [56, 58].

Вихідні дані приймають, виходячи з нормативної документації: стандартів на готову продукції, рецептур виробів на 100 кг борошна, технологічних інструкцій на виробництво виробів і довідкової літератури [56, 58].

Вихідні дані для розрахунків оформляють у вигляді таблиці, в яку вносять показники, необхідні для здійснення розрахунків (табл. 2.1) [56].

Таблиця 2.1

Вихідні дані для розрахунків

Найменування показників, одиниці виміру	Умовні позначення	Норми для виробу
		Хліб «Поживний» масою 0,7 кг
1	2	3
Стандарт	-	ДСТУ 4583:2006
Показники якості:		
Вологість, %, не більше	W	47,0
Кислотність, град, не більше	K	7,0
Пористість, %, не менше	П	58,0
Рецептура на 100 кг борошна, кг.:		
Борошно пшеничне другого сорту	$G_{б.п.ц}$	60,0
Борошно житнє обдирне		40,0
Дріжджі хлібопекарські пресовані	$G_{др}$	0,4
Сіль кухонна харчова	G_c	1,4
Олія соняшникова	$G_{о.с.}$	2,0
Разом	-	103,8
Основні показники технологічних режимів		
Спосіб випікання	-	У формах
Тривалість випікання, хв	$T_{вип}$	40-60
Марка печі	-	
Концентрація розчину солі, %	$C_{с.р}$	25
Концентрація розчину	$C_{ц.р}$	50

цукру, %		
Кратність розведення дріжджів водою	-	1:3
Технологічні витрати і затрати:		
Втрати борошна до замішування тіста, % до маси борошна	g_b	0,02 – 0,06
Втрати борошна від замішування до випікання, % до маси борошна	g_t	0,03 – 0,05
Втрати сухих речовин на бродіння, % до сухих речовин тіста	$C_{\text{сух}}$	3,3
Втрати борошна під час оброблення тіста, % до маси тіста	$g_{\text{обр}}$	0,6 – 1,0
Втрати на упікання, % до маси тіста	$g_{\text{уп}}$	6,0 – 12,0
Втрати під час укладання гарячого хліба, % до маси гарячого хліба	$g_{\text{укл}}$	0,5 – 0,8
Втрати від усихання хліба, % до маси гарячого хліба	$g_{\text{ус}}$	2,5 – 4,0
Масова частка крихт і лому, % до маси борошна	$g_{\text{кр}}$	0,03
Втрати за рахунок не точності маси виробів, % до маси гарячого хліба	$g_{\text{шт}}$	0,04 – 0,05
Втрати від перероблення хліба, % до маси борошна	$g_{\text{бр}}$	Близько 0,02

РОЗДІЛ ІІІ

ПРОЄКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Технологічні розрахунки виробництва

Розрахунок виробничої продуктивності ліній виконується на основі розрахунку потужності печі.

Таблиця 3.1

Вихідні дані для розрахунку виробничої продуктивності печей

Виріб	Маса виробу, кг	Кількість виробів на листі, маса		Тривалість випікання, хв
		По довжині	По ширині	
Хліб «Поживний»	0,7	3	5	50

Продуктивність секційних печей за формулою [56].

$$P_{\text{год}} = \frac{N \cdot n \cdot g \cdot 60}{t_{\text{вип}} + 5}, \quad (3.1)$$

де N – кількість секцій печі, шт.; $N = 3$;

n – кількість форм на 1 секції, шт.;

g – маса виробу;

$t_{\text{вип}}$ – час випікання виробу, хв.

5 – час, необхідний для завантаження і розвантаження печі, хв.

Добова продуктивність, формула (3.2)

$$P_{\text{доб}} = 55,0 \cdot 23 = 1\,265,0 \text{ кг/доб}$$

Таблиця 3.2

Виробнича продуктивність цеху

№з/п	Марка печі	Асортимент виробів	Продуктив ність за годину	Тривалість роботи печі за добу, год	Продуктивніс ть за добу, кг
1		Хліб «Поживний»	55,0	23	1 265,0

Таблиця 3.3

Графік роботи печі

№ печі	Марка печі	Години роботи					
		Перша зміна		Друга зміна		Третя зміна	
		7		15		23	
1		ІІІІІІІІІІІІІІ	Х	ІІІІІІІІІІІІІІ	Х	ІІІІІІІІІІІІІІ	Х

Умовні позначення: ІІІ- робота печі; Х- профілактика

3.2. Розрахунок пофазних рецептур

Тісто готується на рідкій заквасці [56]. Визначаю масу сухих речовин та вологи в тісті (табл. 3.4).

Таблиця 3.4.

Співвідношення сухих речовин та вологи тіста хліба «Поживний»

Сировина	Маса, кг	Вологість, %	Масова частка сухих речовин, %	Масова частка сухих речовин, кг
Борошно житнє обдирне	40,0	14,5	85,5	34,2
Борошно пшеничне другого сорту	60,0	14,5	85,5	51,3
Дріжджі хлібопекарські пресовані	0,4	75,0	25,0	0,10
Сіль кухонна харчова	1,4	-	100,0	1,4
Олія соняшникова	2,0	0,15	99,85	1,99
Разом	103,8	-	-	88,99

$$W_T = W_B + 1; W_B = 47,0 + 1 = 48,0 \%$$

Маса тіста за формулою (3.3)

$$G_T = \frac{88,99 \cdot 100}{100 - 48} = 171,13 \text{ кг}$$

Проводжу заміну сировини, переводжу її в розчини:

Сіль у сольовий розчин за формулою (3.4):

$$G_{c.p} = \frac{1,4 \cdot 100}{25} = 5,6 \text{ кг}$$

Маса води в сольовому розчині за формулою (3.5):

$$G_{c.p} = 5,6 - 1,4 = 4,2 \text{ кг}$$

Дріжджі в дріжджову суспензію, згідно формули (3.6):

$$G_{d.p} = G_{др} + G_{др} \cdot n \quad (3.6)$$

n – кількість розведень, ($n - 3$)

$$G_{др.с} = 0,4 + 0,4 \cdot 3 = 1,6 \text{ кг}$$

За формулою (3.7) визначаю кількість води в дріжджовій суспензії:

$$G_B^{др.с} = G_{др.с} - G_{др} \quad (3.7)$$

$$G_B^{др.с} = 1,6 - 0,4 = 1,2 \text{ кг}$$

Вага води для замішування тіста за формулою (3.8):

$$G_B^T = G_T - G_{сир} \quad (3.8)$$

$$G_B^T = 171,13 - 103,8 = 67,33 \text{ кг}$$

Визначаю масу води в тісті з урахуванням замінів, формула (3.9):

$$G_B^3 = G_B - [G_B^{c.p} + G_B^{др.с}] \quad (3.9)$$

$$G_B^3 = 67,33 - [4,2 + 1,2] = 61,93 \text{ кг}$$

Масу борошна в заквасці, кг

$$G_6^3 = \frac{61,93 \cdot (100 - 71)}{71 - 14,5} = 31,8 \text{ кг}$$

Загальну масу закваски, G_3 , кг, визначаємо

$$G_3 = 61,93 + 31,8 = 93,73 \text{ кг}$$

Масу стиглої закваски, $G_{ст.з}$, кг, розраховуємо

$$G_{ст.з} = \frac{50 \cdot 93,73}{100} = 46,9 \text{ кг}$$

Маса борошна в стиглій заквасці

$$G_6^3 = \frac{46,9 \cdot (100 - 71)}{100 - 14,5} = 15,9 \text{ кг}$$

Масу води в стиглій заквасці

$$G_{\text{в}}^{\text{ст.з}} = 46,9 - 15,9 = 31,0 \text{ кг}$$

Масу борошна, для приготування живильної суміші

$$G_6^{\text{ж.с}} = 31,8 - 15,9 = 15,9 \text{ кг}$$

Масу води в живильній суміші

$$G_{\text{в}}^{\text{ж.с}} = 67,33 - 31,0 = 36,33 \text{ кг}$$

Отже, маса живильної суміші становить:

$$G_{\text{ж.з}} = 36,33 + 15,9 = 52,23 \text{ кг}$$

Таблиця 3.5

Рецептура приготування рідкої закваски для хліба «Поживного»
подового

Сировина та напівфабрикати	Виробнича закваска		
	Стигла закваска	Живильна суміш	Всього
Борошно пшеничне цільнозернове	15,9	15,9	-
Вода	36,33	36,33	-
Стигла закваска	-	-	52,23
Живильна суміш	-	-	52,23
Разом	52,23	52,23	104,46

Таблиця 3.6

Пофазна рецептура для приготування тіста для хліба «Поживний»

Сировина	Маса, кг	Закваска	Тісто
Борошно житнє обдирне	40,0	37,47	2,53
Борошно пшеничне другого сорту	60,0	-	60,0
Дріжджова суспензія	1,6	-	1,6
Сольовий розчин	5,6	-	5,6
Олія соняшникова	2,0	-	2,0
Вода	61,93	61,93	-

Закваска	-	-	104,46
Разом	171,13	99,4	171,13

3.3. Розрахунок виходу виробів

Вихід хлібобулочних виробів визначається розрахунком виходу тіста, та технологічними витратами і затратами при його виготовленні [56]:

Середньозволожену кількість вологи в сировині обраховуємо за формулою (3.10):

$$W_{\text{сер}} = \frac{G_{\text{б}} \cdot W_{\text{б}} + G_{\text{кл}} \cdot W_{\text{кл}} + G_{\text{пл.г}} \cdot W_{\text{пл.г}} + G_{\text{др}} \cdot W_{\text{др}} + G_{\text{с}} + G_{\text{о.с}} \cdot W_{\text{о.с}}}{G_{\text{б}} + G_{\text{кл}} + G_{\text{пл.г}} + G_{\text{др}} + G_{\text{с}} + G_{\text{о.с}}} \quad (3.10)$$

$W_{\text{б}} + W_{\text{др}}$ – вологість сировини, %.

$$W_{\text{сер}} = \frac{40,0 \cdot 14,5 + 60,0 \cdot 14,5 + 0,4 \cdot 75,0 + 1,4 + 2,0 \cdot 0,15}{40,0 + 60,0 + 0,4 + 1,4 + 2,0} = 14,3 \%$$

Визначаю масу тіста за формулою (3.11):

$$G_{\text{т}} = \frac{G_{\text{сир}} \cdot (100 + W_{\text{сир}})}{(100 - W_{\text{т}})} \quad (3.11)$$

де $W_{\text{сир}}$ – маса сировини у тісті з 100 кг борошна, кг;

$$G_{\text{т}} = \frac{103,8 \cdot (100 - 14,3)}{100 - 48} = 171,1 \text{ кг}$$

Усі втрати і затрати, що розраховують, виражають у перерахунку на масу тіста у кілограмах [56].

Втрати борошна і напівфабрикатів від замішування тіста $V_{\text{б}}$, кг, визначаю

$$V_{\text{б}} = \frac{0,05 \cdot (100 - 14,3)}{100 - 48} = 0,08 \%$$

Втрати борошна і напівфабрикатів від замішування до випікання $V_{\text{т}}$, кг:

$$V_{\text{т}} = \frac{0,03 \cdot (100 - 14,3)}{100 - 48,0} = 0,05 \%$$

Затрати при бродінні напівфабрикатів $Z_{\text{бр}}$, кг:

$$Z_{\text{бр}} = \frac{3,3 \cdot 0,96 \cdot (103,8 - 0,7) \cdot (100 - 14,3)}{1,96 \cdot 100 \cdot (100 - 48,0)} = 3,21 \%$$

Визначаю затрати на оброблення тіста $Z_{\text{обр}}$, кг:

$$Z_{\text{обр}} = \frac{0,7 \cdot (48,0 - 14,3)}{100 - 48,0} = 0,45 \%$$

Затрати від упікання $Z_{уп}$, %

$$Z_{уп} = \frac{8 \cdot [171,1 - (0,08 + 0,05 + 3,21 + 0,45)]}{100} = 13,4 \%$$

Затрати при укладанні $Z_{укл}$, %

$$Z_{укл} = \frac{0,7 \cdot [171,1 - (0,08 + 0,05 + 3,21 + 0,45 + 13,4)]}{100} = 1,1 \%$$

Затрати від усихання $Z_{ус}$, %

$$Z_{ус} = \frac{4,0 \cdot [171,1 - (0,08 + 0,05 + 3,21 + 0,45 + 13,4 + 1,1)]}{100} = 6,11 \%$$

Втрати від неточної маси штучних виробів $V_{шт}$, %

$$V_{шт} = \frac{0,5 \cdot [171,1 - (0,08 + 0,05 + 3,21 + 0,45 + 13,4 + 1,1 + 6,11)]}{100} = 0,7 \%$$

Втрати від крихт і лому, $V_{кр}$, %

$$V_{кр} = \frac{0,03 \cdot [171,01 - (0,08 + 0,05 + 3,21 + 0,45 + 13,4 + 1,1 + 6,11 + 0,7)]}{100} = 0,04 \%$$

Втрати від переробки браку $V_{бр}$, %

$$V_{бр} = \frac{0,02 \cdot [171,1 - (0,08 + 0,05 + 3,21 + 0,45 + 13,4 + 1,1 + 6,11 + 0,7 + 0,04)]}{100} = 0,03 \%$$

Для хліба «Поживний» передбачений вихід становитиме:

$$V_{\phi} = 171,1 - (0,08 + 0,05 + 3,21 + 0,45 + 13,4 + 1,1 + 6,11 + 0,7 + 0,04 + 0,03) = 145,93\%$$

Планом передбачено для хліба «Поживний» вихід в 146,2 % [56].

3.4. Розрахунок виробничих рецептур і вибір технологічних

Замішування напівфабрикатів для хліба «Поживний» (закваски і тіста) буде проводитись також у діжах, порційним способом.

Відповідно до формул [56] визначаємо максимальну масу борошна, що може бути завантажена у діжу $G_6^д$, кг:

Для закваски:

$$G_д^б = \frac{140 \cdot 20}{100} = 28,0 \text{ кг/год}$$

Для тіста:

$$G_д^б = \frac{140 \cdot 32}{100} = 44,8 \text{ кг/год}$$

Тоді, розраховуємо [56] кількість діж необхідних для забезпечення годинної продуктивності печі:

$$G_{\text{год}} = \frac{55,0 \cdot 100}{146,2} = 37,62 \text{ кг/год}$$

Для закваски:

$$D_{\text{год}} = \frac{37,62}{28,0} = 1,34 = 2 \text{ шт.}$$

Для тіста:

$$D_{\text{год}} = \frac{37,62}{44,8} = 0,83 = 1 \text{ шт.}$$

3 діжі беремо до прийому.

Зайнятість діж, тд, хв,

Для закваски:

$$t_{\text{д}}^0 = 10 + 180 + 10 = 200 \text{ хв}$$

Для тіста:

$$t_{\text{д}}^{\text{т}} = 10 + 50 + 10 = 70 \text{ хв}$$

Необхідну кількість діж для приготування опари та тіста визначаю.

Для закваски:

$$D_0 = \frac{200}{60} = 3,33 = 4 \text{ шт.}$$

Для тіста:

$$D_{\text{т}} = \frac{70}{20} = 3,5 = 4 \text{ шт.}$$

Отож, для здійснення технологічного процесу потрібно 2 тістомісильні машини марки ТММ 1М та 8 діж.

Температуру води на замішування опари $t_{\text{в}}^0$, °С, розраховую за [56]:

$$t_{\text{в}}^0 = 28 + \frac{37,47 \cdot 1,257 \cdot (28 - 15)}{61,93 \cdot 4,19} + 1 = 31^{\circ}\text{C}$$

Обраховую величину шматків тіста з урахуванням затрат на упікання та усихання:

$$n_{\text{шм}}^{\text{т}} = \frac{0,7 \cdot 100 \cdot 100}{(100 - 13,4) \cdot (100 - 6,4)} = 0,86 \text{ кг.}$$

Технологічний режим приготування хліба «Поживний»

Параметри процесів	Одиниці виміру	Закваска	Тісто
Початкова температура	°C	27-29	28-30
Кінцева кислотність	град	8,5	7,0
Вологість	%	71	47,5
Тривалість бродіння	хв	180-210	50-60
Маса шматків тіста	кг	-	0,86
Тривалість вистоювання	хв	-	40-60
Температура у вистійній шафі	°C	-	35-45
Відносна вологість у вистійній шафі	%	-	75-80
Тривалість випікання	хв	-	40-60
Температура пекарної камери	°C	-	220-230

3.5. Розрахунок витрат сировини і площ для її зберігання

Витрати за годину борошна $G_6^{\text{год}}$, кг/год

$$G_6^{\text{год}} = \frac{55,0 \cdot 100}{146,2} = 37,62 \text{ кг/год}$$

Витрату добову борошна $G_6^{\text{доб}}$, кг/доб

$$G_6^{\text{доб}} = 37,62 \cdot 23 = 865,26 \text{ кг/доб}$$

Витрати борошна пшеничного другого сорту за годину

$$G_{\text{бпш}}^{\text{год}} = \frac{37,62 \cdot 60,0}{100} = 22,6 \text{ кг/доб}$$

Витрати борошна житнього обдирного за годину

$$G_{\text{бж}}^{\text{год}} = \frac{37,62 \cdot 40,0}{100} = 15,04 \text{ кг/доб}$$

Витрату добову борошна $G_6^{\text{доб}}$, кг/доб

$$G_6^{\text{доб}} = 37,62 * 23 = 865,26 \text{ кг/доб}$$

Витрату добову пшеничного борошна другого сорту $G_6^{\text{доб}}$

$$G_6^{\text{доб}} = 22,6 * 23 = 519,8 \text{ кг/доб}$$

Витрату добову борошна житнього обдирного $G_6^{\text{доб}}$

$$G_6^{\text{доб}} = 15,04 * 23 = 345,92 \text{ кг/доб}$$

Добову потребу дріжджів $G_{\text{др}}^{\text{доб}}$

$$G_{\text{др}}^{\text{доб}} = \frac{865,26 * 0,4}{100} = 3,46 \text{ кг/доб}$$

Добову потребу солі, $G_c^{\text{доб}}$, кг/доб

$$G_c^{\text{т}} = \frac{1,4 * 100}{(100 - 0,25) * \frac{100 - 0,85}{100} - 0,6 * 0,85} = 1,42 \text{ кг}$$

$$G_c^{\text{доб}} = \frac{865,26 * 1,42}{100} = 12,3 \text{ кг/доб}$$

Здійснюю розрахунок добової потреби олії соняшникової:

$$G_{\text{o.c}}^{\text{доб}} = \frac{865,26 * 2,0}{100} = 17,30 \text{ кг/доб}$$

Таблиця 3.8

Добова витрата сировини

Сировина	Хліб «Поживний»
Борошно пшеничне другого сорту	519,8
Борошно житнє обдирне	345,92
Дріжджі хлібопекарські пресовані	3,46
Сіль кухонна харчова	12,3
Цукор білий	-
Олія соняшникова	17,30

3.6. Розрахунок і вибір технологічного обладнання

Кількість силосів для безтарного зберігання борошна [56, 58]

$$N_6 = \frac{G_6^{\text{доб}} * 5}{V_6} \quad (3.12)$$

де, $G_6^{\text{доб}}$ – добові витрати борошна, т

V_6 – об’єм бункера, т

Для борошна вищого сорту:

$$N_6 = \frac{1,419 \times 5}{22} = 0,32 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Для борошна пшеничного першого сорту

$$N_6 = \frac{0,519 \times 5}{22} = 0,26 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Для борошна житнього обдирного

$$N_6 = \frac{0,345 \times 5}{22} = 0,1 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Отже, для зберігання борошна приймаємо 3 силоси марки

Розрахунок обладнання силосно – просіювального відділення:

Для хліба «Поживний» необхідне борошно пшеничне другого сорту та борошно житнє обдирне [56].

Кількість борошняних ліній окремо кожного виду борошна розраховуємо за формулою:

$$N_{6.л} = \frac{G_6^{\text{доб}}}{T \times Q} \quad (3.13)$$

$G_6^{\text{доб}}$ – добові витрати борошна, т

T – тривалість використання борошна, год

Q – потужність борошняної лінії, т/год

Для борошна вищого сорту:

$$N_{6.л} = \frac{1,419}{23 \times 1,5} = 0,04 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Для борошна пшеничного першого сорту:

$$N_{6.л} = \frac{0,519}{23 \times 1,5} = 0,015 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Для борошна житнього обдирного:

$$N_{6.л} = \frac{0,345}{23 \times 1,5} = 0,01 \text{ приймаємо 1 шт}$$

Потрібно 3 борошняні лінії системи Spiromate з просіювачем марки П1-1500 потужністю 0,5-1,5 т/год. Встановлюємо виробничі бункери для

зберігання підготовленого борошно до виробництва, запас борошна становить 2 год.

Розрахунок обладнання для підготовки розчинів сировини

Розраховуємо об'єм ємності для добового запасу розчинів за формулою:

$$V = \frac{G_{\text{сир}}^{\text{доб}} \times 100 \times K}{A \times \rho} \quad (3.14)$$

де, $G_{\text{сир}}^{\text{доб}}$ – добові витрати сировини, т/доб

K – коефіцієнт збільшення об'єму рідини внаслідок піноутворення та механічного оброблення ($K=1,2$)

A – концентрація рідини, %

ρ – густина рідини, т/м³

Для розчину солі потрібний об'єм ємності становить

$$V = \frac{0,035 \times 100 \times 1,2}{25 \times 1,2} = 0,14 \text{ м}^3$$

Встановлюємо один солерозчинник, марки, ємність якого 2000 л

Для розчину цукру

$$V = \frac{0,056 \times 100 \times 1,2}{50 \times 1,32} = 0,10 \text{ м}^3$$

Отже, приймаємо 1 ємність марки, об'єм якої становить 0,3 м³

Перед виробництвом з дріжджів пресованих готується дріжджова суспензія, яка перекачується у витратну ємність, де приймаємо змінний запас сировини. Розраховуємо об'єм ємності за формулою

Для дріжджової суспензії:

$$V = \frac{0,24 \times 11,5 \times 1,2}{23 \times 0,5} = 0,28 \text{ м}^3$$

Приймаємо 1 ємність марки, об'ємом 1,0 м³

Обрахунок обладнання для розробки напівфабрикатів.

Тістоподільники

Виразову кількість тістових заготовок за хвилину N_d , відповідно до формули:

$$N_d = \frac{P_{\text{год}}}{g \times 60} \quad (3.15)$$

де $P_{\text{год}}$ – годинна продуктивність печей, кг/год;

$g_{\text{в}}$ = маса виробу, кг.

$$N_{\text{д}} = \frac{55,0}{0,7 \times 60} = 1,3 = 2 \text{ шт/хв}$$

Необхідну кількість тістоподільників, шт для даних виробів визначаю за формулою:

$$N = \frac{N_{\text{д}} \times x}{n_{\text{д}}} \quad (3.16)$$

де x – коефіцієнт запасу, що враховує зупинку тістоподільника та брак на шматки ($x = 1,04 - 1,05$);

$n_{\text{д}}$ – продуктивність тістоподільника за хвилину ($n_{\text{д}} = 40$).

$$N = \frac{2 \times 1,05}{40} = 0,1 = 1 \text{ шт.}$$

Розраховую коефіцієнт використання тістоподільників за формулою:

$$\eta = \frac{N_{\text{д}}}{N} \leq 1 \quad (3.17)$$

$$\eta = \frac{2}{40} = 0,05 \leq 1$$

Для розробки даних виробів встановлюю тістоподільник (від 8 до 40 шт/хв), в кількості 2 штуки, для поділу кожного виду тіста [58].

Кількість робочих колисок в шафі остаточного вистоювання $N_{\text{р.к}}$ в штуках визначаємо за формулою

$$N_{\text{р.к}} = \frac{P_{\text{н}}^{\text{год}} \times x}{g_{\text{в}} \times 60 \times 8} \quad (3.18)$$

$$N_{\text{р.к}} = \frac{55,0 \times 70}{0,7 \times 60 \times 8} = 12 \text{ шт}$$

Приймаємо, шафу остаточного вистоювання

Розрахунок ємності хлібосховища та експедиції.

Розраховую кількість лотків за годину для зберігання виробів, за формулою:

$$N_{\text{л}}^{\text{год}} = \frac{P_{\text{год}}}{n \times g_{\text{в}}} \quad (3.19)$$

де $P_{\text{год}}$ – годинна продуктивність печі, кг/год;

$g_{\text{в}}$ – маса виробу, кг; $g_{\text{в}} = 0,5$ кг;

n – кількість виробів на лотку, шт.; ($n = 22$ шт.)

$$N_{\text{л}}^{\text{год}} = \frac{55,0}{22 \cdot 0,7} = 3,5 = 4 \text{ шт.}$$

Потрібна кількість контейнерів на годину для зберігання виробів:

$$N_{\text{год}} = \frac{N_{\text{л}}^{\text{год}}}{N_{\text{л}}} \quad (3.20)$$

$N_{\text{л}}$ – кількість лотків на контейнері ($N_{\text{л}} = 8$ шт.).

Кількість контейнерів становитиме:

$$N_{\text{год}} = \frac{4}{8} = 0,5 = 1 \text{ шт.}$$

Розраховую ритм заповнення контейнерів, хв за формулою:

$$R = \frac{60}{N_{\text{год}}} \quad (3.21)$$

$$R = \frac{60}{1} = 60 \text{ хв}$$

Необхідна кількість контейнерів на термін зберігання:

$$N_{\text{в}} = \frac{P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зб}}}{n_{\text{в}} \cdot g_{\text{в}} \cdot N_{\text{в}}} \quad (3.22)$$

$$N_{\text{в}} = \frac{55,0 \cdot 8}{12 \cdot 0,7 \cdot 8} = 6,55 = 7 \text{ шт.}$$

Для зберігання загальна кількість контейнерів становитиме:

$$N_{\text{заг}} = 7 \cdot 2 + 20\% = 16,8 = 17 \text{ шт.}$$

Визначаю площу хлібосховища для виробів:

$$S_{\text{хл}} = \frac{P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зб}} \cdot 30}{1000} \quad (3.23)$$

де $P_{\text{год}}$ – годинна продуктивність печі, кг/год;

$t_{\text{зб}}$ – період зберігання, год.

Для хліба «Поживний»:

$$S_{\text{хл}} = \frac{55,0 \cdot 8 \cdot 30}{1000} = 13,2 = 14 \text{ м}^2$$

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 будь-яка сполука, яка при порушенні вимог безпеки під час контакту з організмом людини може спричинити виробничі травми, професійні захворювання або порушення стану здоров'я. Такі зміни можуть проявлятися як під час трудової діяльності, так і через тривалий час, навіть у наступних поколіннях.

Токсичні (отруйні) речовини – це сполуки, які, потрапляючи в організм навіть у незначних кількостях, порушують нормальне функціонування органів і систем, викликаючи отруєння. Вони можуть перебувати у вигляді газів, парів, рідин або пилу [59, 60].

На промислових підприємствах повітря робочої зони часто забруднюється шкідливими речовинами, що виникають у процесі технологічних операцій або містяться в сировині, напівпродуктах, готовій продукції чи відходах виробництва. Ці речовини можуть надходити в повітря у вигляді пилу, газів чи парів і чинять негативний вплив на організм людини.

Поділ шкідливих речовин за характером впливу на організм [59]:

Загальнотоксичні (загальносоматичні) – впливають на центральну нервову систему, кров та органи кровотворення (сірководень, чадний газ, ароматичні вуглеводні, ціаністий водень, хлор, бром). Для цих речовин потрібен постійний контроль їх концентрації у повітрі з автоматичною сигналізацією у разі перевищення гранично допустимих значень.

Подразнювальні – діють на слизові оболонки очей, носа, горла та шкіру (пари кислот і лугів, оксиди азоту та сірки).

Сенсибілізуючі (алергени) – викликають алергічні реакції (альдегіди, ароматичні нітро-, нітросо- та аміносполуки, акрилонітрил, берилій, нікель, хлорофос).

Канцерогенні (бластомогенні) – сприяють утворенню злоякісних пухлин (похідні антрацену, бензпірен, мазути, бітуми, бензол, хлористий вініл, пил азбесту, арсен, ртуть, свинець, нікель, цинк, молібден, радіоактивні елементи).

Мутагенні – викликають зміни спадкової інформації (свинець, марганець, радіоактивні речовини).

Такі, що пригнічують репродуктивну функцію – негативно впливають на здатність до розмноження (ртуть, свинець, марганець, нікотин, хлоропрен, радіоактивні сполуки) [59, 60].

Отруєння шкідливими речовинами можливе лише тоді, коли їх концентрація у повітрі перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК). ГДК у повітрі робочої зони – це така кількість речовини (у мг/м^3), яка при щоденному впливі (8 годин на добу, до 40 годин на тиждень) не спричиняє захворювань, не знижує працездатність і не чинить шкідливого впливу на здоров'я людини та її нащадків.

Нормативні значення ГДК встановлені у документах: “Санітарні норми проєктування промислових підприємств”. Повітря робочої зони. Загальні санітарно-технічні вимоги”, а також ДСП 201-97.

Класи небезпеки шкідливих речовин [59, 60]:

I клас – надзвичайно небезпечні ($\text{ГДК} < 0,1 \text{ мг/м}^3$): ртуть, свинець і його сполуки, хром, торій, миш'як, карбоніли нікелю та кобальту, кадмій, озон, уран, фтористий водень, гідразин, дихлорацетон, пентахлорфенол, берилій тощо.

II клас – дуже небезпечні ($\text{ГДК } 0,1\text{--}1,0 \text{ мг/м}^3$): сірчана, мурашина, нікотинова кислоти, анілін, бензол, бром, фосген, фенол, фторид бора, натрій, хлор, їдкі луги, нітробензол, оксид цинку, діфос, дихлофос тощо.

III клас – помірно небезпечні (ГДК 1,0–10 мг/м³): оксид азоту, алюміній, стирол, тютюн, синтетичні мийні засоби, целюлоза, полівінілхлорид, толуол, капрон, лавсан, азотна та борна кислоти тощо.

IV клас – мало небезпечні (ГДК > 10 мг/м³): аміак, ацетон, бензин, бутан, спирт етиловий, вапняк, амілацетат, газ, боксити, корунд, амінопласти.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Захист підприємств харчової промисловості від пожеж

Пожежна профілактика — це сукупність заходів, спрямованих на запобігання виникненню пожеж, обмеження їх поширення, забезпечення безпечної евакуації людей, тварин і матеріальних цінностей, а також створення умов для швидкої ліквідації займання. До системи пожежного захисту входять як технічні, так і організаційні заходи [61].

До технічних засобів пожежного захисту належать:

- проектування необхідної кількості виходів і коридорів відповідної ширини;
- облаштування систем протидимового захисту;
- використання вогнестійких матеріалів під час будівництва;
- дотримання нормативних протипожежних відстаней між спорудами;
- забезпечення об'єктів засобами пожежогасіння;
- спорудження пожежних драбин, спостережних веж, водойм і під'їзних шляхів до них;
- облаштування систем пожежного зв'язку та сигналізації [60].

Організаційні заходи включають:

- навчання працівників і населення правилам пожежної безпеки;
- розроблення інструкцій щодо поводження з пожежонебезпечними матеріалами;
- визначення алгоритму дій персоналу у разі виникнення пожежі [61].

Профілактика пожеж здійснюється у двох напрямках:

Запобігання утворенню горючого середовища.

Недопущення виникнення або занесення джерела займання.

Система пожежного захисту - це комплекс технічних і організаційних заходів, спрямованих на виявлення, локалізацію та гасіння пожеж, захист людей і матеріальних цінностей, а також мінімізацію збитків від вогню.

Пожежний зв'язок і сигналізація відіграють ключову роль: вони дозволяють автоматично виявляти загоряння, повідомляти про нього на центральний пункт пожежної охорони та вмикати системи пожежогасіння без участі людини [61].

На підприємствах галузі встановлюється протипожежний режим, який передбачає:

- розробку економічно обґрунтованих і технічно ефективних заходів запобігання пожежам;
- визначення способів обмеження поширення вогню;
- заходи для швидкої ліквідації пожежі.

Керівники та працівники, зокрема на молочних і консервних заводах, зобов'язані дотримуватися правил пожежної безпеки, забезпечувати евакуацію людей і брати участь у гасінні пожежі. Відповідальність за порушення вимог несе керівництво підприємства, яке може бути притягнуте до адміністративної чи кримінальної відповідальності відповідно до чинного законодавства.

Періодичність навчання і перевірки знань з пожежної безпеки становить один раз на три роки, одночасно з перевіркою знань із охорони праці та безпеки життєдіяльності. Обов'язки щодо утримання засобів пожежного захисту повинні бути прописані у посадових інструкціях [61].

Обов'язки працівників охорони

Для співробітників охорони розробляється інструкція, у якій зазначаються:

- їхні обов'язки з контролю за дотриманням протипожежного режиму;

- порядок огляду території й приміщень;
- дії у разі виявлення пожежі або спрацювання сигналізації;
- перелік посадових осіб, яких потрібно викликати вночі у разі загоряння.

Під час чергування охоронець повинен перевіряти:

- наявність і справність засобів пожежогасіння, телефонного зв'язку, сигналізації та чергового освітлення;
- вільний доступ до шляхів евакуації;
- готовність до відкривання дверей евакуаційних виходів.

У разі виявлення порушень працівник охорони зобов'язаний негайно усунути їх або повідомити керівництво. Він повинен мати при собі ключі від евакуаційних дверей, воріт і ручний ліхтар.

Вимоги до території та приміщень

На харчовому підприємстві має бути визначено порядок оповіщення працівників про пожежу. Дороги, проїзди та підходи до джерел води, інвентарю й обладнання повинні бути постійно вільними. На території забороняється розводити вогнища та спалювати сміття.

У кожному приміщенні повинна бути табличка з інформацією про відповідального за пожежну безпеку, номер телефону найближчої пожежної частини та інструкція з пожежної безпеки. Усі системи (протидимові, водопостачання, автоматика, сигналізація) мають підтримуватися у справному стані [61].

Заборонені дії

У виробничих і службових приміщеннях не допускається:

- використовувати легкозаймисті рідини (бензин, ацетон, гас) для миття;
- експлуатувати електронагрівачі з відкритою спіраллю;
- залишати без нагляду працюючі нагрівальні прилади чи відкритий вогонь;
- сушити горючі матеріали на опалювальних приладах;

- зберігати невідомі або не досліджені речовини;
- тримати горючі матеріали поруч із джерелами тепла;
- зливати використані легкозаймисті рідини в каналізацію.

Інструктажі з пожежної безпеки

Усі працівники під час прийому на роботу проходять вступний і первинний інструктаж. Його також проходять студенти, які прибули на практику, або перед виконанням робіт у лабораторіях і майстернях.

Інструктаж може проводитись разом із заняттями з охорони праці. Після проходження будь-якого виду інструктажу проводиться перевірка знань, про що робиться запис у спеціальному журналі з підписами інструктора і працівника [61].

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Встановлено, що заміна частини пшеничного борошна вищого ґатунку на обдирне в рецептурі тіста підвищеної поживності з насінням льону та соняшнику суттєво впливає на перебіг біохімічних процесів під час бродіння та на якісні показники готових виробів.

2. Встановлено, що додавання обдирного борошна до рецептури тіста пшеничного підвищеної поживності з насінням льону та соняшнику впливає на інтенсивність бродіння і структурно-механічні властивості тіста.

3. Із підвищенням частки обдирного борошна зростає кислотність тіста, проте знижується його питомий об'єм і газоутворювальна здатність.

4. Оптимальним є використання 20 – 30 % обдирного борошна, що забезпечує задовільні технологічні показники при підвищеній харчовій цінності продукту. Незважаючи на це, за вмісту обдирного борошна до 30 % технологічні показники залишаються на рівні, який відповідає вимогам ДСТУ 4583:2006, забезпечуючи задовільну структуру та об'єм виробів.

5. Готові вироби відзначаються приємними органолептичними властивостями: рівномірно забарвленою скоринкою, ніжною еластичною м'якушкою, гармонійним смаком із легкими горіхово-медовими нотами та стійким ароматом свіжозернового хліба. Додавання насіння льону та соняшнику сприяє підвищенню харчової цінності виробів, поліпшує їх жирнокислотний склад, забезпечує наявність біологічно активних компонентів і продовжує термін збереження свіжості.

Отже, оптимальним співвідношенням сировинних компонентів для отримання хліба підвищеної поживності з високими споживними та органолептичними показниками є 70 % пшеничного борошна вищого ґатунку та 30 % обдирного борошна у поєднанні з насінням льону та соняшнику. Така рецептура забезпечує баланс між покращеними біохімічними властивостями, стабільними технологічними характеристиками та підвищеною функціональною цінністю готових виробів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Dragomir, N., Grigore, D. M., & Pogurschi, E. N. (2025). Beyond Sugar: A Holistic Review of Sweeteners and Their Role in Modern Nutrition. *Foods*, 14(18), 3182.
2. Dragomir, N.; Stan, A.; Ion, V.A.; Nicolae, C.G.; Bujor-Nenita, O.C.; Bordei, I.S.; Frincu, M.; Petre, A.; Dobrin, A.; Bădulescu, L. Product Development of Organic Macarons Enriched With Freeze Dried Apple Powder. *Sci. Pap. Ser. D Anim. Sci.* 2021, LXIV, 330–336.
3. Morini, G.; Bassoli, A.; Borgonovo, G. Molecular Modelling and Models in the Study of Sweet and Umami Taste Receptors. A Review. *Flavour. Fragr. J.* 2011, 26, 254–259.
4. Hu, K.; Sun, G.; Yu, W.; Zhang, M.; Wang, S.; Cao, Y.; Hu, D.; Liang, L.; He, G.; Hu, J.; et al. Molecular Recognition and Modification Strategies of Umami Dipeptides with T1R1/T1R3 Receptors. *Molecules* 2025, 30, 2774.
5. Rashid, Z.; Ahngar, T.A.; Nazir, A.; Dar, Z.A.; Khuroo, N.S.; Majeed, S.; Naseer, S.; Bashir, S.; Rakshanda, A.; Iqbal, S.; et al. Research Technology of Stevia. *Cut.-Edge Res. Agric. Sci.* 2021, 6, 1–14.
6. Wang, Y.; Luo, X.; Chen, L.; Mustapha, A.T.; Yu, X.; Zhou, C.; Okonkwo, C.E. Natural and Low-Caloric Rebaudioside A as a Substitute for Dietary Sugars: A Comprehensive Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2023, 22, 615–642.
7. Hao, S.; Guthrie, B.; Kim, S.K.; Balanda, S.; Kubicek, J.; Murtaza, B.; Khan, N.A.; Khakbaz, P.; Su, J.; Goddard, W.A. Steviol Rebaudiosides Bind to Four Different Sites of the Human Sweet Taste Receptor (T1R2/T1R3) Complex Explaining Confusing Experiments. *Commun. Chem.* 2024, 7, 236.
8. Karakütük, İ.A.; Şengül, M.; Zor, M.; Aksoy, S. The Effects of Using Different Plant Species and Sweeteners (Stevia and Sucrose) in Sherbet Production on Chemical and Sensory Quality of Sherbet. *J. Food Meas. Charact.* 2023, 17, 5308–5321.

9. Younes, M.; Aquilina, G.; Degen, G.; Engel, K.H.; Fowler, P.; Frutos Fernandez, M.J.; Fürst, P.; Gundert-Remy, U.; Gürtler, R.; Husøy, T.; et al. Safety Evaluation of the Food Additive Steviol Glycosides, Predominantly Rebaudioside M, Produced by Fermentation Using *Yarrowia Lipolytica* VRM. *EFSA J.* 2023, *21*, e8387.
10. Mohd Nawi, N.; Suboh, N.A. Exploring Consumer Awareness of *Curculigo Latifolia* as a Sugar Substitute. *Malays. J. Agric. Econ.* 2023, *30*, a0000426.
11. Saraiva, A.; Carrascosa, C.; Ramos, F.; Raheem, D.; Pedreiro, S.; Vega, A.; Raposo, A. Brazzein and Monellin: Chemical Analysis, Food Industry Applications, Safety and Quality Control, Nutritional Profile and Health Impacts. *Foods* 2023, *12*, 1943.
12. European Parliament and Council. European Parliament and Council Directive 94/35/EC of 30 June 1984 on Sweeteners for Use in Foodstuffs. *Off. J. Eur. Communities* 1984, *L273*, 196–205.
13. 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.
14. Han, Y.; He, Q.; Cheng, Q.; Pang, X.; Sun, Y.; Zhu, Z.; Xie, K.; Qian, S.; Xu, Y.; Yu, S.; et al. Physicochemical Parameters Combined with Sensory and Discriminant Regression, for Quality and Sensory Characterization of Licorice for Both Food and Medicine. *J. Food Meas. Charact.* 2024, *18*, 3619–3628.
15. Younes, M.; Aquilina, G.; Castle, L.; Engel, K.H.; Fowler, P.; Frutos Fernandez, M.J.; Fürst, P.; Gürtler, R.; Gundert-Remy, U.; Husøy, T.; et al. Re-Evaluation of Thaumatin (E 957) as Food Additive. *EFSA J.* 2021, *19*, e06884.
16. Ibrahim Garba, A.; Unar, N.B.; Jude Kelechi, A. Chemistry of Food Sweeteners. In *Food Additives—From Chemistry to Safety*; Lagouri, V.S., Ed.; IntechOpen: Rijeka, Croatia, 2024; ISBN 978-0-85014-430-7.

17. Sievenpiper, J.L.; Purkayastha, S.; Grotz, V.L.; Mora, M.; Zhou, J.; Hennings, K.; Goody, C.M.; Germana, K. Dietary Guidance, Sensory, Health and Safety Considerations When Choosing Low and No-Calorie Sweeteners. *Nutrients* 2025, 17, 793.
18. Li, H.; Li, R.; Jiang, W.; Zhou, L. Research Progress of Pharmacological Effects of *Siraitia Grosvenorii* Extract. *J. Pharm. Pharmacol.* 2022, 74, 953–960.
19. Suri, S.; Kathuria, D.; Mishra, A.; Sharma, R. Phytochemical Composition and Pharmacological Impact of Natural Non-Calorie Sweetener-Monk Fruit (*Siraitia grosvenorii*): A Review. *Nutr. Food Sci.* 2020, 51, 897–910.
20. Лялик, А. Т., Покотило, О. С., Кухтин, М. Д., & Добровольська, С. Я. (2020). Зміна органолептичних показників сиркової пасти з лляною олією за різних умов зберігання. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, (1-1 (72)), 109-116.
21. Yang, Z.; Liu, Z.; Xu, H.; Chen, Y.; Du, P.; Li, P.; Lai, W.; Hu, H.; Luo, J.; Ding, Y. The Chromosome-Level Genome of Miracle Fruit (*Synsepalum dulcificum*) Provides New Insights Into the Evolution and Function of Miraculin. *Front. Plant Sci.* 2022, 12, 804662.
22. Turck, D.; Castenmiller, J.; De Henauw, S.; Hirsch-Ernst, K.I.; Kearney, J.; Maciuk, A.; Mangelsdorf, I.; McArdle, H.J.; Naska, A.; Pelaez, C.; et al. Safety of Dried Fruits of *Synsepalum Dulcificum* as a Novel Food Pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA J.* 2021, 19, e06600.
23. Silva, P.D.; Cruz, R.; Casal, S. Sugars and Artificial Sweeteners in Soft Drinks: A Decade of Evolution in Portugal. *Food Control* 2021, 120, 107481.
24. Novik, T.S.; Koveschnikova, E.I.; Kotlobay, A.A.; Sycheva, L.P.; Kurochkina, K.G.; Averina, O.A.; Belopolskaya, M.V.; Sergiev, P.V.; Dontsova, O.A.; Lazarev, V.N.; et al. Sweet-Tasting Natural Proteins Brazzein and Monellin: Safe Sugar Substitutes for the Food Industry. *Foods* 2023, 12, 4065.
25. 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.

26. An, J.-P.; Wang, Y.; Munger, S.D.; Tang, X. A Review on Natural Sweeteners, Sweet Taste Modulators and Bitter Masking Compounds: Structure-Activity Strategies for the Discovery of Novel Taste Molecules. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2024, 65, 2076–2099.

27. Delfi, M.; Emendato, A.; Leone, S.; Lampitella, E.A.; Porcaro, P.; Cardinale, G.; Petraccone, L.; Picone, D. A Super Stable Mutant of the Plant Protein Monellin Endowed with Enhanced Sweetness. *Life* 2021, 11, 236.

28. Liu, Y.; Xu, J.; Ma, M.; You, T.; Ye, S.; Liu, S. Computational Design towards a Boiling-Resistant Single-Chain Sweet Protein Monellin. *Food Chem.* 2024, 440, 138279.

29. Villa-Ruano, N.; Ramírez-García, S.A.; Landeta-Cortés, G.; Cunill-Flores, J.M.; Horta-Valerdi, G.M.; Hernández, Y.P. Comparative Effect of Resveratrol, Carnosic Acid and Hernandulcin on Target Enzymes and Biochemical Markers Linked to Carbohydrate and Lipid Metabolism in Mice. *Emir. J. Food Agric.* 2023, 35, 757–766.

30. Zuo, J.; Zheng, W.; Shi, N.; Song, R.; Han, F.; Yang, C.; Li, J.; Peng, C.; Li, B.; Chen, Y. Study on the Thermal Stability of the Sweet-Tasting Protein Brazzein Based on Its Structure–Sweetness Relationship. *J. Agric. Food Chem.* 2024, 72, 7374–7382.

31. Verbitska, V., Kukhtyn, M., Procak, P., Sidorov, A., & Koval, H. (2025). Assessment of technological indicators of Zaporizhzhya roll with a microbial metabolite–Tregalose. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 27(103), 23-30.

32. Meetro, J.; Nahian, L.; Phipps, KR; Vo, TD; Dahms, I.; Lalpuria, M.; Omrani, H. Токсикологічна оцінка солодкого білка браззеїну, отриманого з *Komagataella Phaffii*, для використання як підсолоджувач у харчових продуктах та напоях. *J. Appl. Toxicol.* 2025 , 45 , 1867–1886.

33. van Der Wel, H.; Larson, G.; Hladik, A.; Hladik, C.M.; Hellekant, G.; Glaser, D. Isolation and Characterization of Pentadin, the Sweet Principle of *Pentadiplandra Brazzeana* Baillon. *Chem. Senses* 1989, 14, 75–79.
34. Beltrán, L.R.; Sterneder, S.; Hasural, A.; Paetz, S.; Hans, J.; Ley, J.P.; Somoza, V. Reducing the Bitter Taste of Pharmaceuticals Using Cell-Based Identification of Bitter-Masking Compounds. *Pharmaceuticals* 2022, 15, 317.
35. Ahmad, R.; Aldholmi, M.; Alqathama, A.; Aldossary, S.; Bubshait, S.; Aljaber, M.; Abuhassan, A.; Aldarwish, A.; Alateeq, L. Green and Novel Ultrasonic Extraction with UHPLC-MSMS Analysis of Natural Sweetener (Glycyrrhizic Acid) from *Glycyrrhiza Glabra*; a Multifactorial Mechanistic Evaluation Based on Statistical Analysis. *Ultrason. Sonochem.* 2021, 77, 105696.
36. Trifunski, S.; Munteanu, M.F.; Borcan, F.; Taşcău, G.; Pogurschi, E.N. Plasma Vitamin C Levels Associated with the Diet and Supplement Consumption. *Med. Surg. J.—Rev. Med. Chir. Soc. Med. Nat. Iași* 2024, 128, 855–869.
37. Kukhtyn, M., Salata, V., Pelenyo, R., Selskyi, V., Horiuk, Y., Boltyk, N., ... & Dobrovolsky, V. (2020). Investigation of zeranol in beef of Ukrainian production and its reduction with various technological processing. *Slovak journal of food sciences*, 14.
38. Ali Shah, S.I.; Nawaz, H.; Nadeem, N. Historical and Current Perspectives on the Human Consumption of Non-Nutritive Sweeteners (Nns). *J. Akhtar Saeed Med. Dent. Coll.* 2023, 5, 243–249.
39. Wang, X.; Guo, L.; Zheng, L.; Zhao, W.; Li, L. Natural Sweetener Glycyrrhetic Acid Monoglucuronide Improves Glucose Homeostasis in Healthy Mice. *J. Agric. Food Chem.* 2024, 72, 3483–3494.
40. Christofides, E.A. POINT: Artificial Sweeteners and Obesity—Not the Solution and Potentially a Problem. *Endocr. Pract.* 2021, 27, 1052–1055.
41. Lisovska, T., Rybak, O., Kuhtyn, M., & Chorna, N. (2015). Investigation of water binding in sponge cake with extruded corn meal. *Ukrainian food journal*, 4(3), 413-422.

42. Lialyk, A., Kravcheniuk, K., & Kukhtyn, M. (2024). Characteristics of fermentation changes in the dough for rye-wheat bread with the addition of propionic and lactic acid bacteria. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 26(101), 35-40.
43. Lialyk, A. T., Pokotylo, A. S., & Kukhtyn, M. D. (2019). Microbiological parameters of cheese paste with the content of flaxseed oil at different storage temperatures. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 21(91), 124-129.
44. Kukhtyn, M. D., Kovalenko, V. L., Pokotylo, O. S., Horyuk, Y. V., Horyuk, V. V., & Pokotylo, O. O. (2017). Staphylococcal contamination of raw milk and handmade dairy products, which are realized at the markets of Ukraine. *Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety*, (3, Iss. 1), 12-16.
45. Horyuk, Y. V., Kukhtyn, M. D., Perkiy, Y. B., Horyuk, V. V., & Semenyuk, V. I. (2016). Identification of Enterococcus isolated from raw milk and cottage cheese "home" production and study of their sensitivity to antibiotics. *Scientific Messenger LNUVMBT named after SZ Gzhytskyj*, 18(3), 70.
46. Tebben, L., Shen, Y., & Li, Y. (2018). Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 10-24.
47. Jonnalagadda, Satya S., et al. "Putting the whole grain puzzle together: health benefits associated with whole grains—summary of American Society for Nutrition 2010 Satellite Symposium." *The Journal of nutrition* 141.5 (2011): 1011S.
48. Rosell, Cristina M., et al. "Wholemeal wheat bread: A comparison of different breadmaking processes and fungal phytase addition." *Journal of Cereal Science* 50.2 (2009): 272-277.
49. Doblado-Maldonado, Andres F., et al. "Key issues and challenges in whole wheat flour milling and storage." *Journal of cereal science* 56.2 (2012): 119-126.

50. Noort, Martijn WJ, et al. "The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality—Evidence for fibre–protein interactions." *Journal of Cereal Science* 52.1 (2010): 59-64.

51. Heiniö, Raija-Liisa, et al. "Sensory characteristics of wholegrain and bran-rich cereal foods—A review." *Trends in Food Science & Technology* 47 (2016): 25-38.

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

53. 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.

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

55. Дробот, В. І. (2002). Технологія хлібопекарського виробництва. К.: Логос, 368.

56. Дробот, В. І., Юрчак, В. Г., Арсеньєва, Л. Ю., Махинько, В. М., Білик, О. А., Сильчук, Т. А., ... & Бондаренко, Ю. В. (2010). Технологічні розрахунки у хлібопекарському виробництві (задачник). К.: Кондор, 440.

57. ДСТУ 7517:2024 «Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови». Держспоживстандарт України. Київ, 2024. 33 с.

58. Технологічне устаткування хлібопекарського, макаронного і кондитерського виробництв / В.Ф.Петько, О.І.Гапонюк, Є.В.Петько, А.В.Ульяницький; За ред. О.І.Гапонюка. — Київ: ЦУЛ, 2017. 432 с.

59. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В. Мельников. – Львів: Афіша, 2000. – 350 с.

60. Основи охорони праці / Під ред. К.Н. Ткачука, Н.О. Халімовського.
– К.: Основа, 2006. – 448 с

61. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 156 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39196>.

ДОДАТКИ

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

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

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

Тези доповідей

25 – 26 вересня 2025 р.

Тернопіль

УДК 664

І. І. Солодков, студент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ДОДАВАННЯ СОЄВОГО ТА ГОРОХОВОГО БОРОШНА ДО ПШЕНИЧНОГО У ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА

I. I. Solodkov

THE PROSPECT OF ADDING SOYBEAN AND PEA (CHICKPEAS) FLOUR TO WHEAT IN BREAD TECHNOLOGY

Останнім часом тенденції харчування орієнтовані на створення продуктів із підвищеною харчовою та біологічною цінністю [1]. Одним із перспективних напрямів удосконалення технології хлібопекарських виробів є збагачення пшеничного тіста борошном бобових культур, зокрема соєвим і гороховим (або нутовим).

Соєве борошно вирізняється високим вмістом білка (близько 40–45 %), збалансованим амінокислотним складом та наявністю біоактивних речовин – ізофлавононів, що проявляють антиоксидантну та профілактичну дію. Додавання цього інгредієнта до пшеничного тіста дозволяє підвищити вміст легкозасвоюваних білків і ліпідів, а також збільшити водопоглинальну здатність тіста, що позитивно позначається на свіжості та структурі хліба [2].

Горохове або нутове борошно містить значну кількість білків (20–25 %), харчових волокон і мінералів (Fe, Mg, Zn). Його використання у складі пшеничного хліба сприяє підвищенню біологічної цінності готового виробу, а також зниженню глікемічного індексу. Завдяки нутовому борошну збагачується вітамінний склад (особливо групи B) і підвищується антиоксидантна активність [3].

Важливо зазначити, що з технологічної точки зору додавання бобових впливає на клейковинний каркас тіста. Підвищена кількість білка та харчових волокон змінює реологічні властивості: надлишок соєвого чи нутового борошна може знизити об'єм хліба та зробити м'якуш щільнішим. Тому оптимальною є заміна 5–15 % пшеничного борошна. При такій пропорції зберігається баланс між високою біологічною цінністю і доброю якістю випічки.

Органолептичні показники також зазнають змін: хліб набуває більш насиченого смаку, приємного горіхового відтінку аромату, м'якуш стає кремовим або жовтуватим. Це надає продукції унікальності та підвищує її конкурентоспроможність на ринку оздоровчих і функціональних продуктів.

Таким чином, додавання соєвого та горохового (нутового) борошна до пшеничного у технології хліба є перспективним способом збагачення раціону населення легкозасвоюваними білками, вітамінами й мінералами, а також розширення асортименту продукції для дієтичного та профілактичного харчування.

Література

1. Лялик, А. Т., Покотило, О. С., Кухтин, М. Д., & Добровольська, С. Я. (2020). Зміна органолептичних показників сиркової пасти з лляною олією за різних умов зберігання. *Вестник Херсонского национального технического университета*, (1-1 (72)), 109-116.
2. Dhingra, S., & Jood, S. (2002). Effect of flour blending on functional, baking and organoleptic characteristics of bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 37(2), 223–233.
2. Rasheed, A., et al. (2022). Nutritional, technological, and sensory properties of composite bread enriched with chickpea and soybean flour. *Foods*, 11(6), 891.