

ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ

Навчально-науковий інститут денної освіти

Форма навчання денна

Кафедра технологій харчових виробництв і ресторанного господарства

Допускається до захисту

Завідувач кафедри

О. ГОРОБЕЦЬ

(підпис)

« » 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Розробка технології функціональних борошняних кондитерських виробів із застосуванням шротів як zero waste інгредієнтів»

зі спеціальності 181 Харчові технології

освітня програма «Технології в ресторанному господарстві»
(шифр та назва)

ступеня магістр

Виконавець роботи Кузнєцов Віталій Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис, дата)

Науковий керівник к.т.н., доцент Наконечна Юлія Григорівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис, дата)

Рецензент к.т.н., доцент Столярчук Валентина Миколаївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

Полтава 2025

ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ

Затверджую
Завідувач кафедри
_____ О. ГОРОБЕЦЬ
(підпис)
«_____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ ТА КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: «Розробка технології функціональних борошняних кондитерських виробів із застосуванням шротів як Zero waste інгредієнтів»

зі спеціальності 181 Харчові технології

освітня програма «Технології в ресторанному господарстві»
(шифр та назва)

ступеня магістр

Прізвище, ім'я, по батькові Кузнєцова Віталія Михайловича -

Затверджена наказом ректора № 79-Н від «23» квітня 2025 р.

Термін подання студентом кваліфікаційної роботи 22.12. 2025 р.

Вихідні дані до кваліфікаційної роботи Провести літературний пошук щодо обґрунтування актуальності обраної теми. Визначити об'єкти та методи досліджень. Розробити програму теоретичних та експериментальних досліджень. Розробити технологію виробництва харчових продуктів із застосуванням шротів як zero waste інгредієнтів. Розробити проект нормативної документації на нові продукти харчування. Контроль безпечності готових виробів. Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки та пропозиції.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки Вступ. Розділ 1. Теоретичні передумови удосконалення технології виготовлення борошняних кондитерських виробів із застосуванням шротів як zero waste інгредієнтів. Розділ 2. Об'єкти, матеріали та методи досліджень. Розділ 3. Теоретичне обґрунтування технології виробництва виробів із кркерного тіста. Розділ 4. Удосконалення технології виробництва виробів із кркерного тіста з використанням лляного борошна. Розділ 5. Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

ВСТУП

У сучасних соціальних та демографічних умовах особливо актуальним є розвиток нових технологій та створення асортименту функціональних і спеціалізованих харчових продуктів. Такі продукти є ефективним засобом забезпечення організму необхідними макро- та мікронутрієнтами, при цьому не потребують суттєвої зміни звичного раціону або способу життя людини, що робить їх доступним та зручним інструментом для підтримки здоров'я та профілактики дефіциту нутрієнтів. Парадигма розвитку харчової індустрії акцентує увагу на принципах концепції Zero Waste, що передбачає мінімізацію утворення відходів і максимальне використання всіх компонентів сировини. У цьому контексті вдосконалення технології виробництва крекерної продукції тісно пов'язане з інтеграцією побічних продуктів переробки, зокрема олійних шротів і макухи, у рецептури та технологічні процеси.

Актуальність теми. Використання сировини рослинного походження у виробництві борошняних кондитерських виробів створює можливості для отримання продукції з багатофункціональними властивостями, здатної задовольнити різні смакові та харчові вподобання споживачів. Аналіз наукових досліджень та практичного досвіду вітчизняних і зарубіжних підприємств показує, що нетрадиційна сировина переважно застосовується у виробництві печива, пряників та вафель, тоді як у виробництві крекерів її використання є недостатньо дослідженим. Проблемам застосування рослинної нетрадиційної сировини присвячені роботи таких учених, як Дорохович А.М., Дробот В.І., Сирохман І.В., Карнаушенко Л.І. Водночас вплив різних добавок на формування харчової, біологічної та лікувально-профілактичної цінності крекерів, а також на їх збереженість, залишається недостатньо вивченим. Тому дослідження споживних властивостей нових крекерів із використанням різних добавок є актуальним науковим завданням.

Одним із перспективних напрямів підвищення біологічної цінності виробів є використання рослинних культур, збагачених білком, що дозволяє

поліпшити якість білка за амінокислотним складом, підвищити вміст мікронутрієнтів та розширити асортимент продукції. Шроти, які традиційно розглядаються як відходи або низькоцінна кормова сировина, насправді є концентрованими джерелами білка, харчових волокон, поліненасичених жирних кислот, мінеральних речовин та біологічно активних сполук, включно з антиоксидантами та лігандами. Завдяки такому складу шроти можуть виконувати функцію збагачувачів, підвищуючи харчову цінність виробів та формуючи їх функціональні властивості.

Харчова та біологічна цінність кондитерських виробів значною мірою визначається лабільними компонентами, зокрема жирами, які схильні до окислення під час зберігання. Для подовження терміну придатності печива, пряників, кексів, тортів, крекерів та вафель застосовують природні антиоксиданти рослинного походження, такі як токоферолі, каротиноїди та флавоноїди, що містяться у шротах, порошках ягід і фруктів, а також у насінні льону.

Наукові дані свідчать про недостатню розробленість використання нетрадиційної сировини для виробництва крекерів із підвищеною біологічною цінністю, які могли б стати конкурентоспроможними на сучасному ринку. Зокрема, застосування шроту з насіння льону як біологічно активної та технологічної добавки є перспективним. Шрот льону містить 20–25 % білка, 30–40 % жирів, до 35 % харчових волокон, а також ліганди і омега-3 поліненасичені жирні кислоти, що позитивно впливають на функціональні властивості крекерів, підвищують їх харчову цінність, покращують текстуру, зменшують крихкість і сприяють формуванню більш рівномірної пористої структури.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Кваліфікаційна робота безпосередньо пов'язана з науково-дослідною тематикою кафедри технологій харчових виробництв і ресторанного господарства Полтавського університету економіки і торгівлі «Розроблення і удосконалення технологій харчових продуктів з використанням вторинної сировини» (№ держреєстрації 0121U113848).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є удосконалення технології виробництва крекерів підвищеної харчової та біологічної цінності за рахунок використання лляного борошна.

Відповідно до поставленої мети, в роботі необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз основних напрямків розвитку виробництва борошняних кондитерських виробів підвищеної харчової та біологічної цінності;
- дослідження функціонально-технологічного потенціалу заміни пшеничного борошна на лляне з метою створення продукту з підвищеним вмістом біологічно активних речовин;
- дослідити якість та функціонально-технологічні показники лляного борошна та його суміші;
- дослідити структурно-механічні властивості крекерного тіста з використанням лляного борошна;
- розробити рецептуру та технологію виробництва крекерів з підвищеним вмістом біологічно активних речовин;
- розробити проекти нормативно-технічної документації новий вид кондитерських борошняних виробів.
- розробити систему контролю безпеки виробництва з використанням принципів НАССР.

Об'єкт дослідження - процес виготовлення виробів з крекерного тіста з використанням лляного борошна.

Предмет дослідження – пшеничне борошно вищого гатунку, лляне борошно, крекер.

Методи досліджень. Під час планування, підготовки та проведення досліджень використовувались математичні методи планування експериментів і статистичної обробки експериментальних даних, метод експертного аналізу та експертної оцінки органолептичних показників, хімічні та фізико-хімічні методи дослідження якості сировини і готових харчових продуктів.

Наукова новизна отриманих результатів. Досліджено вплив часткової заміни пшеничного борошна лляним на технологічні властивості і фізико-хімічні показники крекерного тіста та готових виробів з нього. Визначено вплив часткової заміни пшеничного борошна лляним на органолептичні показники готових виробів.

Досліджено зміни фізико-хімічних показників і якісні властивості виробів з крекерного тіста після термічної обробки.

Підтверджено позитивний вплив використання алляного борошна на якість отриманого готового продукту. Органолептична оцінка готового продукту визначила позитивний вплив на смакові та ароматичні властивості і зовнішній вигляд готових виробів.

На підставі отриманих результатів розроблено рецептуру і технологію виготовлення крекерів.

Розроблено систему контролю безпеки виробництва для запропонованої технології.

Практичне значення отриманих результатів:

Розроблена технологія крекерів з лляним борошном, яка не потребує нових видів обладнання, дає можливість більш раціонально використовувати сировину і отримувати продукти з функціональними властивостями.

Розроблено рецептури, технологічні схеми й обґрунтовано технології виробництва крекерів з лляним борошном. Результати досліджень покладено на основу розробки проєкту нормативної документації:

Особистий внесок автора полягає в пошуку і опрацюванні інформації за темою роботи, окресленні завдань і плануванні експерименту, проведенні аналітичних та експериментальних досліджень у лабораторних умовах, формулюванні висновків, апробації роботи.

Галузь застосування результатів Розроблена технологія виготовлення крекеру рекомендується до впровадження в закладах ресторанного господарства та на підприємствах кондитерської промисловості.

Структура роботи Робота складається з анотації, вступу, 5 розділів основної частини, висновків, списку інформаційних джерел та додатків. Робота

викладена на 125 сторінках друкованого тексту, містить 22 таблиці та 20 рисунків.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи За результатами підготовлено пакет документів для реєстрації патенту на корисну модель

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ШРОТІВ ЯК ZERO WASTE ІНГРЕДІЄНТІВ

Сучасна парадигма розвитку харчової індустрії акцентує увагу на принципах циклічної економіки (Circular Economy) та концепції Zero Waste, що передбачає мінімізацію утворення відходів і максимальне використання всіх компонентів сировини. У цьому контексті вдосконалення технології виробництва крекерної продукції тісно пов'язане з інтеграцією побічних продуктів переробки, зокрема олійних шротів і макухи, у рецептури та технологічні процеси.

Шроти, які традиційно розглядаються як відходи або низькоцінна кормова сировина, насправді є концентрованими джерелами білків, харчових волокон, поліненасичених жирних кислот, мінеральних речовин та біологічно активних сполук, включаючи антиоксиданти та лігани. Завдяки такому складу вони можуть виконувати функцію збагачувачів, покращувати харчову цінність виробів і сприяти формуванню функціональних властивостей продукту.

Інтеграція шротів у технологію виробництва крекерів забезпечує збільшення коефіцієнта використання сировини та зниження обсягів харчових відходів. Такий підхід повністю відповідає принципам сталого виробництва, сприяє раціональному використанню ресурсів та зменшує екологічне навантаження на довкілля. Крім того, застосування побічних продуктів у харчових технологіях відповідає стратегічним цілям продовольчої безпеки, адже забезпечує створення більш доступних, поживних і екологічно безпечних харчових продуктів нового покоління.

1.1. Інноваційні технологічні підходи до збагачення борошняних кондитерських виробів функціональними компонентами нетрадиційної сировини

Інноваційні технологічні підходи до збагачення борошняних

кондитерських виробів (БКВ) функціональними компонентами нетрадиційної сировини є ключовим напрямком розвитку харчової промисловості, спрямованим на створення продуктів із підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

Успішне впровадження цих компонентів вимагає не лише пошуку нових джерел сировини, а й застосування передових методів її підготовки та модифікації. Ефективність збагачення суттєво залежить від того, наскільки добре підготовлена нетрадиційна сировина для інтеграції в тісто.

Одним із важливих прийомів є мікронізація, що передбачає зменшення розміру часток, наприклад, шротів, висівок або рослинних порошків, до мікронного або навіть нанорівня. Це забезпечує однорідне внесення інгредієнта, запобігає негативному впливу на структуру готового виробу (усуваючи ефект "піщаності") і значно підвищує біодоступність поживних речовин. Паралельно з цим, для захисту термочутливих функціональних компонентів, таких як ω -3 жирні кислоти, пробіотики або деякі вітаміни, застосовується мікрокапсулювання. Ця технологія дозволяє "запечатати" інгредієнт у захисну полімерну оболонку, забезпечуючи його збереження під час високотемпературної обробки (випікання) та контрольоване вивільнення в організмі споживача.

Додатково, для покращення функціонально-технологічних властивостей білків та харчових волокон, які часто містяться у нетрадиційній сировині (наприклад, борошні з бобових або сироваткових концентратах), використовується ферментативна модифікація, що підвищує їхню розчинність та емульгувальні здатності, одночасно зменшуючи вміст антипоживних речовин.

Інновації також стосуються методики інтеграції збагачувальних компонентів безпосередньо у технологічний процес виробництва БКВ. На етапі розробки рецептури застосовується математичне моделювання та планування експерименту для точного визначення оптимального рівня заміни традиційної сировини (пшеничного борошна, цукру, жиру) альтернативними компонентами. Це необхідно для досягнення максимального збагачення при збереженні

ідеальних реологічних властивостей тіста та високих органолептичних показників кінцевого продукту. Враховуючи, що значна заміна пшеничного борошна на безглютенове або високобілкове може призвести до втрати структури, ключовим прийомом є використання гідроколоїдів (таких як ксантанова або гуарова камедь). Вони ефективно імітують клейковину, забезпечують газотримувальну здатність тіста та покращують вологотримування, що критично важливо для м'якості та подовження терміну свіжості виробів.

Окрім прямого внесення, застосовується також екструзійна обробка сумішей нетрадиційної сировини. Екструзія інактивує антипоживні фактори, підвищує засвоюваність крохмалю та білка, а отриманий екструдат використовується як цінний функціональний напівфабрикат.

Нарешті, сучасні підходи передбачають посилений контроль якості та функціональності. Важливо оцінювати не лише вміст поживних речовин у сировині, а й їхню біодоступність та збереження у готовому виробі після випікання. Це включає аналіз вмісту вітамінів та поліфенолів, а також вимірювання антиоксидантної активності. Дедалі більшого значення набуває оцінка Глікемічного Індексу (ГІ), оскільки використання нетрадиційної сировини, багатой на харчові волокна (наприклад, інулін, висівки), дозволяє цілеспрямовано знижувати ГІ кондитерських виробів, роблячи їх більш корисними для діабетичного та профілактичного харчування. Усі ці технологічні та аналітичні інновації дозволяють створити нове покоління борошняних кондитерських виробів, які поєднують привабливий смак зі значною функціональною користю для здоров'я.

Сучасні підприємства кондитерської промисловості в Україні та світі активно впроваджують нетрадиційну сировину рослинного походження для поліпшення харчового профілю своєї продукції.

Одним із критичних завдань є усунення дефіциту білка у кондитерських виробках. Білок має виняткове значення для організму, виконуючи низку життєво важливих функцій: пластичну, каталітичну, гормональну тощо. Його ефективне засвоєння залежить від збалансованості

амінокислотного складу в їжі.

Цікаво, що дефіцит незамінних амінокислот у щоденному раціоні часто провокує підвищену потребу у солодкому, що, своєю чергою, веде до збільшення споживання кондитерських виробів. Проблема полягає в тому, що більшість цих виробів, включаючи борошняні, хоча останні й більш збалансовані, характеризуються високим вмістом вуглеводів і жирів, але недостатньою кількістю білка, вітамінів та мінеральних речовин. Саме тому збагачення БКВ білковими компонентами є актуальним і необхідним для корекції харчового раціону споживачів. [1].

Перспективними джерелами білкового збагачення борошняних кондитерських виробів (печива, пряників, крекерів, вафель) є малопоширені види борошна, що відзначаються високим вмістом повноцінних білків, мінеральних елементів та інших біологічно активних компонентів. До таких різновидів належать, зокрема, гречане та амарантове борошно, які додатково забезпечують надходження харчових волокон і вітамінів, зокрема тіаміну, рибофлавіну та ніацину [2].

Борошно з насіння амаранту у кількості 5...10 % рекомендоване для виробництва борошняних кондитерських виробів лікувально-профілактичного призначення [3]. Збільшення частки амарантового борошна, особливо грубого помелу, сприяє формуванню характерного горіхового присмаку та властивого «вафельного хрусту» [4]. Його використання забезпечує більш збалансований амінокислотний склад, підвищує біологічну цінність готових виробів і покращує їх органолептичні характеристики [5,6].

У технології борошняних кондитерських виробів широко застосовують соєве борошно, пів кілограма якого за вмістом білка еквівалентне приблизно 1 кг м'якого сиру, 2,5 кг хліба, 40 курячим яйцям або 32 склянкам молока [8]. Оптимальна частка соєвого борошна в рецептурі печива становить близько 20 %, що дозволяє отримувати продукти, збагачені білками та харчовими волокнами, рекомендовані для харчування осіб із захворюваннями органів травлення та діабетом [9].

Насіння люпину містить до 40 % білка, зокрема значну кількість

сірковмісних амінокислот. За даними зарубіжних дослідників, білки люпину характеризуються вищим вмістом лізину, треоніну та лейцину порівняно з білками пшениці, сої та інших зернобобових культур. Французька компанія La Noelle Services SA розробила технологію одержання люпинового борошна, придатного для виробництва широкого спектра харчових продуктів. Угорські науковці застосовували функціональну добавку «L 3001» на основі люпинового борошна для збагачення різних видів борошняних кондитерських виробів білками, ненасиченими жирними кислотами, харчовими волокнами та мінеральними речовинами. Розроблені рецептури пісочного напівфабрикату для дієтичного харчування, а також безглютенового варіанту з використанням пшеничного крохмалю та люпинового борошна у співвідношеннях 8:2, 6:4 і 4:6. Такий підхід сприяв підвищенню вмісту білків, вітамінів і мінеральних речовин у готових виробах та дозволив зменшити витрати вершкового масла на 7,5 % [5].

Ефективне та економічно обґрунтоване вирішення проблеми дефіциту білка можливе шляхом ширшого використання рослинної сировини, зокрема сої. Біологічна цінність соєвих білків становить до 89 % від цінності казеїну, тоді як для білків пшениці цей показник сягає лише близько 52 % [11]. У кондитерській промисловості найбільш затребуваними соєвими інгредієнтами є соєва олія, борошно, білкові ізоляти, концентрати та текстурований білок. [8].

Кафедрою технології зернових продуктів, хліба і кондитерських виробів ОНТУ розроблено технологію виробництва зтяжного печива «Лілія» із застосуванням соєво-шротового білкового ізоляту (СШБІ). Зазначений інгредієнт являє собою однорідну пастоподібну масу з умістом сухих речовин на рівні 36...38 %, у складі яких переважають білки (86...87 %), тоді як частка вуглеводів становить 7...8 %, жирів — 1...2 %, а мінеральних речовин — 4...5 %. Амінокислотний склад цього білкового збагачувача наведено у таблиці 1.1 [1].

Таблиця 1.1 - Вміст амінокислот і амінокислотний скор соєво-шротового білкового ізоляту

Амінокислота	Вміст амінокислоти, г/100г білка		Амінокислотний скор СШБІ, %
	в СШБІ	в ідеальному білку	
Ізолейцин	4,14	4,00	103,5
Лейцин	9,28	7,00	132,6
Лізин	6,80	5,50	123,6
Метіонін + Цистин	3,00	3,50	85,7
Фенілаланін + Тирозин	8,65	6,00	144,2
Треонін	4,99	4,00	124,8
Триптофан	1,05	1,00	105,0
Валін	5,60	5,00	112,0

Включення продуктів переробки соєвих бобів до рецептур кексів, печива, крекерів і вафель дає змогу зменшити витрати традиційної сировини, такої як яєчний порошок, молоко та пшеничне борошно. Крім того, соєві інгредієнти зумовлюють формування у виробах низки корисних властивостей, зокрема протиракової, антихолестеринемічної, антидіабетичної та гіпоалергенної дії [10].

З метою підвищення вмісту рослинного білка в борошняних кондитерських виробах пропонується застосування горохового білка [11,12]. Використання такої білкової добавки сприяє зниженню енергетичної цінності виробів та зменшенню рівня холестерину в організмі людини. Добавка з гороху містить 42,0 % білка, 13,0 % крохмалю, 31,9 % жиру, а також макроелементи Na, K, Ca.

На базі ОНТУ з макухи насіння томатів одержано білкові продукти у формі пасти та порошку, у яких вміст білка становить відповідно 20 % та 94...98 %. Досліджено можливості їх застосування у технології борошняних кондитерських виробів [13].

Для виготовлення печива «Садко», торта «Бал квітів» та інших видів борошняних кондитерських виробів у невеликих кількостях використовували побічні продукти пивоваріння та виробництва квасу — дробину, солодові екстракти, квасне сусло. Завдяки цьому продукти характеризувалися

підвищеним умістом білкових речовин, некрохмальних полісахаридів, мінеральних елементів і вітамінів [12,13].

Досліджено придатність сухого білкового концентрату сочевиці для застосування у борошняних кондитерських виробах. Доведено, що він забезпечує стабілізацію жирових емульсій та подовжує термін зберігання печива й пряників [14].

Індійськими дослідниками розроблено рецептури чотирьох видів печива із суміші пшеничного та нутового борошна у співвідношеннях 20:80 та 40:60. Аналіз хімічного складу цих виробів підтвердив доцільність їх виробництва: у 100 г міститься 9,08–14,1 г білка, 23,24...33,80 г жиру, 30,21...146,28 мг кальцію, а також вітаміни B₁ (0,15...0,36 мг), B₂ (0,09...0,18 мг), B₃ (1...1,7 мг) та A (453,04...624,43 мг) [15].

Запатентовано технологію виготовлення цукрового печива «Пшеничне», у рецептурі якого використовується білково-крохмальна добавка на основі борошна із насіння соняшника (7...7,5 % жиру) та обсмаженого кукурудзяного крохмалю у співвідношеннях 3:1 та 11:3 [16].

У виробництві шоколадного печива здійснено часткову заміну (51 %) пшеничного борошна на борошно з бульб таро. Хімічний склад таро-борошна характеризується такими показниками (у перерахунку на %): білки — 2...3,8; жири — 0,8; зола — 1,5...2,9; вуглеводи — 84,3–88,3; харчові волокна — 5,5...9,0 [17].

У деяких видах борошняних кондитерських виробів застосовують також альтернативні види борошна, зокрема з фруктів і ягід. Компанією Ben Hill Griften (США) запатентовано спосіб виробництва цитрусового борошна з відходів переробки апельсинів і грейпфрутів (шкірки та вичавленої м'якоті). Отримане борошно збагачує вироби вуглеводами, клітковиною, а також білками та жирами. Завдяки високій водопоглинальній здатності цитрусового борошна готові вироби тривалий час зберігають свіжість. [18].

Борошно з калини характеризується наявністю цукрів (6,5 %), вітаміну С (40 мг%), біофлавоноїдів (у перерахунку на рутин — 245 мг%), а також мінеральних і пектинових речовин, володіє високою водопоглинальною та

вологоутримуючою здатністю. Це сприяє підвищенню харчової та біологічної цінності, покращенню структурно-механічних властивостей, кольору, смаку та аромату готових виробів [19].

Введення у рецептуру бісквіта борошна тонкого помелу з чорноплідної горобини дозволило знизити загальну кількість засвоюваних вуглеводів на 15 %, а також збагатити виріб клітковиною і пектиновими речовинами на 2,04 %, білком — на 0,77 %, мінеральними елементами — на 50,4 %, у тому числі йодом, а також вітамінами, β -каротином, цитроном та антоціанами. Водночас спостерігалось зниження загальної енергетичної цінності бісквіта [20,21].

Виробництво продуктів дієтичного та лікувально-профілактичного призначення є актуальним завданням сучасної харчової промисловості. Одним із шляхів його реалізації є використання функціональних добавок у рецептурах борошняних кондитерських виробів. Особливе місце займають порошки на основі фруктово-овочевої сировини, які є технологічно придатними та містять широкий спектр фізіологічно важливих нутрієнтів, зокрема пектинові речовини, мікроелементи та вітаміни.

Доведено, що гарбузові, томатні, кабачкові, морквяні та бурякові порошки як інгредієнти для виробництва кондитерських виробів відповідають медико-біологічним нормам та сприяють регуляції біохімічних процесів в організмі [22].

Застосування низькокалорійного порошку з цукрових і столових буряків у борошняних кондитерських výroбах дозволяє знизити їх енергетичну цінність та виключити з рецептури висококалорійні компоненти, такі як меланж, вершкове масло і цукор. Такі вироби мають дієтичне та лікувально-профілактичне призначення завдяки високому вмісту харчових волокон і сприяють елімінації токсичних речовин та радіонуклідів з організму людини [23].

Морквяні та гарбузові порошки розглядають як натуральні концентрати пектинових речовин, каротину, вітамінів і мінеральних елементів. Вони відіграють важливу роль у регуляції обміну речовин та

підтриманні кислотно-лужного балансу завдяки вмісту калію та натрію, що підвищує харчову та біологічну цінність кондитерських виробів [24].

З додаванням гарбузового порошку виробляють пряники «Денсаулик» і «Жаналик», які відзначаються підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Завдяки низькому вмісту жиру і вуглеводів ці вироби рекомендуються як ефективні продукти для профілактики захворювань органів травлення, ожиріння та діабету [25].

Овочеві порошки також використовують у комбінації з молочними продуктами [26,27], що сприяє покращенню кольору та надання виробам специфічного смаку, а також збагачує їх β -каротином, мінеральними та пектиновими речовинами. Овочево-молочні порошки мають високий вміст вуглеводів, білків і жирів, що робить їх ефективними функціональними інгредієнтами у кондитерському виробництві. (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Харчова цінність овочево-молочних порошків

Назва порошку	Вміст основних речовини, г/100г		
	білки	жири	вуглеводи
Кабачково-молочний	16,0	12,0	66,0
Динно-молочний	15,0	14,0	64,2
Морквяно-молочний	13,1	6,6	80,3
Буряково-молочний	17,1	13,6	64,6

Перспективним компонентом для збагачення борошняних кондитерських виробів є порошок із шпинату, що містить до 33 % азотистих сполук, 15,1 % вуглеводів (без клітковини), 18,7 % клітковини, 3,0 % жирів, 5,6 % пектинових речовин, до 20 % мінеральних елементів та 2,15 % органічних кислот. Фізіологічна цінність даного порошку полягає у здатності підвищувати рівень гемоглобіну в крові та потенційно застосовуватися в профілактиці й терапії онкологічних захворювань [22].

Фруктово-ягідні порошки забезпечують борошняні кондитерські вироби важливими біологічно активними речовинами. Використання 3...10 % порошків та шротів із дикорослих ягід, таких як черемха, горобина, калина та

лимонник, дозволяє виключити з рецептури кислотні добавки, ароматизатори та барвники, водночас покращуючи органолептичні властивості виробів [23].

Досліджено вплив переробки чорниці звичайної на споживчі властивості та збереженість печива [24]. Встановлено, що використання продуктів переробки чорниці підвищує харчову цінність виробів, знижує їхню енергетичну цінність за рахунок часткової заміни цукру та жиру та подовжує термін придатності здобного печива.

Підвищення харчової цінності борошняних кондитерських виробів може досягатися також шляхом введення пюре та порошку з айви у кількості 3,5...8 %, що забезпечує надходження широкого спектра біологічно активних речовин [25].

Особливу увагу споживачів заслуговують вироби з додаванням мандаринової крупки та порошку з мандаринових вичавок, які збагачені мінеральними елементами, органічними кислотами та вітамінами Р і С [24].

Компанія А.Т. Producte Corp. (США) виробляє сушені фруктові пластівці (апельсинові, абрикосові, чорносмородинові, полуничні, грушеві, яблучні), що надають печиву та бісквіту натурального аромату свіжих фруктів. Яблучно-рисові гранули компанії Garison Products Inc. (США), отримані методом екструзії з яблучної пульпи та рисового борошна, можуть використовуватися як вологоутримуючий агент у борошняних кондитерських виробках [26].

Запропоновано новий порошкоподібний напівфабрикат для борошняних кондитерських виробів, який отримують шляхом напилення яблучного неосвітленого соку (9,6...11,6 % сухих речовин) на пшеничне борошно вищого ґатунку у співвідношенні 1:1 або 1:2. Фруктоза, що входить до складу напівфабрикату, надає виробам дієтичних властивостей та більш солодкого смаку, а аскорбінова кислота сприяє покращенню засвоєння заліза [27]. Використання пюре з горобини звичайної, чорниці, калини та гарбуза у складі пісочного печива сприяє покращенню смакових та ароматичних характеристик виробів, уповільнює утворення продуктів окислення та подовжує термін їх зберігання [28,29]. Оптимальною вважається

концентрація пюре на рівні 10 % від маси борошна, що дозволяє знизити витрати енергетично цінних компонентів рецептури (цукру, жиру, яєць) на 10...15 % [23].

У якості наповнювачів борошняних напівфабрикатів застосовують морквяне, бурякове, капустяне, яблучне, вишневе, чорносмородинове та динне пюре. Такі добавки підвищують вміст заліза, білків, пектинових речовин, клітковини та аскорбінової кислоти у виробках, що сприяє підвищенню імунобіологічної реактивності організму [30].

Пісочні вироби виготовляють з додаванням відварного протертого пюре з гарбуза, кабачків, буряка, моркви та картоплі, що особливо ефективно в регіонах вирощування або переробки відповідної сільськогосподарської продукції. Оптимальні пропорції заміни частини цукру та жиру такими овочами становлять: кабачки або гарбуз — 10 %, буряк або морква — 15 %, картопля — 20 %. Використання цих добавок дозволяє знизити енергетичну цінність виробів на 5...27 %, підвищити їх біологічну цінність та збільшити вихід готової продукції на 8...12 % [31].

Для начинок борошняних кондитерських виробів активно застосовують фруктові пюре, зокрема з бананів, ананасів, манго, гуави та абрикосів, що сприяє підвищенню харчової цінності виробів [32,33].

Джерелом харчових волокон, пектинових речовин та органічних кислот у борошняних кондитерських виробках можуть служити цукати з буряків, гарбуза, моркви, кабачків, горобини, яблук, груш та айви [31].

Для лікувально-профілактичних виробів для хворих на цукровий діабет доцільне використання інуліновмісних рослин — топінамбуру, цикорію, жоржин [34,35]. Українським державним університетом харчових технологій розроблено технології отримання сиропу, пюре, пасти та порошку з топінамбуру, багатого на інулін. Включення цих компонентів у рецептури дозволяє знизити вміст цукру, покращує функціонування серцево-судинної системи та стабілізує обмінні процеси. Крім фруктозанів, топінамбур містить пектинові речовини, мінеральні солі та вітаміни, що враховується при розробці нових рецептур дієтичного печива та бісквітних напівфабрикатів із

частковою заміною борошна і крохмалю та виключенням цукру, забезпечуючи поліпшення структурно-механічних властивостей виробів та подовження їхньої свіжості.

Корінь цикорію містить до 65 % легкозасвоюваних вуглеводів — інуліну та фруктози, тому настої та екстракти з нього рекомендовані при діабеті, а також захворюваннях печінки та нирок. Розроблено рецептури 18 видів кондитерських виробів, включно з вафлями та печивом, із використанням цикорію. Додавання цикорію підвищує біологічну цінність виробів, надає дієтичний та діабетичний ефект, формує помірну гіркоту, подібну до кави чи тертого какао, та забарвлює вироби в темно-коричневий колір. У поєднанні з сухим молоком цикорій забезпечує горіхово-шоколадний присмак і підвищує засвоюваність білків у чотири рази [37].

Цінною нетрадиційною добавкою є обліпиховий шрот, який містить значну кількість ліпідів, органічних кислот, клітковини, вітаміну С, мікро- та макроелементів, білки та пектин (3,2...4,6 %). Його використання дозволяє зменшити частку маргарину та борошна на 10...20 % і підвищити харчову цінність виробів.

Для виготовлення пряників рекомендується застосовувати концентрований фруктовий екстракт (КФЕ), отриманий з яблучного екстракту. Він багатий на мінеральні речовини, органічні кислоти та фруктозу, що робить його придатним для рецептур дієтичних продуктів. Повна або часткова заміна інвертного цукру чи меду на КФЕ покращує органолептичні властивості та структуру заварних пряників. [38].

Екстракт та порошок кропиви дводомної, введені до рецептури печива у кількості 0,25...3,24 %, сприяють покращенню якості та забарвлення виробів. Аналогічно, екстракт лакричного кореня з вмістом 50 % сухих речовин додають до рецептури пряників у співвідношенні 0,2...1 % від маси борошна, що дозволяє підвищити біологічну цінність виробів та забезпечити їх лікувально-профілактичну дію [35].

Особлива увага в наукових дослідженнях приділяється харчовим волокнам, які суттєво впливають на мінеральний, вітамінний та інші види

обміну речовин в організмі людини. Харчові волокна здатні зв'язувати і виводити нітрати, нітроти, феноли, пестициди, важкі метали та мікотоксини, а також регулювати ліпідний обмін. Включення їх до рецептури борошняних кондитерських виробів визначає лікувально-профілактичний характер продуктів. Основними джерелами харчових волокон є овочі, фрукти та неочищені злаки.

Німецька компанія “Могунція” виробляє препарат “Вітацель”, що отримується шляхом тонкого розмелу оболонки пшениці і складається на 98 % з целюлози та геміцелюлози. Внесення 2...5 % препарату до маси борошна у вафельну масу покращує структуру та стабільність тіста, підвищує харчову цінність виробів [39].

Використання пшеничних висівок (1 %) і борошна з зерна сорту Подільський (17,9...18,2 %) у складі крекери сприяє регуляції обміну жирів та мінеральних речовин в організмі людини [40]. При виготовленні низькокалорійного вівсяного печива та інших борошняних виробів із зменшеним вмістом борошна, цукру та жиру застосовували харчові волокна вівса, пшениці, соєвих бобів або їх суміші. Джерелом харчових волокон та цінною добавкою для печива є також розмелені оболонки насіння *Psyllium mucilloid* [83].

Дослідження показали, що капуста, цибуля, морква, бруква та картопля містять 1,3...4,2 г/100 г харчових волокон на сиру масу. Овочеві та фруктові порошки містять 5...12 % харчових волокон, а новий низькокалорійний порошок з бурякових вичавок містить до 90 % харчових волокон і може використовуватися у борошняних кондитерських виробках [34].

Пектин застосовується в кондитерському виробництві для поліпшення якості та уповільнення черствіння виробів. Цитрусовий пектин у кількості 0,07...2 % до маси борошна додають у заварні пряники [36], тоді як пектин з кавуна характеризується вищими комплексоутворюючими властивостями та водопоглинальною здатністю у порівнянні з цитрусовим пектином [37, 38]. Рекомендована кількість для борошняних виробів становить 1 % від маси

борошна, що сприяє підвищенню біологічної цінності продуктів та захисних реакцій організму.

Розширюється асортимент промислових напівфабрикатів для фруктових начинок із визначеними властивостями для рулетів, тістечок та пряників [29]. Для цього застосовують яблучний пектин класів AU-201, AU-202 виробництва “Хербстрайт” (ФРН) та цитрусовий пектин концерну “Геркулес” (США) [42]. Крім того, пектин з кошиків соняшника та коробочок бавовника покращує органолептичні властивості борошняних кондитерських виробів і відповідає вимогам стандарту.

Цінною харчовою добавкою є пшеничні зародки, які після термічної обробки при 130 °C і подрібнення у борошно містять 96–98 % сухих речовин, що включають білок (28...29 %), вуглеводи (23...24 %), жири (11...12 %), мінеральні речовини (5...6 %, включно з фосфором, кальцієм, цинком, міддю, селеном, бромом, магнієм, калієм, натрієм, залізом) та клітковину (15...16 %). Амінокислотний склад пшеничних зародків є добре збалансованим [44].

Після Чорнобильської катастрофи було розроблено харчові продукти радіопротекторної дії. До складу таких борошняних кондитерських виробів входять селективні речовини, що впливають на стронцій, зокрема альгінат натрію у вафлях “Бадьорість”. Також виробляють печиво “Еллада” та “Любисток” з додаванням еламіну. Печиво і пряники з ламінарією японською та цукристою відносять до профілактичних продуктів, оскільки вони збагачені альгіновою кислотою та різними макро- і мікроелементами (йод, марганець, кобальт, калій). [48].

Морська капуста збагачує борошняні кондитерські вироби альгіновими кислотами, манітом, пентозанами, вітамінами С, А, D, Е та групи В, а також йодом у кількості 0,24 % на суху речовину. Завдяки цьому печиво набуває радіопротекторних властивостей [49].

Для підвищення харчової, смакової та біологічної цінності борошняних кондитерських виробів застосовують також інші біологічно активні добавки. Наприклад, комбінація 50–85 % женьшеню з 15–50 % меду забезпечує виробам вишуканий смак [50]. Британська компанія Fox’s Biscuits

випускає крекери з прянощами та часником, що є прикладом використання пряно-ароматичних компонентів для поліпшення органолептичних властивостей продуктів.

Таким чином, з метою розширення асортименту борошняних кондитерських виробів, підвищення їх біологічної цінності, надання дієтичного та лікувально-профілактичного ефекту, поліпшення структури, збереження свіжості, заміни частини дорогої сировини та підвищення конкурентоспроможності на ринку до рецептури включають нетрадиційну сировину рослинного походження. До таких компонентів належать малопоширені види борошна, фруктові та овочеві пюре, пасти, порошки, пластівці, крупка, соєві білкові ізоляти, шроти та екстракти рідкісних рослин.

1.2 Застосування вторинних продуктів тваринництва для збагачення борошняних кондитерських виробів

Вторинні продукти, такі як шроти, білкові концентрати, сухе молоко та яєчні продукти, є перспективними компонентами для збагачення борошняних кондитерських виробів, оскільки вони підвищують вміст білка, амінокислотний склад та біологічну цінність продуктів. Застосування таких компонентів дозволяє не лише покращити харчові характеристики виробів, а й зменшити частку традиційних інгредієнтів, що забезпечує економічну ефективність виробництва та можливість створення дієтичних та лікувально-профілактичних продуктів.

Дослідження показали, що введення сухих молочних продуктів у складі печива та крекерів сприяє підвищенню вмісту легкозасвоюваного білка, кальцію, фосфору та інших мінеральних елементів. Аналогічно, використання яєчних продуктів (порошку яєць, яєчного білка) підвищує структуру тіста, покращує пористість та консистенцію готових виробів, забезпечуючи кращі органолептичні показники.

Білкові шроти та концентрати, отримані з м'яса та субпродуктів тваринного походження, дозволяють створювати кондитерські вироби з

підвищеною харчовою цінністю, збалансованим амінокислотним складом та покращеними фізико-хімічними властивостями. Використання цих компонентів особливо актуальне для функціональних та спеціалізованих продуктів харчування, орієнтованих на дієтичне, спортивне або профілактичне харчування.

Вторинні молочні продукти, такі як знежирене молоко, маслянка та сироватка, є цінною сировиною тваринного походження для виробництва печива, пряників, кексів, крекерів та інших борошняних кондитерських виробів. Зокрема, маслянка та знежирене молоко за вмістом білків та мінеральних речовин не поступаються цільному молоку. Використання таких продуктів у рецептурах дозволяє замінити висококалорійні та дорогі компоненти без зниження біологічної цінності виробів.

Хоча знежирене молоко та маслянка містять незначну кількість жиру, він має високу дисперсність, що сприяє легшому емульгуванню та кращому засвоєнню організмом. Водночас, у цих продуктах спостерігається менший вміст білків, незамінних амінокислот, мінеральних речовин та вітамінів [51].

Для раціонального використання сироватки, обмеженої терміном зберігання, розроблено низку продуктів: концентрована та згущена сироватка з кисломолочного сиру, суха підсирна та суха нейтралізована сироватка, демінералізована суха сироватка, глюкозогалактозний сироп, концентрат сухих білків підсирної сироватки, білкова маса із сироватки кисломолочного сиру, а також комплексні концентрати УК-1 та ВБК-1 [52].

Вторинні молочні продукти широко застосовуються у виробництві борошняних кондитерських виробів. Наприклад, печиво «Ягідне» виготовляється з додаванням сухого знежиреного молока та глюкозо-фруктозного сиропу у співвідношенні 1:2,5, що забезпечує збагачення виробу поживними речовинами молока при зниженій енергетичній цінності. Сухе знежирене молоко у співвідношенні 9,85 % та рослинна добавка Ераконд (0,20 %) використовуються у начинці вафель «Полюшко».

Поєднання різних видів вторинних молочних продуктів ефективно покращує якість борошняних кондитерських виробів. Зокрема, молочна

суспензія зі знежиреного молока та сироваткового білкового концентрату (1:2) застосовується у рецептурі цукрового печива «Російське», тоді як зтяжне печиво «Полянка» із сухим знежиреним молоком та глюкозою (1:3) рекомендоване для лікувально-профілактичного харчування [53].

Суша сироватка з кисломолочного сиру, змішана зі знежиреним молоком у співвідношенні 1:2, у печиві «Квінтет» замінює висококалорійні компоненти. Покращений мінеральний склад цукрового печива «Фруктове» досягається поєднанням сухої сироватки та морквяно-гарбузової підварки. У рецептурі зтяжного печива «Ера» використовується емульсія молочного маргарину із сухою сироваткою та масляною (1:0,5:2), що сприяє покращенню структури та органолептичних показників виробу.

При розробці нових рецептів пряників і кексів профілактичного призначення застосовують гідролізовану нейтралізовану сироватку з кисломолочного сиру, що підвищує харчову цінність та надає антибіотичних властивостей [53]. Позитивні результати отримано при використанні сухої молочної та згущеної підсирної сироватки у виробництві крекерів [54].

Для кондитерської промисловості також виробляються молочні білкові концентрати, такі як казеїнат натрію, сухий молочний білок та копреципітати з різним вмістом кальцію, які підвищують харчову цінність продукції, покращують її якість, збільшують вихід та сповільнюють черствіння. Використання молочних білкових копреципітатів забезпечує цукровому печиву «Бадьорість» та зтяжному «Усмішка» рівномірний колір, пористість та виражений смак і аромат. Заварні пряники «Урожайні» з 15,2 % згущеної молочної сироватки зберігають свіжість та мають м'яку структуру.

Погіршення екологічного стану в Україні та незбалансоване харчування населення сприяли поширенню залізодефіцитної анемії, що стимулювало розробку кондитерських виробів із чорним альбуміном, який містить гемове залізо. На основі сухої крові забійних тварин створено печиво «Південний Буг», «Альбумінове», «Шоколадно-альбумінове», вафлі «Тюльпан», кекси та торти з альбуміном. Використання чорного альбуміну дозволяє підвищити вміст тваринного білка та заліза у виробах.

Високоцінними збагачувачами для борошняних кондитерських виробів також є рибні білки тріски, минтая, хека, путасу, макруруса. Використання рибного наповнювача у виробництві печива «На здоров'я», «Марія», крекера «Рибка», галет «Апетитні» підвищує їх біологічну та органолептичну цінність.

Отже, застосування вторинних молочних продуктів (різних видів сироватки, маслянки, сухого та згущеного знежиреного молока, молочних білкових концентратів), сухої крові забійних тварин (чорного альбуміну) значно покращує харчову та біологічну цінність, органолептичні показники якості та асортимент борошняних кондитерських виробів, одночасно забезпечуючи економію сировинних ресурсів та зниження собівартості продукції. Разом із тим, аналіз практики вітчизняних та зарубіжних підприємств свідчить про недостатнє використання продуктів тваринного походження у виробництві крекерів.

1.3 Аналіз технології та складу та функціональної ролі основних компонентів крекерного тіста

Крекери є популярними борошняними кондитерськими виробами, які характеризуються високою пористістю, хрусткою структурою та тривалим терміном зберігання. Якість і органолептичні властивості крекерів значною мірою визначаються складом крекерного тіста та взаємодією його компонентів. Технологічні, харчові та функціональні характеристики виробів залежать від правильного підбору та співвідношення основних інгредієнтів: борошна, жирів, білкових добавок, цукру, солі та води, а також від використання вторинних продуктів тваринного походження.

Борошно є базовим компонентом крекерного тіста та визначає його клейковинні властивості, текстуру і здатність утримувати гази, що утворюються під час випікання. Для крекерів зазвичай застосовують пшеничне борошно високого або середнього ґатунку, яке забезпечує достатній вміст білків і клейковини. Вміст глютену визначає еластичність тіста, здатність формувати тонку, рівномірну структуру та забезпечує

пористість готового виробу. Житнє та сумішеве борошно використовують для поліпшення харчової цінності і надання специфічного смаково-ароматичного профілю виробам.

Жирові компоненти (маргарин, вершкове масло, рослинні олії) виконують важливу функцію емульгування, покращують пластичність тіста та структуру виробів. Вони формують шарувату текстуру, сприяють рівномірному підрум'яненню скоринки і підвищують органолептичні показники. Застосування сумішей молочних і рослинних жирів дозволяє оптимізувати енергетичну цінність і структуру крекерів. Жир також впливає на термін зберігання виробів, запобігаючи черствінню та утворенню крихкості.

Найбільш нестійкими компонентами крекерів є жири. Харчова та біологічна цінність жирів визначається кількісним і якісним складом поліненасичених есенціальних жирних кислот, які характеризуються високою схильністю до окислення киснем повітря. Під час зберігання змінюються органолептичні властивості жирів, і залежно від ступеня автоокислення відчувається погіршення смаку та аромату [58].

Прогірклість жирів виникає внаслідок складних хімічних та біохімічних процесів. Залежно від механізму її розвитку розрізняють два основні типи: окислювальну та гідролітичну, кожен з яких можна поділити на автокаталітичну (неферментативну) та ферментативну (біохімічну) [59].

Окислювальна прогірклість є найпоширенішою під час зберігання жирів. Вона базується на ланцюгових радикальних процесах із виродженим розгалуженням. Первинними продуктами цього процесу є гідроперокси, які в подальшому перетворюються на різноманітні сполуки: насичені та ненасичені альдегіди, кетони, моно- та дикарбонові кислоти, альдегідокислоти, кетокислоти та їхні ефіри, гідроокисполуки, епоксиди та полімери. Більшість цих речовин відповідає за розвиток присмаку прогіркості, а леткі сполуки – за зміну аромату.

Ферментативна окислювальна прогірклість (кетонна) характерна для жирів, тригліцериди яких містять середньо- та низькомолекулярні насичені

жирні кислоти та значну кількість вологи. Вона спостерігається при ураженні пліснявою (*Aspergillus*, *Penicillium* та ін.) вершкового масла і маргарину. Механізм кетонної прогірклості включає гідролітичне розщеплення жиру з виділенням вільних жирних кислот, їх β -окислення та декарбоксилування, що призводить до накопичення алкілметилкетонів із характерним неприємним запахом.

Гідроліз жирів відбувається у присутності води, а швидкість і глибина розщеплення залежать не лише від співвідношення води і жиру, а й від їхнього розподілу. Автокаталітичний гідроліз відбувається у жировій фазі, де вода емульгована, тоді як ферментативний – на поверхні контакту жиру та води. Ферментативний процес зумовлений присутністю ліполітичних ферментів, що містяться у жирах або утворюються внаслідок розвитку небажаної мікрофлори.

При контакті жирів з киснем автоокислення може протікати навіть при кімнатній температурі через схильність поліненасичених жирних кислот до радикальних реакцій. В результаті утворюються специфічні продукти окислення тригліцеридів, що спричиняють появу небажаних присмаків і запахів (олієстий, салистий, окислений, металевий, рибний, прогірклий). Основними винуватцями цих змін є карбонільні сполуки, які навіть у незначних концентраціях можуть значно погіршувати органолептичні властивості.

Одним із негативних наслідків автоокислення є втрата вітамінної цінності жирів через руйнування поліненасичених жирних кислот та деградацію вітамінів продуктами окислення. Продукти окислення жирів, зокрема вільні радикали, перекисні та карбонільні сполуки, проявляють високу хімічну активність, взаємодіючи з білками і формуючи міцні, нерозчинні у воді та органічних розчинниках комплекси, стійкі до ферментативного розщеплення.

Механізм автоокислення молекулярним киснем пояснюється теоріями ланцюгових розгалужених реакцій з виродженим розгалуженням. Ініціація реакцій починається з утворення вільних радикалів у результаті розриву

найбільш слабких ковалентних зв'язків – С–С або С–Н. Швидкість і характер процесу залежать від складу та структури гліцеридів, наявності кисню, каталізаторів, інгібіторів і дії різних форм енергії. Ненасичені жирні кислоти та деякі жироподібні речовини є найбільш схильними до автоокислення, проте спонтанне окислення можливе і для насичених кислот, особливо високомолекулярних.

Роль кисню є критичною, оскільки гліцериди здатні його розчиняти, а участь кисню у формуванні вільних радикалів значно знижує енергію активації реакції. Ініціація ланцюгових реакцій може потребувати слідів важких металів (мідь, залізо, олово, свинець), що присутні у жирах як солі жирних кислот або у складі фосфатидів [59].

Процес автоокислення характеризується чергуванням реакцій розширення ланцюга та його обриванням, що встановлює стаціонарну кінетично-рівноважну концентрацію радикалів. Інгібіторну дію на ці реакції можуть чинити природні супутні компоненти жирів та додані антиоксиданти.

Таким чином, автоокислення жирів призводить до накопичення численних продуктів, що погіршують органолептичні показники, знижують біологічну цінність, спричиняють втрату вітамінів і зміну інших речовин. Для оцінки споживних властивостей жирів і жировмісних продуктів важливо застосовувати показники, які найбільш об'єктивно відображають якість.

Білкові компоненти виконують структуроутворюючу, харчову та функціональну роль. До них належать:

- Вторинні молочні продукти (сухе знежирене молоко, маслянка, сироваткові білкові концентрати), які збагачують тісто незамінними амінокислотами, білками та мінеральними речовинами, покращують структуру та пористість виробів, а також підвищують їх біологічну цінність.
- Чорний альбумін із сухої крові забійних тварин використовується для підвищення вмісту гемового заліза, що актуально для профілактики залізодефіцитної анемії.
- Рибні білкові концентрати підвищують харчову цінність та

органолептичні показники крекерів, роблячи їх більш функціональними продуктами харчування.

Цукор у крекерному тісті використовується для регулювання смаку, підвищення колірної інтенсивності скоринки через реакції карамелізації та Маяра, а також для покращення текстури та еластичності тіста. Сіль регулює смакові властивості, впливає на гідратацію білків і стабілізацію клейковини, а також підвищує тривалість зберігання готових виробів.

Вода забезпечує гідратацію клейковини та білків, утворення емульсій із жирами та рівномірне розподілення сухих компонентів. Рідкі інгредієнти, такі як молоко, маслянка або сироватка, сприяють поліпшенню пластичності тіста, його вологозбереженню та органолептичним показникам готового виробу.

Використання концентрованих молочних білкових продуктів, сироватки, альбуміну та рибних білків дозволяє значно підвищити харчову, біологічну та функціональну цінність крекерів. Такі добавки сприяють покращенню структури та пористості, збільшенню вмісту білка та мінералів, надають виробам спеціалізованого харчового призначення (лікувально-профілактичного або дієтичного).

Для забезпечення якості крекерів різного асортименту рецептурні компоненти мають бути повноцінними, володіти добрими органолептичними характеристиками (смак, запах, колір) і зберігати свої властивості протягом усього терміну зберігання. Крім того, для крекерів характерні зміни твердості та крихкості під час зберігання, що зумовлені трансформаціями білків і крохмалю. Під час черствіння відбувається розривання та перерозподіл водневих зв'язків, які утримують молекули води між білками і вуглеводами.

Встановлено, що з подовженням строку зберігання виробів, крохмаль стає більш жорстким, знижується його здатність до набухання і розчинності у воді. Одночасно з цим спостерігається повернення кристалічної структури крохмалю – ретроградація. Роботами вчених [60] встановлена залежність зміни швидкості черствіння виробів від температури, тобто черствіння прискорюється з підвищенням температури, і навпаки, гальмується при більш

низьких температурах, аж до точки замерзання. Це було підтверджено роботами Арані з використанням термографічного методу на вивченні змін крохмалю за температур 1, 10, 21⁰С. Швидкість змін крохмалю за температури 1 і 10⁰С практично однакова, але при 21⁰С вона значно вища. Всі ці дослідження свідчать, що крохмаль має виняткове значення в процесі черствіння борошняних кондитерських виробів. Доведено також, що низькі мінусові температури затримують черствіння виробів. За таких умов процес черствіння аналогічний процесу кристалізації високополімерних речовин. Швидкість кристалізації збільшується із переохолодженням, проходить через максимум, а потім знижується при 0⁰С, коли рухомість молекул недостатня для того, щоб відбулась кристалізація. На думку одного із спеціалістів з крохмалю, явище черствіння виробів полягає у зворотній агрегації амілопектину. Зміни розчинності амілози борошняних виробів під час зберігання встановиливчені, Каур, Есрафі, Гебремаріам, Драгоне [71-76]

Заслуговує на увагу теорія черствіння виробів, яка ґрунтується на тому, що під час зберігання відбувається агрегація амілози та амілопектину. Це явище може бути загальмовано утворенням комплексів крохмальних полісахаридів з ліпідами або білковими речовинами.

Дослідження вчених свідчать про те, що крохмаль має виняткове значення в процесі черствіння виробів і дають теоретичне обґрунтування способам його затримки.

Під час зберігання виробів відбуваються зміни гідратованих білків клейковини, які проявляються у зниженні гідратаційної властивості і віддачі вільної води. Ці зміни обумовлені денатурацією білків.

Рецептурні компоненти крекерів обумовлюють зміну якості під час зберігання. Особливе значення мають жири, зіпсуття яких погіршує, в першу чергу, органолептичні показники. Це явище обумовлює використання компонентів, які здатні гальмувати процеси окислення та гідролізу ліпідів.

Аналіз основних компонентів крекерного тіста показує, що їх взаємодія визначає технологічні, харчові та органолептичні властивості виробів. Рациональне використання вторинних продуктів тваринного походження та

білкових концентратів дозволяє оптимізувати рецептури, підвищити біологічну цінність і функціональність крекерів, забезпечити економію сировини та зниження собівартості продукції, що є актуальним для сучасної борошняної кондитерської промисловості.

1.4 Використання шроту льону як функціональної добавки у виробництві крекерного тіста

У контексті сучасного розвитку харчової промисловості, що орієнтується на виробництво борошняних кондитерських виробів із підвищеною харчовою та біологічною цінністю, особливої актуальності набуває питання пошуку і впровадження нових, нетрадиційних видів сировини рослинного походження. Використання таких інгредієнтів дозволяє не лише збагатити продукти необхідними нутрієнтами, вітамінами та мікроелементами, але й розширити асортимент продукції, відповідати сучасним вимогам здорового харчування, а також задовольнити потреби споживачів, які віддають перевагу функціональним продуктам. Крім того, інтеграція нетрадиційної сировини у виробництво кондитерських виробів сприяє розвитку інноваційних технологій, оптимізації рецептур та підвищенню конкурентоспроможності підприємств на ринку харчових продуктів [61]

Льон (*Linum usitatissimum* L.) є цінною сільськогосподарською культурою, насіння якої широко використовується як у харчовій промисловості, так і у фармацевтиці рисунок 1.1.

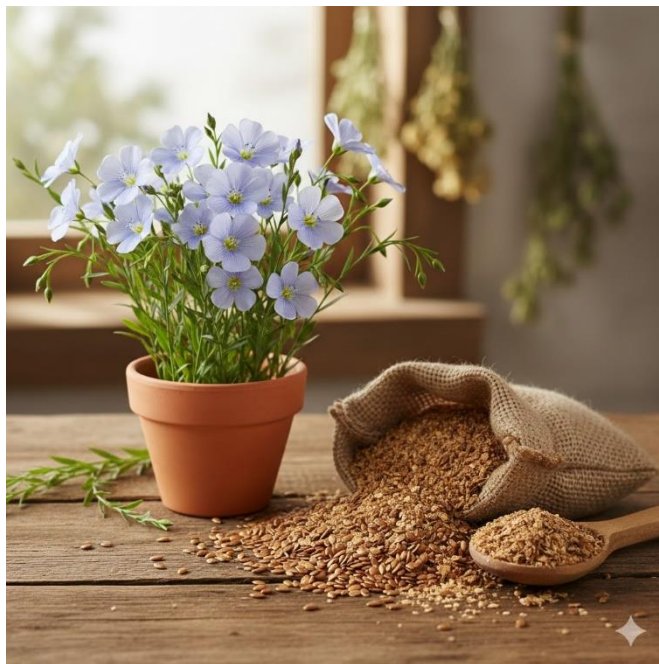


Рисунок 1.1 – Льон (*Linum usitatissimum* L.)

Основна харчова цінність насіння льону визначається високим вмістом біологічно активних речовин, зокрема:

- білки – 20...25% сухої маси, багаті на незамінні амінокислоти, що сприяють підтримці білкового балансу організму.
- жири – 35...45%, з переважанням поліненасичених жирних кислот, зокрема омега-3 (альфа-ліноленова кислота), які мають антиатерогенну та протизапальну дію.
- клітковина – до 28%, у тому числі розчинна і нерозчинна, що позитивно впливає на травлення та мікрофлору кишечника.
- ліганди – природні фітоестрогени, які знижують ризик розвитку серцево-судинних та гормонально-залежних захворювань.

Вітаміни та мікроелементи – B₁, B₂, B₆, E, магній, кальцій, залізо, цинк, що забезпечують антиоксидантну та імуномодулюючу дію.

Використання насіння льону або шроту, що є продуктом його переробки, у виробництві крекерів та інших борошняних виробів дозволяє підвищити їх харчову цінність і забезпечити функціональні властивості продукту.

Шрот насіння льону (ШНЛ) (рисунок 1.2.) є високоцінним вторинним ресурсом олійно-жирової промисловості, який набув значного значення як функціональна добавка у харчовій технології. ШНЛ являє собою твердий залишок, що утворюється після вилучення олії з насіння льону (*Linum usitatissimum* L.).



Рисунок 1.2. – Шрот з насіння льону

Його виняткова цінність визначається унікальним і збалансованим хімічним складом, що забезпечує низку важливих фізіологічно-функціональних властивостей. Хімічна природа та функціональні властивості ШНЛ Білковий комплекс є однією з домінуючих складових ШНЛ, вміст якого може варіюватися від 30% до 40%. Ці білки характеризуються високою біологічною цінністю та збалансованим профілем незамінних амінокислот, що робить ШНЛ ефективним збагачувачем для продуктів, де спостерігається дефіцит білка (наприклад, у борошняних кондитерських виробках). Особливе місце у складі ШНЛ займають харчові волокна, концентрація яких досягає 30...45%. До цієї фракції входять як нерозчинні волокна, що сприяють нормалізації перистальтики, так і значна частка водорозчинних муцилагінних полісахаридів (слизу). При контакті з водою ці полісахариди утворюють високов'язкі гелі, що зумовлює їхні виражені гідроколоїдні та емульгувальні властивості. Внаслідок цього ШНЛ здатен підвищувати вологоутримувальну здатність тістових систем та виступати як природний стабілізатор емульсій. Крім того, ШНЛ є лідером серед рослинних

джерел за вмістом лігнанів, зокрема секоїзоларіцірезинолу диглікозиду (SDG) [62] Ці поліфенольні сполуки демонструють потужну антиоксидантну активність та фітоестрогенну дію, забезпечуючи профілактичний потенціал проти низки хронічних захворювань. Залишкова частка лляної олії (зазвичай 5...10%) зберігає високу концентрацію поліненасичених ω -3 жирних кислот (альфа-ліноленової кислоти), що є важливим для корекції ліпідного профілю збагаченого продукту.

Методи одержання шроту льону та якісні параметри рисунок 1.3.

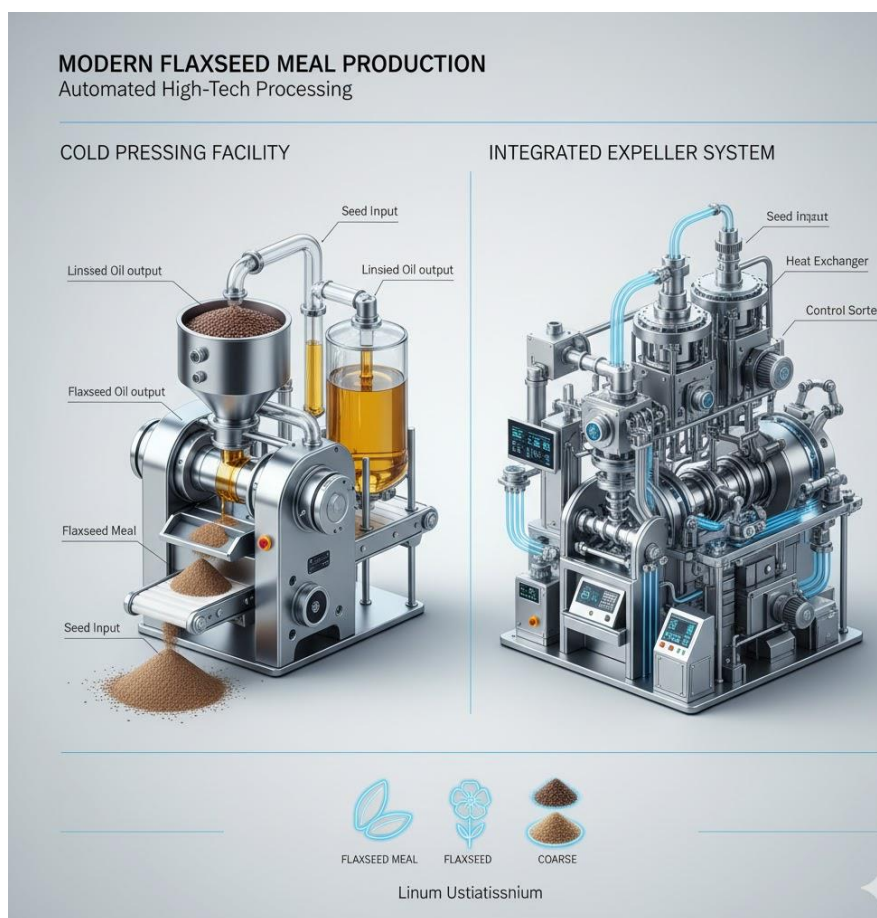


Рисунок 1.3 – Технологія отримання шроту насіння льону.

Якість та функціональність отриманого шроту безпосередньо залежать від технології вилучення олії з насіння. Існують два основні промислові методи, які формують різні види кінцевого продукту: 1. Механічне пресування (Віджим) Цей метод базується на механічному впливі (пресуванні) для відокремлення олії. Він може бути реалізований як холодним, так і гарячим способом, що суттєво впливає на кінцеві характеристики шроту (який у цьому випадку часто називають лляною макухою). Холодне пресування: Виконується

при низьких температурах (зазвичай до 40...50°C). Це забезпечує мінімальну денатурацію білка та максимальне збереження нативних структур функціональних компонентів (вітамінів, поліфенолів). ШНЛ, отриманий холодним пресуванням, має вищу біологічну цінність і є кращим для харчового призначення, хоча вміст залишкового жиру в ньому вищий (близько 8–10%). Гаряче пресування: Перед віджимом насіння піддається термічній обробці (просмажуванню). Хоча це підвищує вихід олії, високі температури викликають часткову денатурацію білків і можуть знижувати активність деяких термолабільних антиоксидантів. Перевага полягає у кращій мікробіологічній чистоті та стабільності продукту, а також у меншому вмісті залишкового жиру (5...7%). 2. Екстракція органічними розчинниками. [63]

Цей метод використовується для досягнення максимального виходу олії та мінімального вмісту жиру у шроті (менше 1...2%). Процес: Жир вилучається за допомогою органічних розчинників (наприклад, гексану), часто після попереднього пресування. Інтенсивна обробка високими температурами та застосування розчинників призводить до суттєвої денатурації білкового комплексу. Це може погіршити функціонально-технологічні властивості білка (наприклад, його розчинність). [64]. З огляду на необхідність видалення залишків розчинників, такий шрот обмежено використовується для збагачення харчових продуктів і частіше спрямовується на кормові цілі. Таким чином, для виробництва функціональних борошняних кондитерських виробів найбільш обґрунтованим є застосування шроту льону, отриманого методом холодного пресування, що гарантує максимальне збереження біологічно активних речовин і забезпечує необхідні технологічні властивості.

Введення шроту льону у крекерне тісто, яке зазвичай є низьковологісним, хімічно розпушеним і потребує високої пластичності та розпливання (для формування хрусткої та шаруватої структури), має як переваги, так і технологічні виклики [65-67] :

- збільшення вологопоглинальної здатності: лляний шрот містить водорозчинні полісахариди (слиз), які активно поглинають воду. це призводить до зростання в'язкості та консистенції тіста, що є важливим

для крекерів, які готуються з м'якого борошна з низькою клейковиною

- формування структури: водорозчинний слиз льону виступає як натуральний гідроколоїд та емульгатор, сприяючи кращому зв'язуванню вологи і рівномірному розподілу жирової фази, що може позитивно впливати на ніжність готового крекера.
- зниження розпливання (спреду): високий вміст білка та харчових волокон у шроті може обмежувати розпливання тістових заготовок під час випікання. Для крекерів, де розпливання є ключовим показником якості, це може вимагати корекції.
- погіршення органолептики: внесення надмірної кількості шроту (понад 10% до маси борошна) може надати крекеру грубуватий смак або виражений горіховий/трав'яний присмак, а також збільшити твердість продукту

Крекери, збагачені шротом льону, набувають статусу функціонального продукту з такими перевагами:

- значне підвищення вмісту білка, харчових волокон та антиоксидантів.
- крекери набувають приємного золотистого кольору та легкого горіхового аромату.
- харчові волокна, що утримують вологу, можуть подовжувати термін хрусткості (crispness) та свіжості продукту.

Таким чином, шрот льону є перспективним інгредієнтом, який дозволяє перетворити традиційний борошняний кондитерський виріб на джерело цінних фізіологічно-функціональних інгредієнтів.

Висновки до розділу 1

На підставі аналітичного огляду сучасної науково-технічної літератури з теми кваліфікаційної роботи можна сформулювати низку узагальнених висновків:

1. У багатьох країнах світу для збагачення борошняних кондитерських виробів незамінними амінокислотами, харчовими

волокнами, мінеральними елементами та вітамінами використовують нетрадиційні види борошна. Так, гречане борошно містить до 12...14 % білка, багатого на лізин і триптофан; соєве борошно характеризується високим вмістом ізофлавоноів та до 40 % білка; люпинове борошно забезпечує 30...35 % білка та значну кількість харчових волокон; борошно з нуту має високий вміст білка (≈ 20 %) і мікроелементів (залізо, магній). Крім того, до складу виробів включають порошки цитрусових, калини, чорноплідної горобини та інших плодів і ягід, що забезпечує додаткове надходження вітамінів С, А, Е, каротиноїдів та фенольних сполук.

2. Для поліпшення харчової та біологічної цінності виробів застосовують біологічно активні добавки: соєві білкові ізоляти (90...95 % білка), пшеничні зародки (12...15 % білка, 8...10 % жирів, вітаміни групи В), шрот обліпихи (≈ 10 % білка, ≈ 5 % жирів, вітамін Е), альгінат натрію (технологічний загущувач і джерело поліфенолів), напівфабрикати з морської капусти та рослинні екстракти. Такі добавки не лише збільшують вміст білка, мінералів і харчових волокон, а й підвищують антиоксидантну активність виробів, сприяючи збереженню органолептичних властивостей під час зберігання.

3. Одним із перспективних напрямків підвищення харчової та біологічної цінності борошняних кондитерських виробів є використання нетрадиційної тваринницької сировини (знежирене молоко, маслянка, сироватка), яка забезпечує додаткові функціональні властивості та підвищує вміст високоякісного білка, кальцію, фосфору та інших мікроелементів.

4. Харчова та біологічна цінність виробів значною мірою визначається лабільними компонентами, зокрема жирами, які є чутливими до окислення під час зберігання. Для подовження термінів придатності печива, пряників, кексів, тортів, крекерів та вафель застосовують природні антиоксиданти рослинного походження, зокрема токоферолі, каротиноїди, флавоноїди, які містяться у шротах, порошках ягід та фруктів, а також у насінні льону.

5. Водночас наукові дослідження показують недостатню розробленість використання нетрадиційної сировини для виробництва крекерів із підвищеною біологічною цінністю, що могли б бути конкурентоспроможними на ринку. Особливо мало досліджено оптимальні рецептурні комбінації та концентрації рослинних і тваринних добавок, що забезпечують баланс смакових, технологічних та біологічних показників.

6. Проведений аналіз літератури підтверджує перспективність застосування шроту з насіння льону як біологічно активної та технологічної добавки. Шрот льону містить 20...25 % білка, 30...40 % жирів, до 35 % харчових волокон, а також ліганди та омега-3 поліненасичені жирні кислоти, що позитивно впливають на функціональні властивості крекерів, підвищують їх харчову цінність, поліпшують текстуру, зменшують крихкість і сприяють формуванню більш рівномірної пористої структури.

РОЗДІЛ 2

ОБЄКТИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

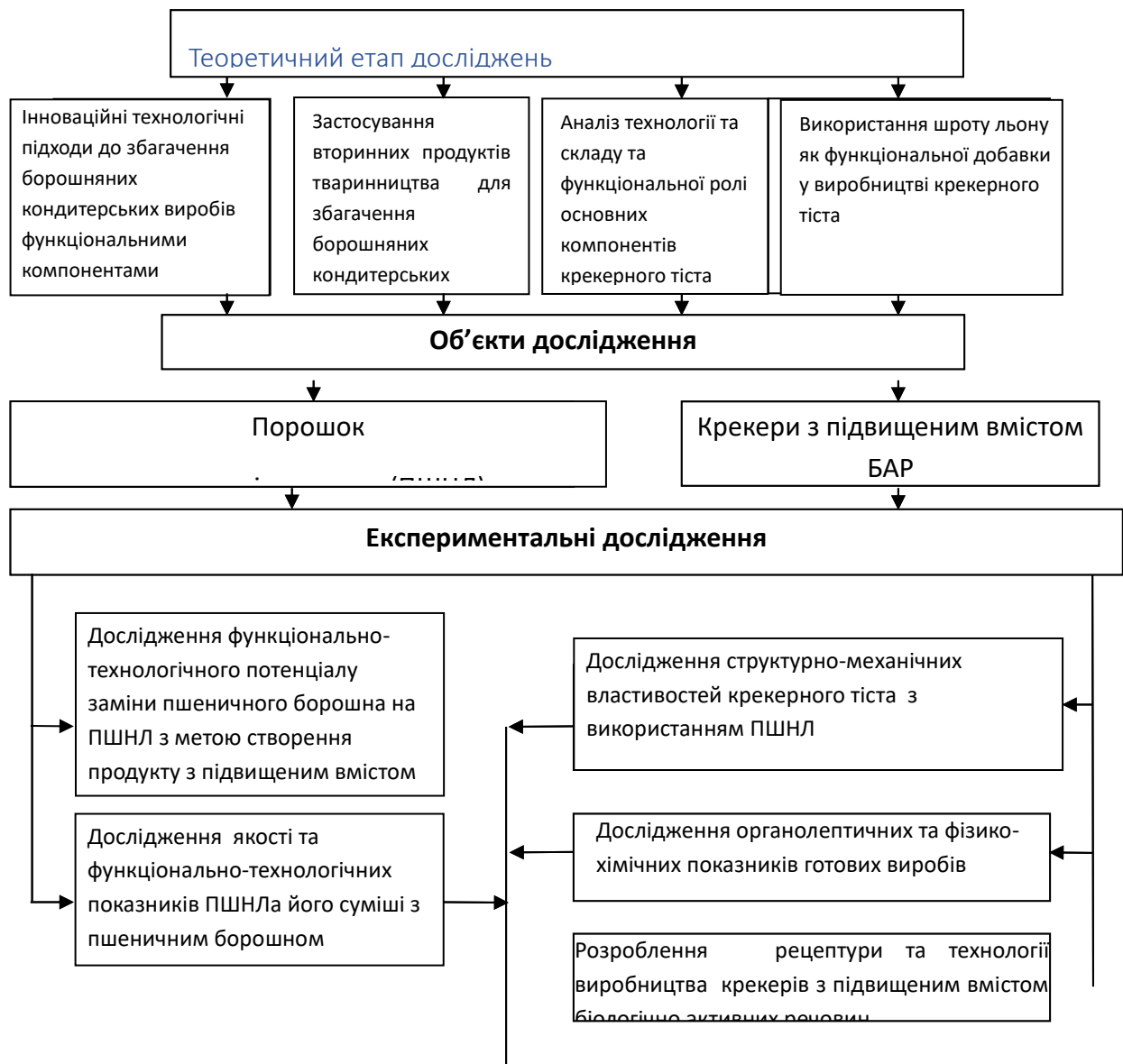
2.1. Схема проведення досліджень

Для створення технології виробництва крекерів підвищеної харчової та біологічної цінності із застосуванням порошку шроту насіння льону необхідним є всебічне вивчення його фізико-хімічних характеристик та встановлення закономірностей впливу на формування структурно-механічних властивостей тіста. Окремої уваги потребує дослідження зміни фізико-хімічних показників, органолептичних характеристик та споживчих властивостей готових виробів під час внесення різних концентрацій порошку льонового шроту. На основі отриманих результатів передбачалося розроблення науково обґрунтованої

технології виробництва крекерів, збагачених біологічно активними речовинами, притаманними льону.

З урахуванням поставлених дослідницьких завдань нами була сформована й структурована програма експериментальних робіт (рис. 2.1), що охоплювала етапи від підготовки сировини до аналітичної оцінки характеристик готової продукції. У ході дослідження визначено вплив різних рівнів дозування порошку шроту насіння льону на комплекс показників якості крекерів, включаючи текстурні, фізико-хімічні та органолептичні параметри.

У дослідних рецептурах крекерів передбачалося часткове заміщення пшеничного борошна на порошок шроту насіння льону, що дозволяло підсилити функціональні властивості виробів. Заміна здійснювалася в межах 5...10 % від кількості, передбаченої базовою рецептурою. Такий підхід забезпечував можливість оцінити синергічний ефект поєднання пшеничного борошна та порошку льонowego шроту щодо підвищення харчової цінності готової продукції.





Рисунк 2.1. - Програма проведення

Готові крекери оцінювали за стандартизованими показниками, що комплексно характеризують якість борошняних кондитерських виробів: вміст вологи, кислотність, масову частку жиру, пористість, крихкість, колір, смак, запах та інші органолептичні властивості. На підставі отриманих даних було підготовлено проекти нормативної документації, зокрема технічних умов і технологічних інструкцій, необхідних для впровадження удосконаленої технології у виробничу практику.

Експериментальні дослідження виконувалися на базі кафедри технологій харчових виробництв і ресторанного господарства Полтавського університету економіки і торгівлі в межах науково-дослідної теми «Розроблення і удосконалення технологій харчових продуктів з використанням вторинної сировини» (№ держреєстрації 0121U113848), що забезпечило науково-методичну підтримку та можливість проведення комплексних досліджень.

2.2. Об'єкти та матеріали наукових досліджень

У процесі виконання магістерської роботи об'єктом дослідження було визначено технологію приготування тіста для виробів із крекерного тіста,

зокрема комплекс його структурно-механічних, фізико-хімічних та органолептичних характеристик, що формуються під впливом різних факторів сировинного складу та режимів оброблення. Предметом дослідження виступають порошок шроту насіння льону (ПШНЛ) як функціонально цінна добавка, а також готові вироби з крекерного тіста, отримані із застосуванням цієї нетрадиційної рослинної сировини.

Для виготовлення дослідних зразків борошняних виробів було використано борошно пшеничне як основну структуроутворювальну сировину та порошок шроту насіння льону, що виконував роль збагачувального інгредієнта з підвищеним вмістом харчових волокон, білкових речовин, ліноленової кислоти та біологічно активних компонентів.

Під час проведення лабораторних експериментів застосовували сировину, якість якої відповідала чинним вимогам нормативної документації. До переліку використаної сировини входили::

- борошно пшеничне: Регламентується ДСТУ 46.004:2003 «Борошно пшеничне. Технічні умови» (чинний).
- вода питна: Регламентується ДсанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (чинний).
- цукор білий кристалічний: Слід використовувати ДСТУ 4623:2023 «Цукор білий. Технічні умови». Зверніть увагу: стандарт ДСТУ 4623:2006 скасовано.
- сіль кухонна харчова: Регламентується ДСТУ 3583:2015 «Сіль кухонна. Загальні технічні умови» (чинний).
- масло вершкове: Регламентується ДСТУ 4399:2005 «Масло вершкове. Технічні умови» (чинний).
- яйця курячі харчові: Регламентується ДСТУ 5028:2008 «Яйця курячі харчові. Технічні умови» (чинний).
- насіння льону: ДСТУ 4967:2008 Насіння льону олійного для перероблення. Технічні умови

У процесі проведення експериментальних досліджень використовували пшеничне борошно вищого ґатунку, хлібопекарські властивості якого подано у таблиці 2.1. Аналіз результатів визначення основних фізико-хімічних показників

дає підстави класифікувати це борошно як таке, що має середній рівень хлібопекарських властивостей, що є характерним для сировини, придатної для виробництва борошняних кондитерських виробів, зокрема крекерів. Окрім традиційної її сировини, у дослідженнях застосовувався порошок шроту насіння льону, який виступав функціональним інгредієнтом, спрямованим на підвищення харчової та біологічної цінності готових виробів. Льоновий шрот характеризується високим вмістом білкових речовин, харчових волокон, поліненасичених жирних кислот та комплексу біологічно активних компонентів, що обумовлює його перспективність для збагачення рецептур борошняних виробів дієтичного та профілактичного призначення.

Застосування зазначених видів сировини дало змогу отримати достовірні експериментальні дані та оцінити вплив порошку льонового шроту на технологічні, структурно-механічні й органолептичні характеристики крекерного тіста та готової продукції..

Таблиця 2.1 - Хлібопекарні властивості борошна пшениці

Показники якості	Борошно, яке використовувалося для досліджень	За ДСТУ та рекомендаціями
Вологість, %	13,50	Не більше 15,00
Газоутворювальна здатність, см ³ CO ₂ /100г	1400,00	1300-1600
Пружність клейковини на приладі ВДК-1 од. пр.	58,00	55-75
Розтяжність клейковини, см	12,00	10-20
Кислотність, град	2,80	3,00

Експериментальні дослідження проводилися на базі науково-дослідних лабораторій кафедри технологій харчових виробництв і ресторанного господарства Полтавського університету економіки і торгівлі, що забезпечило належні умови для виконання аналітичних, фізико-хімічних та технологічних випробувань. Лабораторна база кафедри оснащена сучасним обладнанням для визначення показників якості сировини та готової продукції, що дало змогу здійснити комплексну оцінку впливу порошку шроту насіння льону на властивості крекерного тіста та кінцевих виробів. Отримані результати

експериментальних досліджень сформували наукове підґрунтя для подальшого вдосконалення технологічних параметрів виробництва крекерів підвищеної харчової цінності.

2.3. Методи досліджень

Якість сировини, що застосовувалася у виробництві борошняних кондитерських виробів, здійснювали шляхом контролю органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників, що дозволяло забезпечити її відповідність вимогам чинної нормативної документації та гарантувати безпечність і стабільність технологічного процесу.

У дослідженнях використовували як загальноприйняті (стандартні) методи аналізу, передбачені ДСТУ та методичними інструкціями, так і спеціальні або модифіковані підходи, адаптовані до особливостей функціональної сировини — порошку шроту насіння льону. Застосування комбінованого підходу дозволило отримати поглиблену характеристику технологічних властивостей компонентів та їх впливу на формування структури тіста й якість готових виробів.

Розширений спектр методів забезпечив підвищену точність досліджень і дав змогу комплексно оцінити придатність сировини до використання у рецептурі крекерів підвищеної харчової та біологічної цінності. (табл. 2.2)

Таблиця 2.2 - Стандартні методи дослідження основної сировини

№ п/п	Групи	Методи досліджень	Нормативні документи
1.	Фізико—хімічні	Визначення масової частки вологи в борошні	ДСТУ 4910:2008 Вироби кондитерські. Методи визначення масових часток вологи та сухих речовин
		Визначення титрованої кислотності в борошні	ДСТУ 5024:2008 Вироби кондитерські. Методи визначання кислотності та лужності

№ п/п	Групи	Методи досліджень	Нормативні документи
		Методи визначання цукрів	ДСТУ 5059:2008 Вироби кондитерські. Методи визначання цукрів
		Метод визначення здатності до намокання	ДСТУ 5023:2008 Вироби кондитерські борошняні. Метод визначення здатності до намокання
		Методи визначання кислотності та лужності	ДСТУ 5024:2008 Вироби кондитерські. Методи визначання кислотності та лужності
		Визначення вмісту білка в фотометричним методом	ДСТУ ISO 5983:2003
		Визначення вмісту сирової клітковини ваговим методом	ДСТУ ISO 6541:2005
		Визначення масової частки золи	ДСТУ 4672:2006 Вироби кондитерські. Методи визначення золи і металоманітних домішок

Пшеничне борошно вищого ґатунку, що застосовувалося в експериментальних дослідженнях, оцінювали із використанням загальноприйнятих стандартизованих методик, передбачених чинними нормативними документами. Контроль якості здійснювали за такими показниками: вологість, титрована кислотність, вміст сирової клейковини, а також фізичні властивості клейковини, які визначали на приладі ВДК-1. Показники розтяжності та розпливання клейковинної кульки досліджували відповідно до методики, що забезпечило можливість комплексної оцінки хлібопекарських властивостей борошна та його придатності до виробництва крекернаго тіста.

Оцінювання якості готових кондитерських виробів здійснювали на основі загальноприйнятих методів контролю, що регламентуються чинною нормативною документацією, наведеною у таблиці 2.3. Дослідження включали визначення органолептичних характеристик, фізико-хімічних параметрів та показників, що відображають структурно-механічні властивості продукції, що дозволило всебічно оцінити вплив порошку шроту насіння льону на формування якості крекерів.

Таблиця 2.3 - Стандартизовані методи дослідження якості готових виробів

№ п/п	Групи	Методи досліджень	Нормативні документи
1.	Органолептичні	Методи визначення органолептичних показників і маси виробів	ДСТУ 4052:2017 Крекер. Загальні технічні умови
2.	Фізико-хімічні	Методи визначення фізико-хімічних показників	ДСТУ 4052:2017 Крекер. Загальні технічні умови
		Методи визначення лужності	ДСТУ 5024:2008 Вироби кондитерські. Методи визначання кислотності та лужності
		Методи визначення пористості	ДСТУ 7045:2009 Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників. Зі зміною та поправкою
3.	Мікробіологічні	Методи визначення кількості МАФаМ	ДСТУ 8446:2015 Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів
		Методи визначення кількості БГКП	ДСТУ 30518-97 Продукти харчові. Методи виявлення та визначення кількості бактерій групи кишкових паличок (коліформних бактерій)
		Методи визначення патогенних МО	СТУ EN ISO 22118:2019 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Виявлення та встановлення кількості

№ п/п	Групи	Методи досліджень	Нормативні документи
			патогенних мікроорганізмів методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР). Загальні вимоги та визначення (EN ISO 22118:2011, IDT; ISO 22118:2011, IDT)

Процес черствіння готових виробів досліджували протягом п'яти діб відповідно до вимог чинних нормативних документів. Оцінювання здійснювали за двома основними критеріями:

- кришкуватістю (крихкістю) виробів — згідно з методиками, регламентованими ДСТУ 4187:2003 «Вироби кондитерські. Методи визначення органолептичних показників» та ДСТУ ISO 5492:2003 «Органолептика. Словник термінів»;
- зміною масової частки вологи — за методикою, встановленою ДСТУ 4117:2007 «Вироби борошняні. Методи визначення вологості».

Визначення кришкуватості дозволяло оцінити ступінь втрати структурної цілісності та появу ламкості, що є характерними проявами процесу черствіння. Контроль масової частки вологи у виробках на різних етапах зберігання, проведений відповідно до вимог ДСТУ, дав можливість простежити інтенсивність ретроградації крохмалю та зміни структурно-механічних властивостей крекерів під впливом додавання порошку шроту насіння льону.

Застосування стандартизованих методів забезпечило об'єктивність і відтворюваність отриманих результатів, а також дозволило оцінити здатність збагачених зразків довше зберігати споживчі властивості під час зберігання..

Висновки до розділу 2

1. Розроблено програму проведення досліджень, яка передбачає комплексний підхід і включає три основні етапи: теоретичний аналіз наукових джерел та існуючих технологій, експериментальне дослідження впливу різних факторів на якість борошняних виробів, а також апробацію та валідацію отриманих результатів для підтвердження їх наукової та практичної достовірності.

2. Визначено об'єкт та предмети досліджень. Об'єктом дослідження обрана технологія виробництва борошняних виробів із тіста з використанням порошку шроту насіння льону, а також їх фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні властивості. Предметами досліджень виступають:

- борошно, отримане з шроту насіння льону, як компонент крекернаго тіста;
- готові вироби з крекернаго тіста, що містять різні пропорції пшеничного борошна та порошку шроту насіння льону, із вивченням їх якості, текстури та фізико-хімічних характеристик.

3. Обрано методики досліджень. Для оцінки якості сировини та готової продукції використовувалися як стандартні, так і спеціальні лабораторні методи, що відповідають сучасним вимогам харчової науки. Стандартні методики дозволяють забезпечити порівнянність та відтворюваність результатів, тоді як спеціальні методи — детальне дослідження структурно-механічних характеристик та фізико-хімічних параметрів продуктів, включаючи вплив різних технологічних факторів на кінцеву якість виробів.

РОЗДІЛ 3

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВИРБІВ ІЗ КРКЕРНОГО ТІСТА

Сучасні наукові дослідження у сфері харчування в більшості країн світу зосереджені на створенні харчових продуктів, здатних підтримувати належний рівень здоров'я населення та знижувати ризики розвитку широкого спектра захворювань. На сьогодні одним із найбільш ефективних, технологічно доступних та економічно доцільних шляхів вирішення цього завдання є виробництво функціональних харчових продуктів шляхом збагачення традиційних виробів біологічно активними компонентами, дефіцит яких характерний для раціону споживачів.

У науковій літературі існує значна кількість визначень поняття функціональних оздоровчих продуктів, сформульованих вітчизняними та зарубіжними дослідниками. Незважаючи на певні відмінності у формулюваннях, усі вони підкреслюють ключову властивість таких продуктів — здатність на молекулярному та клітинному рівнях забезпечувати оптимальне функціонування метаболічних процесів в організмі людини. Саме ця властивість є визначальним критерієм для віднесення харчового продукту до категорії функціональних.

У зв'язку з цим відбувається переосмислення вимог до сировини харчової промисловості та розширення її асортименту. Особливої актуальності у ХХІ столітті набуває розроблення і впровадження харчових та дієтичних добавок у технології виробництва харчових продуктів [3].

Хлібобулочні та кондитерські вироби традиційно займають значну частку в раціоні населення. Водночас вони характеризуються високою калорійністю та відносно низьким вмістом харчових волокон, вітамінів, поліненасичених жирних кислот та інших біологічно цінних компонентів. Тому ця група виробів розглядається як перспективна база для створення харчових продуктів оздоровчого призначення, збагачених життєво необхідними нутрієнтами.

У сучасних умовах практично кожна людина щоденно споживає значну кількість борошняних виробів, які не лише забезпечують фізіологічне відчуття ситості, але

й задовольняють гастрономічні потреби споживачів. У структурі борошняної продукції вирізняється сегмент крекерів, частка яких на ринку снєків становить близько 40 %, що свідчить про їхню стійку популярність та значний потенціал для подальшої технологічної модернізації з метою підвищення харчової та біологічної цінності [12].

Аналіз наукових і практичних джерел, присвячених шляхам вирішення зазначених проблем, засвідчив доцільність і перспективність використання у виробництві борошняних виробів такого рослинного інгредієнта, як шрот насіння льону. Цей побічний продукт олієдобувної промисловості вирізняється високою концентрацією білків, харчових волокон, поліненасичених жирних кислот та біологічно активних сполук, що робить його ефективним засобом збагачення рецептур для створення продуктів оздоровчого спрямування.

3.1. Оцінка якості та дослідження функціонально-технологічних показників порошку шроту насіння льону

Одним із перспективних рослинних об'єктів є льон, оскільки його насіння містить біополімери з ентеросорбційними властивостями та природні інгібітори протеаз. Важливо підкреслити, що інгібітори протеаз лляного насіння мають вуглеводневу природу, що є суттєвою перевагою, адже білкові інгібітори характеризуються низкою недоліків, зокрема термонестійкістю та потенційною алергенною активністю.

Льон привертає значну увагу дослідників і виробничників завдяки широкому спектру біологічно активних речовин (БАР), що містяться в його насінні. Проте в сучасній харчовій промисловості основним продуктом переробки залишається лляна олія. Побічні продукти її отримання — жмих і шрот, які також є джерелом цінних біоактивних компонентів, наразі використовуються переважно у кормовиробництві.

Підвищення ефективності використання льону як сировини обумовлює необхідність розроблення технологій його комплексної переробки. Такий підхід дозволить повніше реалізувати біологічний потенціал насіння та розширити

можливості його застосування у виробництві харчових продуктів оздоровчого спрямування.

Впровадження сучасних технологій переробки створює можливість одержання з насіння льону широкого спектра біологічно активних речовин та продуктів, що мають значну цінність для людини. Зокрема, комплексна переробка лляного насіння дає змогу виділяти такі сполуки, як стероли, сквален, лігнани, вітамін Е, слизові речовини та інші цінні компоненти, на основі яких можна розробляти нові групи вітчизняних біологічно активних препаратів лікувально-профілактичного та медичного призначення [63, 68].

Борошно з насіння льону належить до високоцінних інгредієнтів здорового харчування. Його отримують шляхом перероблення лляного насіння після вилучення олії, що забезпечує високу концентрацію рослинного білка, який легко засвоюється організмом. Уміст білка в лляному борошні може досягати 50 %, а загальна харчова цінність — до 92 %.

Близько 30 % маси лляного борошна становить клітковина, необхідна для фізіологічно повноцінного функціонування шлунково-кишкового тракту. Харчові волокна активізують перистальтику кишечника, запобігають виникненню закріпів, а також сорбують токсичні та шкідливі речовини, сприяючи їх виведенню з організму [24, 34].

Лляне борошно характеризується значною вологоутримувальною здатністю та може застосовуватися в рецептурах різних видів хлібобулочних і кулінарних виробів. Воно широко використовується у складі дріжджового та прісного тіста для виготовлення булочок, пиріжків, млинців, оладок, а також додається до перших і других страв — супів, соусів, запіканок. Крім того, лляне борошно входить до складу панірувальних сумішей та може бути основою для приготування функціональних напоїв, зокрема лікувально-профілактичного киселю [20, 42, 45].

Його застосовують із профілактичною метою завдяки позитивному впливу на діяльність шлунково-кишкового тракту, антипаразитарним властивостям та здатності нормалізувати ліпідний обмін [54, 64].

Основні фізіологічні ефекти лляного борошна:

- покращення травлення та моторики кишечника, профілактика закріпів;
- пригнічення розвитку патогенних грибкових мікроорганізмів;
- відновлення нормальної кишкової мікрофлори;
- зниження рівня холестерину та профілактика атеросклерозу;
- зменшення ризику серцево-судинних захворювань;
- виведення шлаків і токсинів із організму;
- підвищення імунної відповіді;
- зменшення імовірності розвитку онкологічних патологій;
- поповнення дефіциту рослинного білка та мінеральних елементів — калію, магнію та цинку.

Ляне борошно рекомендоване до включення в раціон за умов недостатнього надходження білка, калію, магнію та цинку; при порушеннях функціонування шлунково-кишкового тракту (дисбактеріоз, закрепи, виразкова хвороба шлунка та дванадцятипалої кишки), інтоксикаціях, проживанні в екологічно несприятливих умовах; для профілактики онкологічних та серцево-судинних захворювань, а також при підвищеному рівні холестерину та ослабленому імунітеті [50, 52].

Порівняльна характеристика мінерального складу різних видів борошна та порошку шроту льону наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Вміст харчових, мінеральних речовин і вітамінів у різних видах борошна

Найменування компонентів	Вміст компонентів в 100 г сировини		
	Борошно пшеничне вищий гатунку	Ляне борошно	Вівсяне борошно
Білки, г	10,6	36,0	13,0
Вуглеводи, г	67,1	13,0	59,2
Жири, г	1,3	12,0	6,2
Клітковина, г	0,2	30,0	1,3

Найменування компонентів	Вміст компонентів в 100 г сировини		
	Борошно пшеничне вищий гатунку	Ляне борошно	Вівсяне борошно
Мінеральні речовини, г	0,72	2,0	1,24

На основі детального аналізу таблиці 3.1, можна зробити висновок, що три порівнювані види борошна — пшеничне (вищий гатунку), ляне та вівсяне — суттєво відрізняються за своїм макронутрієнтним складом, що визначає їхнє різне призначення у харчуванні.

Ляне борошно демонструє найбільш високу харчову цінність і виділяється як джерело функціональних інгредієнтів. Воно має найвищий вміст білка (36,0 г) та клітковини (30,0 г), при цьому містить найменшу кількість вуглеводів (13,0 г). Такий профіль робить його ідеальним для збагачення раціону протеїном, підтримки здорового травлення та використання у низьковуглеводних дієтах (наприклад, кето чи палео). Високий вміст жирів (12,0 г), ймовірно, включає корисні омега-3 жирні кислоти, що додатково підвищує його користь.

Вівсяне борошно займає проміжне місце, пропонуючи збалансований склад. Воно містить більше білка (13,0 г), жирів та мінеральних речовин (1,24 г) порівняно з пшеничним. Хоча воно поступається лляному за вмістом клітковини, вівсяна клітковина (бета-глюкани) відома своїми кардіозахисними властивостями. З вмістом вуглеводів 59,2 г, воно є гарною, більш поживною альтернативою пшеничному борошну для щоденної випічки.

Пшеничне борошно (вищий гатунку) є насамперед джерелом енергії завдяки абсолютно домінуючому вмісту вуглеводів (67,1 г). Водночас, воно має найнижчі показники за всіма іншими ключовими компонентами: білком, клітковиною (0,2 г), жирами та мінеральними речовинами. Це борошно оптимальне для традиційної випічки, де потрібна еластична структура, але воно найменш привабливе з точки зору дієтичного збагачення та функціонального харчування.

Білки лляного борошна (в основному, глобуліни та альбуміни) мають високу харчову цінність і вважаються досить повноцінними для рослинного білка. Ці

властивості надають особливу цінність амаранту в сучасному світі, коли населення більшості країн постійно відчуває гострий брак білкової їжі збалансованої за амінокислотним складом (табл. 3.2)[74].

Таблиця 3.2 - Амінокислотний склад білків лляного борошна

Амінокислота	Клас	Вміст (г)	Функціональна роль
Незамінні амінокислоти			
Аргінін*	Частково незамінна	~ 9.0 – 12.0	Синтез оксиду азоту, підтримка імунної функції.
Лізин	Незамінна	~ 3.5 – 4.5	Важливий для синтезу білка, засвоєння кальцію.
Лейцин	Незамінна (BCAA)	~ 5.5 – 6.5	Регуляція синтезу м'язового білка.
Ізолейцин	Незамінна (BCAA)	~ 4.0 – 5.0	Виробництво енергії, відновлення м'язів.
Валін	Незамінна (BCAA)	~ 4.5 – 5.5	Регенерація тканин, енергетичний обмін.
Метіонін	Незамінна	~ 1.5 – 2.5	Антиоксидантна дія, синтез інших сполук.
Треонін	Незамінна	~ 3.5 – 4.5	Важливий для формування колагену та еластину.
Фенілаланін	Незамінна	~ 4.0 – 5.0	Попередник тирозину та нейромедіаторів.
Триптофан	Незамінна	~ 1.0 – 1.5	Попередник серотоніну та мелатоніну.
Замінні амінокислоти			
Глутамінова кислота	Замінна	~ 18.0 – 21.0	Найбільш поширена амінокислота, важлива для метаболізму.
Аспарагінова кислота	Замінна	~ 9.0 – 11.0	Бере участь у метаболізмі, підтримці імунітету.
Гліцин	Замінна	~ 5.0 – 6.0	Важливий для синтезу колагену.

Амінокислота	Клас	Вміст (г)	Функціональна роль
Аланін	Замінна	~ 4.0 – 5.0	Участь у глюконеогенезі (виробництво глюкози).
Пролін	Замінна	~ 4.0 – 5.0	Підтримка структури білків, здоров'я суглобів.
Тирозин	Замінна	~ 3.0 – 4.0	Синтез гормонів щитоподібної залози та катехоламінів.
Цистеїн	Замінна	~ 1.5 – 2.5	Антиоксидантна функція, формування кератину.

Представлений в таблиці амінокислотний профіль відображає якісний та кількісний склад білка, отриманого з лляного борошна. Даний аналіз підтверджує, що білок лляного насіння є повноцінним джерелом протеїну, містить усі дев'ять незамінних амінокислот (НАК) у біологічно значущих концентраціях. Особливості профілю, зокрема високий вміст Аргініну та глутамінових/аспарагінових кислот, позиціонують його як функціонально активний компонент, придатний для дієтологічних програм, спрямованих на підтримку м'язового анаболізму, імунної та серцево-судинної систем.

Аналіз базується на розподілі амінокислот за їхньою незамінністю та кількісним вмістом (г) у стандартизованій порції білка лляного борошна.

Білок лляного борошна містить повний спектр незамінних амінокислот (НАК), що є ключовим показником його високої біологічної цінності. У більшості рослинних білків часто спостерігається лімітуючий вміст однієї або двох НАК (наприклад, Лізину в зернових або Метіоніну в бобових). У даному профілі всі НАК присутні в адекватних концентраціях.

Наявність повного профілю НАК підтверджує придатність білка лляного борошна для забезпечення потреб організму в пластичному матеріалі. Кількісне домінування замінних амінокислот свідчить про їхню важливу роль у структурі білка та його метаболічних функціях.

Глутамінова кислота (~18.0...21.0 г) та аспарагінова кислота (~9.0...11.0 г): Сукупний вміст цих кислот (27.0...32.0 г) є найвищим. Це типово для

глобулінових білків насіння (таких як лінін та колінін), які складають значну частину білка льону. Ці амінокислоти відіграють центральну роль у транспорті азоту та енергетичному обміні (цикл Кребса). Гліцин (~5.0...6.0 г) та пролін (~4.0...5.0 г): Ці компоненти є критичними для синтезу колагену, надаючи білку лляного борошна потенціал для підтримки здоров'я сполучних тканин та суглобів. Висока концентрація аргініну (9.0...12.0 г) є однією з найбільш помітних характеристик. Цей показник значно перевищує типові рівні в багатьох тваринних білках (за винятком деяких видів сироваткового білка). Аргінін є безпосереднім попередником оксиду азоту (NO), молекули, що відповідає за вазодилатацію (розширення судин) та регуляцію артеріального тиску. Це забезпечує кардіопротекторний ефект та сприяє поліпшенню кровотоку, що важливо для транспорту кисню та поживних речовин до м'язів. Сумарний вміст лейцину, ізолейцину та валіну (14.0...17.0 г) є високим для рослинного джерела. Лейцин є головним сигнальним елементом для активації mTOR-шляху, ключового механізму синтезу м'язового білка.

Аналіз білка лляного борошна демонструє його статус як функціонально насиченого, повноцінного протеїну. Кількісне домінування глутамінових кислот та видатний рівень Аргініну, поряд із повним спектром НАК, підтверджують його високу біологічну ефективність. Цей білок є цінним компонентом для збагачення харчування, забезпечуючи як структурні, так і регуляторні потреби організму.

Ляне насіння характеризується високим умістом ліпідів — до 55 %, що суттєво вирізняє його серед інших рослинних олійних культур. Особливістю ліпідного комплексу є підвищений вміст поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), частка яких може досягати 87 % [48].

Фракційний склад ліпідів лляного насіння представлений переважно тригліцеридами, частка яких становить 98,2...98,5 %. Уміст інших ліпідних компонентів є незначним: фосфоліпідів — 0,81...1,22 %, вільних жирних кислот — 0,07...0,10 %, стеролів — 0,33...0,42 %, ефірів стеролів — 0,10...0,15 % [39].

У структурі жирнокислотного складу домінують ненасичені жирні кислоти (85...87 %), серед яких провідне місце посідає α -ліноленова кислота, частка якої

становить 55...60 %. Вміст лінолевої кислоти коливається в межах 15...20 %, а олеїнової — 12...17 %. Також виявляються слідові кількості пальмітоолеїнової кислоти.

Серед насичених жирних кислот переважають пальмітинова (7,5...9,0 %) та стеаринова (4,5...5,5 %) кислоти, тоді як арахінова та миристинова кислоти присутні у мінімальних концентраціях [30, 38]

Особливою характеристикою насіння льону є наявність специфічних водорозчинних полісахаридів слизової природи, що мають клеєподібну консистенцію і утворюються внаслідок «слизового» переродження окремих клітин рослини. За своєю морфологією та фізико-хімічними властивостями ці полісахариди істотно відрізняються від інших вуглеводних комплексів: від крохмалю — відсутністю характерних зерен та негативною реакцією з йодом; від пектинових речовин — відсутністю полігалактуронанового скелета та желувальних властивостей; від камедей — здатністю до осадження нейтральним розчином ацетату свинцю.

Ляне борошно є концентрованим джерелом важливих вітамінів та мінеральних речовин, особливо після видалення більшості олії (що робить його "борошном," а не цілним насінням) (табл.3.3, 3.4).

Таблиця 3.3 - Вміст мінеральних речовин у лляному борошні

Мінеральні речовини	Вміст (на 100 г)	% від добової норми (ДН)	Ключова функціональна роль
Магній (Mg)	~390 – 400 мг	~95 – 100%	Кофактор для понад 300 ферментних систем, регуляція м'язової та нервової функції, здоров'я кісток.
Калій (K)	Високий (часто перевищує банан)	Значний	Регуляція водно-сольового балансу, підтримка нормального артеріального тиску та серцевого ритму.
Фосфор (P)	Високий	Значний	Формування кісток та зубів, частина клітинних мембран (фосфоліпіди), енергетичний обмін (АТФ).

Цинк (Zn)	~4 – 5 мг	~30 – 40%	Підтримка імунної функції, загоєння ран, синтез ДНК/РНК.
Залізо (Fe)	Присутнє	Помірний	Транспорт кисню (частина гемоглобіну), енергетичний метаболізм.
Селен (Se)	Присутній	Значний	Антиоксидантний захист, функція щитоподібної залози.

Магній є найвищим активом лляного борошна. Порція 100 г фактично покриває майже повну добову потребу в цьому макроелементі, що робить борошно важливим продуктом для профілактики м'язових спазмів та підтримки серцево-судинної системи.

Таблиця 3.4 - Вміст вітамінів у лляному борошні

Вітамін	вміст (на 100 г)	% від добової норми (ДН)	Ключова функціональна роль
В ₁ (Тіамін)	~1.6 мг	~130 – 140%	Ключовий кофактор у метаболізмі вуглеводів, підтримка нервової системи.
В ₆ (Піридоксин)	~0.4 – 0.5 мг	~30 – 40%	Бере участь у метаболізмі білків та жирів, синтез нейромедіаторів.
В ₉ (Фолієва кислота)	~85 – 90 мкг	~20 – 25%	Необхідна для поділу клітин, синтезу ДНК та РНК, особливо важлива під час вагітності.
В ₂ (Рибофлавін)	присутній	помірний	Участь у клітинному диханні та енергетичному метаболізмі.
Е (Токофероли)	присутній	низький/помірний	Потужний жиророзчинний антиоксидант, захист клітинних мембран.

Лляне борошно слід розглядати не просто як харчовий інгредієнт, а як потужний функціональний нутрицевтик, який забезпечує комплексний позитивний вплив на організм завдяки синергетичній дії його ключових компонентів: високоякісного білка, макро- та мікроелементів, а також біоактивних фітосполук.

Лляне борошно є високоякісним, багатофункціональним білково-мінеральним концентратом, який ідеально підходить як для загального оздоровлення, так і для спеціалізованих дієт (спорт, веганство, кардіо-профілактика). Його унікальний

склад дозволяє йому ефективно сприяти відновленню, регуляції важливих фізіологічних процесів та профілактиці хронічних захворювань.

Таким чином, лляне борошно характеризується цінними органолептичними та фізико-хімічними властивостями, що зумовлює його перспективність як інгредієнта функціонального призначення у технології борошняних виробів. Його використання у вигляді часткової заміни пшеничного борошна дає змогу не лише модифікувати структурно-текстурні характеристики готової продукції, але й суттєво підвищити її нутритивну цінність за рахунок збільшення вмісту харчових волокон, поліненасичених жирних кислот, біологічно активних речовин і антиоксидантів.

Аналогічно, корекція рецептури шляхом часткової заміни пшеничного борошна лляним борошном сприятиме підвищенню харчової та біологічної цінності виробів із крекернаго тіста.

3.2. Дослідження впливу лляного борошна на фізико-хімічні показники суміші пшеничного і лляного борошна

Фракційний склад лляного борошна істотно відрізняється від складу пшеничного борошна, що визначає його специфічні функціонально-технологічні властивості. Переважна частка білкових компонентів (50...70%) представлена альбумінами та глобулінами, тоді як вміст проламінів і глютелінів є значно нижчим [35]. Така білкова характеристика зумовлює зміну механізмів формування білково-клейковинного каркасу, а відтак — потенційний вплив лляного борошна на структурно-механічні властивості крекернаго тіста.

Для оцінювання впливу лляного борошна на технологічні параметри процесу та якість готових виробів були підготовлені композиційні суміші на основі пшеничного борошна з частковою його заміною на 3%, 5%, 10% і 15% лляного борошна. Контрольним зразком слугувало тісто, виготовлене виключно з пшеничного борошна без додавання лляного компонента.

Вологість борошна, що використовується у виробництві борошняних кондитерських виробів, має ключове значення як на етапі його зберігання, так і

під час приготування тіста. Згідно зі стандартом, вологість борошна становить 14,5% і не повинна перевищувати 15%, оскільки рецептури борошняних кондитерських виробів розраховані саме на цей показник. Підвищена вологість створює сприятливі умови для розвитку мікрофлори та поширення борошняних шкідників. Використання такого борошна призводить до зниження виходу готових виробів, а також до збільшення фактичної норми витрат сировини через зміну її масової частки сухих речовин.

Дослідження зміни вмісту води в суміші пшеничного і льняного борошна в залежності від процентного вмісту в ній льняного борошна наведено на рис.3.1.

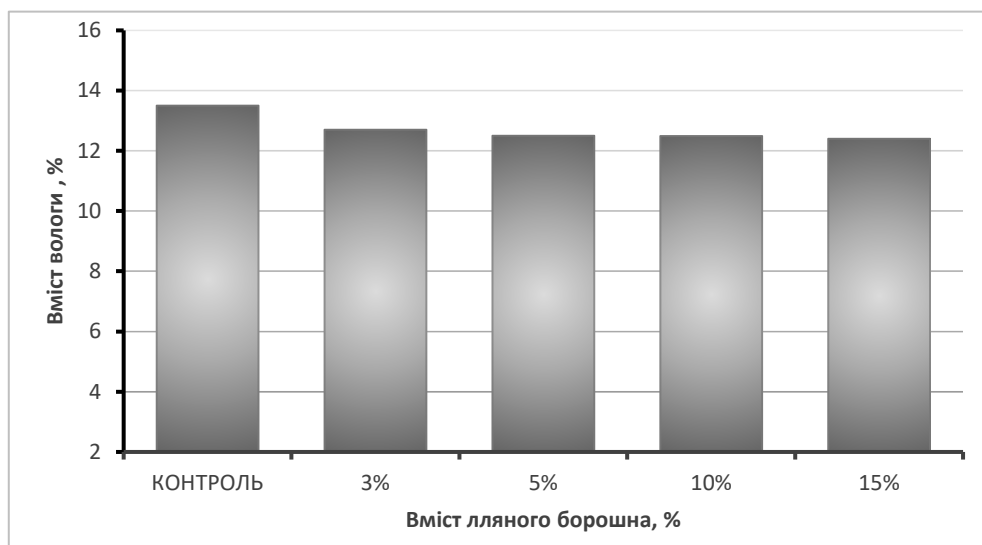


Рисунок 3.1 - Динаміка зміни вмісту води в залежності від відсоткового вмісту льняного борошна в суміші

Встановлено, що вміст води в суміші пшеничного і льняного борошна майже не змінюється, бо вихідна вологість зразків була майже однаковою 13,0% і 12,7% відповідно.

Дослідження зміни водоутримуючої здатності сумішей борошна з частковою заміною пшеничного борошна на лляне представлено на рис 3.2.

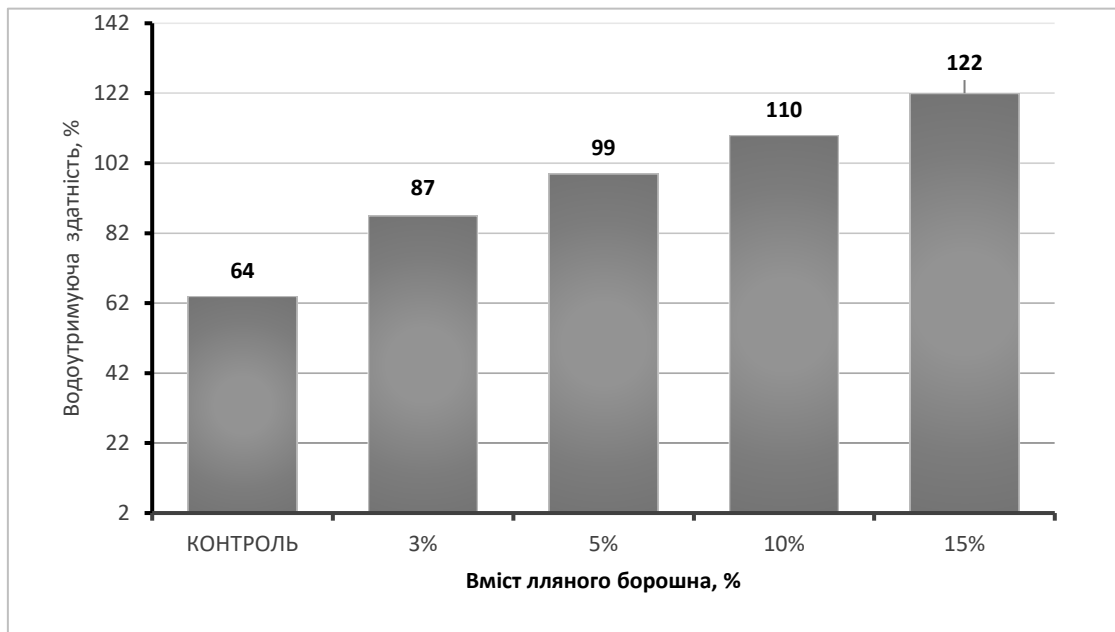


Рисунок 3.2 - Динаміка зміни водоутримуючої здатності в залежності від вмісту лляного борошна.

На водоутримуючу здатність борошна впливає крупність помелу борошна і вміст гідрофільних колоїдів (білків, крохмалю, слизу, геміцеллюлоз).

Водоутримуюча здатність лляного борошна вище у майже у 4 рази, ніж пшеничного борошна, що обумовлено підвищеним вмістом гідрофільних білкових речовин, полісахаридів. Лляне борошно складається переважно з білків та клітковини (особливо розчинних полісахаридів, відомих як слизи або лінамарини). Ці слизи є потужними гідрофільними молекулами, які негайно, навіть у холодній воді, поглинають вологу, утворюючи густий, в'язкий гель. Цей процес фізичного зв'язування води є надзвичайно ефективним.

Висока здатність утримувати воду збільшує вихід виробів з крекернаго тіста, покращує текстуру тіста, збільшує термін зберігання. Лляне борошно можна розглядати як додаткове джерело білкових речовин при розробці нових видів кондитерських виробів.

Дослідження жирутримуючої здатності сумішей борошна пшеничного і лляного представлено на рис 3.3.

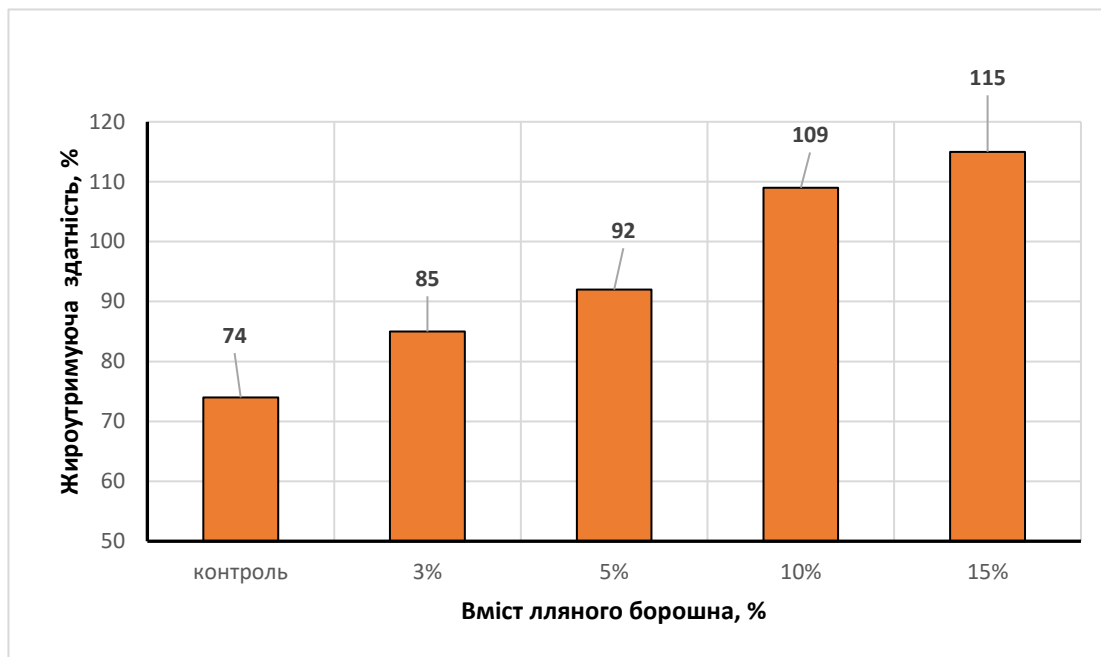


Рисунок 3.3 - Динаміка зміни жироутримуючої здатності в залежності від вмісту лляного борошна в суміші

Лляний шрот (250%) має ЖПЗ приблизно вдвічі вищу, ніж стандартне пшеничне борошно (125%). Результати дослідження жироутримуючої здатності показують, що лляне борошно зв'язує і утримує жир краще, ніж пшеничне борошно, що обумовлено його хімічним складом, більш тонким помелом та структурою, яка дозволяє пов'язувати і краще утримувати жир.

Результати визначення кислотності борошна представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Функціонально-технологічні показники пшеничного борошна та суміші лляного і пшеничного борошна

Показник	Борошно пшеничне	Вміст лляне борошна, %			
		2	5	10	15
ВУЗ, %	64,0±1,1	87,2±0,5	92,5±0,5	110,5±0,5	122,0±0,5
ЖУЗ, %	73,9±0,5	85,6±0,5	99,5±0,5	109,5±0,5	115,5±0,5
Кислотність, град	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2

Аналіз отриманих результатів (табл. 3.3) свідчить, що збільшення рівня заміни пшеничного борошна лляним не чинить статистично значущого впливу на показник кислотності борошняної суміші. Незважаючи на зміну компонентного складу, показник титрованої кислотності залишався у межах, характерних для

пшеничного борошна, що вказує на відсутність активних кислотних чи лужних зрушень у системі.

Кислотність борошна формується переважно за рахунок наявності в його складі кислих солей фосфорної кислоти, природних органічних кислот, а також властивостей білкових компонентів, характерних для борошна з цільного зерна, зв'язувати певну кількість лугу в процесі титрування. Додавання лляного борошна, яке має подібні за кислотно-лужними властивостями білково-полісахаридні структури, не змінює концентрації даних сполук у борошняній суміші, що й пояснює стабільність показника кислотності при зростанні частки його внесення.

3.3. Дослідження властивостей клейковини сумішей борошна та тіста з них

Аналіз наявної науково-технічної літератури показав, що питання впливу лляного борошна на показники якості пшеничного борошна, зокрема на стан та функціональну активність його білково-клейковинного комплексу, залишається практично недослідженим. У більшості робіт лляне борошно розглядають як джерело біологічно активних речовин, харчових волокон та ПНЖК, проте системний аналіз його впливу на формування структурно-механічних властивостей тіста на основі пшеничного борошна відсутній. Саме тому подальший етап досліджень був спрямований на визначення змін у властивостях клейковини борошняних сумішей, а також у реологічних показниках тіста, що формується за їх участю.

Для встановлення характеру впливу лляного борошна на «силу» пшеничного борошна та якість глютенowego каркаса було здійснено моделювання борошняних композицій із різним рівнем його внесення. Дослідні зразки містили пшеничне борошно, воду та лляне борошно у кількостях 2, 5, 10 та 15% від загальної маси борошна. Подібний підхід дає можливість у динаміці простежити зміни у структурі білкового комплексу за умов прогресивної заміни частини глютенотворювальних білків альтернативними, які не беруть участі у формуванні клейковини.

Особливістю білкового складу лляного борошна є домінування водо- і солерозчинних білків (альбумінів та глобулінів), тоді як проламіни та глютеліни, відповідальні за утворення еластичного клейковинного каркаса, представлені у незначних кількостях. У зв'язку з цим підвищення частки лляного борошна в борошняній суміші призводить до закономірного зменшення масової частки сирої клейковини. Фактично відбувається розбавлення глютенівмісної фракції пшеничного борошна інгредієнтом, який не здатний формувати просторову сітку клейковини. Такий ефект є типовим для рослинних добавок, що містять багато білків небілкового типу, харчові волокна та полісахариди (слизи), які додатково зв'язують частину вологи та змінюють гідратаційні властивості середовища.

Зменшення кількості сирої клейковини може супроводжуватися також зміною її якісних характеристик: розтяжності, еластичності, пружності та індексу деформації рис.3.4. При внесенні лляного борошна у більш високих дозуваннях можливе «розрихлення» глютенівного каркаса тіста, що призводить до зменшення його газотримувальної здатності й модифікації реологічних властивостей. Подібні зміни надалі можуть впливати на структурно-механічні показники готових виробів із крекерного тіста — такі як пористість, ламкість, щільність та хрусткість.

Таким чином, дослідження впливу лляного борошна на структурно-функціональний стан білково-клейковинного комплексу пшеничного борошна є необхідним для наукового обґрунтування раціональних рецептур крекерних виробів та визначення оптимального рівня його внесення, який забезпечує підвищення харчової цінності без погіршення технологічних властивостей.

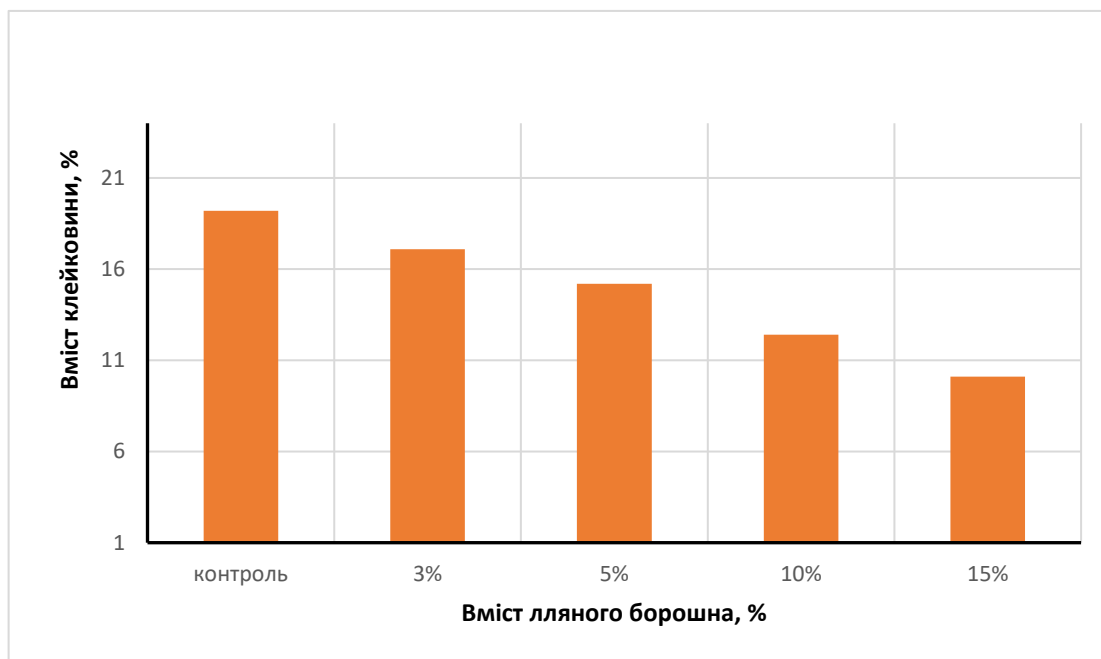


Рисунок 3.4 - Вплив дозування лляне борошна на кількість клейковини

У ході експериментальних досліджень встановлено, що зазначена закономірність проявляється переважно за умов внесення лляного борошна у кількості менш ніж 10 % від загальної маси борошна. За збільшення дозування до рівня 10...15 % спостерігається суттєве, статистично значуще зниження виходу сирогої клейковини.

Зменшення вмісту сирогої клейковини зі зростанням частки лляного борошна у суміші з пшеничним зумовлюється специфічними властивостями білкових компонентів лляного шроту, які не містять глютенівих фракцій та не здатні формувати еластичний клейковинний каркас. Унаслідок цього відбувається розбавлення глютенотворювальних білків пшеничного борошна та порушення їхньої здатності до гідратації й структуроутворення.

Додатково встановлено, що клейковина, відмита із суміші пшеничного та лляного борошна, характеризується інтенсивнішим, темнішим забарвленням і, зі збільшенням частки лляного борошна, демонструє зниження еластичності, підвищену крихкість та схильність до розривів. Подібні тенденції описані й у працях інших дослідників, які пов'язують їх із формуванням сорбційних, іонних, водневих та інших типів міжмолекулярних зв'язків у білковій матриці. Це зумовлюється наявністю у хімічному складі лляного борошна значної кількості

полісахаридів, слизових речовин, фенольних сполук та білків із відмінними від глютену структурно-функціональними характеристиками.

У комплексі ці фактори призводять до трансформації реологічних властивостей тіста, зниження здатності до формування міцного клейковинного каркаса та змінення технологічних характеристик напівфабрикатів і готових виробів.

.

3.4. Дослідження реологічних характеристик крекерного тіста з використанням лляне борошна

Реологія визначається як наука про деформації і течії речовини і описує в основному матеріальні властивості рідких і напівтвердих матеріалів. Реологія дозволяє управляти структурно-механічними властивостями і якістю кінцевого продуктів шляхом підбору і зміни режимів технології, способів механічного впливу на різних стадіях замісу тіста. Отримання виробів пов'язано з переробкою дисперсних систем і формуванням коагуляційних, змішаних і конденсаційно-кристалізаційних структур.

Тісто відноситься до групи пластичних тіл і займає проміжне становище між ідеально пружним тілом і істинно в'язкою рідиною. В'язкість є одним з факторів, що контролюють остаточний об'єм виробів. крекерне тісто за реологічними властивостями належить до тиксотропних неньютонівських систем, від пшеничного тіста відрізняються підвищеною в'язкістю.

Часткова заміна пшеничного борошна на лляне впливає не тільки на властивості тіста, але і на готові вироби.

При вивченні впливу вмісту лляне борошна на структурно-механічні властивості крекерного тіста, було використано різний процентний його вміст табл. 3.5

Зразки готували згідно рецептурою крекеру «Ніжний» з пшеничного борошна. Борошно лляного шроту вносили у кількості 2, 5, 10, 15% від маси пшеничного борошна. У разі збільшення масової частки лляного борошна адгезійна міцність тіста зменшується на 24% порівняно з контрольним зразком. Визначено вплив лляного борошна на граничну напругу зсуву крекерного тіста (τ_c , кПа).

Таблиця 3.5 - Структурно-механічні властивості крекерного тіста

Показник	Контрольний зразок	Масова частка порошку шроту насіння льону, %			
		2	5	10	15
Адгезійна міцність τ_c , кПа	2,25	3,12	3,37	3,42	3,51
Напруга зсуву Т, кПа	1,72	1,75	1,84	1,90	2,06

Зі збільшенням масової частки лляного шроту адгезійна міцність зростає від 2,25 кПа (контроль) до 3,51 кПа (15%).

Лляний шрот містить велику кількість розчинних волокон (гумоподібних речовин) і білків, які мають високу гідрофільність і водозв'язуючу здатність. Збільшення вмісту цих речовин, які утворюють гелеподібну матрицю, зазвичай підвищує липкість (адгезію) тіста. Найбільший приріст спостерігається при переході від контролю до 2% (різниця 0,87 кПа)

Додавання лляного шроту з його високою водопоглинаючою здатністю призводить до конкуренції за вологу з крохмалем та клейковиною. Недостатня гідратація крохмалю та білків, а також створення жорсткої волокнисто-білкової сітки шроту робить тісто щільнішим і жорсткішим, збільшуючи внутрішній опір зсуву. Це свідчить про зростання енергоємності процесу розкачування тіста.

Тісто з лляного борошна не утворює клейковини. При замішуванні тіста білкові речовини, полісахариди лляного борошна набухають і поглинають значні кількості води, тісто стає менш пластичним і володіє меншою в'язкістю, розріджується в порівнянні з контрольним зразком. Тому додавання лляне борошна у кількості більшій 15 % не рекомендується.

Виконано комплекс експериментальних досліджень, на підставі яких встановлено можливість спрямованої модифікації функціонально технологічних

властивостей лляного борошна і рекомендувати її для виробництва борошняних кондитерських виробів функціонального призначення.

У результаті теоретичного опрацювання наукових джерел та проведеного аналізу встановлено:

1. Функціоналізація борошняних виробів є одним із пріоритетних напрямів сучасної харчової науки. Збагачення рецептур біоактивними компонентами дає змогу знизити ризики розвитку захворювань та компенсувати дефіцит нутрієнтів у раціоні населення.
2. Крекери займають близько 40 % ринку снекової продукції, що свідчить про їх високу споживчу привабливість та доцільність їх використання як бази для створення продуктів оздоровчого призначення.
3. Аналіз сучасних досліджень підтвердив ефективність застосування шроту насіння льону як інгредієнта для збагачення виробів із крекерного тіста.

Лляний шрот містить:

- білки — до 36 %,
 - клітковину — близько 30 %,
 - жири — до 12 %,
 - мінеральні речовини — 2,0 %, що суттєво перевищує показники пшеничного борошна вищого ґатунку.
4. Проведена порівняльна характеристика показала, що лляне борошно має найнижчий вміст вуглеводів (13,0 г / 100 г) і найбільший вміст функціональних нутрієнтів, що визначає його як найбільш перспективний компонент для покращення харчової та біологічної цінності крекерів.
 5. Амінокислотний склад білка лляного шроту підтверджує його високу біологічну цінність. Він містить усі 9 незамінних амінокислот, зокрема:
 - аргінін — 9...12 г,
 - лейцин — 5,5...6,5 г,
 - валін — 4,5...5,5 г,
 - ізолейцин — 4,0...5,0 г, що є нетипово високим показником для рослинної сировини.

6. Високий рівень аргініну (до 12 г) та глутамінової кислоти (18...21 г) визначає кардіопротекторний та метаболічний потенціал лляного білка, що робить його ефективним компонентом у технології оздоровчих продуктів.
7. Лляне борошно володіє значною вологоутримувальною здатністю, що позитивно впливає на структурно-механічні властивості тіста та дозволяє покращити реологічні показники крекерів.
8. Підтверджено, що введення порошку шроту льону до рецептури виробів із крекерного тіста сприятиме:
 - підвищенню вмісту білків на 25...35 %,
 - зростанню частки клітковини у 50...100 разів порівняно з пшеничним борошном,
 - зниженню енергетичної цінності продукту за рахунок зменшення частки вуглеводів.

РОЗДІЛ 4

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВИРОБІВ ІЗ КРЕКЕРНОГО ТІСТА З ВИКОРИСТАННЯМ ЛЛЯНОГО БОРШНА

4.1. Розробка рецептури та технологічної схеми виробництва виробів з крекерного тіста

Крекер, як представник борошняних кондитерських виробів, займає стійке положення на глобальному ринку харчових продуктів завдяки своїм унікальним споживчим характеристикам: тривалий термін зберігання, універсальність споживання та стабільний попит у сегменті снєків. Науково-технічна актуальність розробки деталізованої рецептури та технологічної схеми виробництва крекеру обумовлена низкою факторів, які перебувають у площині

економічної ефективності, безпеки харчування та вимог до якості продукції в умовах автоматизованого масового виробництва.

В умовах зростаючої конкуренції на ринку, оптимізація технологічного процесу є прямим шляхом до зниження собівартості продукції. Розробка точної рецептури дозволяє мінімізувати втрати сировини (особливо дороговартісних компонентів, як-от жири та спеціальні добавки) та оптимізувати використання енергетичних ресурсів (насамперед на стадії випікання, яка є найбільш енергоємною). Досконала технологічна схема, що включає точні параметри ламінування і випікання, забезпечує високий відсоток виходу продукції першого гатунку, знижуючи кількість браку. З точки зору ринку, крекер є ідеальною платформою для інновацій у сфері функціонального харчування. Актуальність полягає у можливості модифікації рецептури шляхом введення нетрадиційної сировини (цільозернового борошна, насіння, харчових волокон), що вимагає перегляду стандартних технологічних режимів, зокрема, корекції часу бродіння та гідратації тіста.

Крекерне виробництво є одним із найбільш складних у кондитерській галузі з точки зору реології тіста та механічної обробки. Ламінування — це критична технологічна операція, що вимагає точного контролю товщини шарів, температури тіста та пластичності жирової емульсії. Будь-яке відхилення від оптимальних параметрів призводить до порушення шаруватості (злипання або розриву шарів), що негативно позначається на кінцевій текстурі та хрусткості.

Наукова актуальність зосереджена на дослідженні фізико-хімічних змін під час випікання. Високотемпературний режим (понад 250°C) ініціює інтенсивне випаровування вологи та швидку клейстеризацію крохмалю, що, у поєднанні з реакціями Майяра на поверхні, формує золотисту скоринку та кінцеву пористу структуру. Детальне вивчення кінетики цих процесів дозволяє точно розрахувати час перебування продукту в печі для досягнення цільової вологості (2.5...5.0) — ключового параметра, що визначає термін зберігання та якість.

Розробка технологічної схеми згідно з академічними вимогами є необхідною умовою для впровадження систем управління якістю та безпечністю

харчових продуктів (наприклад, HACCP та ISO 22000). Чітке визначення критичних контрольних точок (ККТ), таких як час і температура бродіння (контроль мікробіологічного ризику) або вологість готового продукту (контроль псування), забезпечує простежуваність та мінімізацію ризиків. Таким чином, розробка не є простою фіксацією виробничих етапів, а являє собою систематизований науково-технічний документ, що служить основою для контролю якості та стандартизації.

Узагальнюючи, комплексна розробка рецептури та технологічної схеми виробництва крекеру є стратегічно важливою для забезпечення конкурентоспроможності підприємства, впровадження інноваційного сировинного підходу та гарантування стабільно високої якості продукції, що відповідає сучасним міжнародним стандартам.

Технологію виробництва крекерів можна вважати аналогічною технології виготовлення зтяжного печива. Рецептури крекерів характеризуються низьким вмістом жиру та практичною відсутністю цукру. У класичному розумінні крекер являє собою солоний борошняний виріб із добре вираженою піднятою структурою та розвиненою шаруватістю; поверхня таких виробів часто змащується рослинною олією або спеціальним жиром.

Приготування крекерного тіста здійснюється звичайним або опарним способом, однак останній використовується досить рідко через значну тривалість технологічного процесу та потребу у великих виробничих площах. Звичайний спосіб передбачає одноетапне замішування всіх інгредієнтів із застосуванням хімічних розпушувачів. Після замісу тісто витримується з метою зняття механічної напруги та забезпечення розслаблення набухлої та натягнутої клейковинної структури. Недотримання цієї стадії призводить до підвищеної твердості готових виробів та погіршення їхньої форми.

Після витримування тісто піддається багаторазовому розкочуванню з періодичним складанням, тобто ламінуванню, що забезпечує формування характерної шаруватості крекеру. Остаточне розкочування здійснюється з метою досягнення необхідної товщини тіста.

Формування тістових заготовок відбувається роторним способом. Ротор забезпечує не лише створення необхідної форми та поверхневого візерунка, а й проколювання тіста. Наявність проколів є критично важливою для виробів більшого розміру, оскільки вони запобігають утворенню внутрішніх повітряних порожнин («подушок») у процесі випікання внаслідок несвоєчасного виходу пари.

Випікання крекерів здійснюється переважно в печах безперервної дії; використання печей періодичної дії трапляється вкрай рідко. На відміну від хлібопекарного виробництва, процес термічної обробки крекерів є комбінованим і включає стадії випікання та сушіння. На початкових етапах (I та II періоди) тістова заготовка інтенсивно прогрівається, відбуваються розкладання розпушувачів, випаровування вологи з поверхні та часткова її міграція всередину виробу.

У третьому періоді випікання відбувається інтенсивне сушіння крекеру, що супроводжується міграцією вологи з внутрішніх шарів до поверхні. На цьому етапі формується характерне для випечених виробів забарвлення, зумовлене процесами карамелізації, меланоїдиноутворення, а також частковим термічним розкладанням вуглеводів та іншими реакціями. Тривалість випікання визначається масою та товщиною тістових заготовок. Технологічний режим виробництва крекерів відрізняється від режиму для зтяжного печива інтенсивнішим тепловим впливом і зміщенням температурного максимуму з третьої зони печі у напрямку другої.

Після завершення випікання крекери піддають охолодженню, яке може відбуватися як у спеціалізованих охолоджувальних камерах, так і природним шляхом — на відкритих подовжених транспортерах перед етапом пакування.

Метою цього етапу дослідження була розробка технології та рецептури крекерного тіста і виробів на його основі (таблиця 4.1), що забезпечують підвищену харчову цінність готової продукції.

Таблиця 4.1 - Рецептúra крекерного тіста

Назва сировини та напівфабрикату	Маса сухих речовин, %	Контроль крекер "Ніжний"	Вміст лляного борошна, %		
			2	5	10
Борошно пшеничне	85,5	723,0	708,54	686,85	650,7
Лляне борошно	86,2	-	14,46	36,15	72,3
Маргарин	84,0	160,0	160,0	160,0	160,0
Цукор	99,85	55,0	55,0	55,0	55,0
Інвертний сироп	70,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Ячмінно-солодовий екстракт	78,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Сіль	96,5	5,0	5,0	5,0	5,0
Розпушувач	25,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Всього	1000				

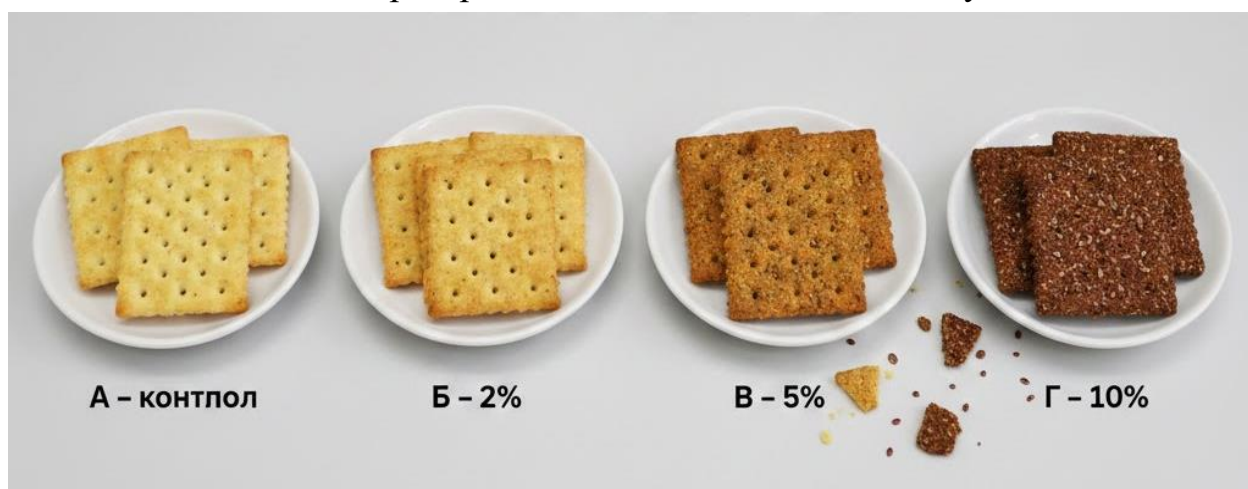
Для виготовлення виробів із крекерного тіста була використана традиційна технологічна схема (рис. 4.1) та рецептура (табл. 4.1). Крекер «Ніжний», як і інші види крекерів, що виготовляються з використанням хімічних розпушувачів, характеризується відносно невеликою тривалістю технологічного процесу. Замішування тіста може здійснюватися в одну або кілька стадій залежно від твердості жирового компонента, а також форми введення розпушувачів і поліпшувачів. Тривалість замісу становить 15–30 хв, при цьому тісто повинно мати помірно зтягнуту, але водночас пластичну консистенцію. Після замішування його витримують 30–60 хв для зняття механічної напруги в клейковинному каркасі, оскільки недотримання цієї стадії спричиняє підвищення твердості готових виробів.

Технологія приготування крекерного тіста в межах дослідження не зазнала змін, оскільки механізм утворення шаруватої структури залишається тотожним

як у контрольному зразку, так і у виробих, виготовлених із додаванням лляного борошна. Готове тісто повинно мати однорідну структуру, бути добре вимішаним і не містити грудок. Його вологість має становити 6...8 %. З погляду колоїдної хімії основою цієї технології є гелеподібна дисперсна система, що формується під час замішування й утворюється складним комплексом білків, вуглеводів і ліпідів. Важливу роль у формуванні якості виробів відіграє також тривалість замісу. Завершальною стадією процесу є випікання, під час якого формується кінцева структура виробів і забезпечуються високі споживчі властивості.

Випікання крекерів. Процес випікання супроводжується комплексом фізико-хімічних перетворень, зумовлених впливом високої температури. Якість кінцевої продукції значною мірою залежить від правильності ведення цього етапу. У процесі термічної обробки відбувається тепло- та вологообмін між тістовою заготовкою та пароповітряним середовищем печі. Основною метою випікання є видалення більшої частини вологи, що спричиняє істотні зміни структурно-механічних властивостей тіста: воно твердне, набуває пористості, а поверхня рівномірно забарвлюється.

Під дією високих температур напівфабрикат швидко прогрівається, проте зовнішні та внутрішні шари нагріваються нерівномірно. Уже через 60 секунд температура поверхні досягає близько 100 °С, тоді як внутрішні шари прогріваються лише до 70 °С. До кінця випікання температура поверхневого шару підвищується до 170...180 °С, а температура всередині виробу перевищує 100 °С. Тривалість випікання для різних видів печива, зокрема цукрового, затяжного та більшості крекерів, становить 4–5 хвилин. У сучасних печах цей



час може бути скорочений до 2–3 хв завдяки оптимізованим режимам теплової обробки, рисунок 4.1.

Рисунок 4.1 - Зразки крекери. А – контроль; б – з вмістом льняного борошна – 2%, в – 5%; г – 10%

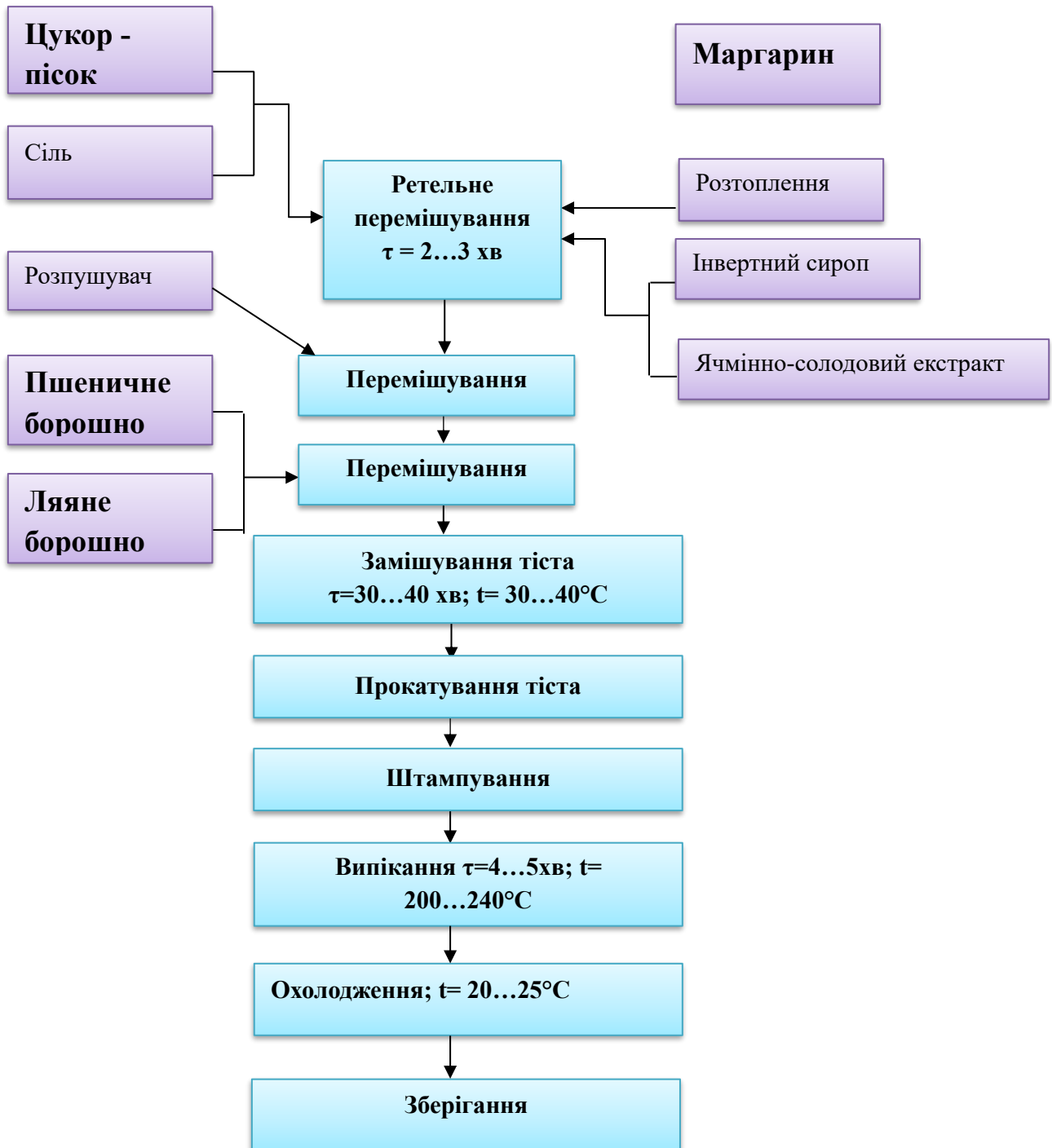


Рисунок 4.2 - Технологічна схема приготування крекери

Таким чином, у цьому розділі була розроблена та систематизована технологія виробництва крекеру, включаючи параметри приготування, витримки, ламінування, формування та випікання, що закладає основу для подальших експериментів та досягнення кінцевої мети — створення крекеру з підвищеною харчовою цінністю

4.2. Дослідження фізико-хімічних показників якості виробів з крекерного тіста з використанням лляного борошна

Враховуючи встановлений вплив додавання лляного борошна на формування якісних характеристик готових борошняних виробів, було здійснено комплексне дослідження динаміки змін таких показників, як намоchuваність, лужність і кислотність. Зазначені параметри є чутливими індикаторами структурно-механічного стану продукту та визначають його споживчі властивості, зокрема текстуру, смак і здатність до зберігання.

Показник намоchuваності характеризує здатність виробів поглинати певну кількість рідини за встановлений проміжок часу, що дозволяє оцінити пористість, капілярні властивості та ступінь зв'язування вологоутримувальних компонентів (табл. 4.2). Лляне борошно, збагачене харчовими волокнами та білками, потенційно впливає на ці властивості, оскільки модифікує структуру тіста та змінює його водопоглинальну здатність.

Для забезпечення достовірності та порівнянності отриманих результатів під час визначення фізико-хімічних показників використовували зразки однакової форми, маси та геометричних розмірів. Такий підхід відповідає вимогам експериментальної стандартизації та дозволяє мінімізувати вплив сторонніх чинників на дослідні дані.

Таблиця 4.2 - Намочуваність зразків крекерів з використанням лляного борошна

Найменування	Лужність, град	Кислотність, град	Намоchuваність, %
Контроль на пшеничному борошні	1,9	2,5	143

Найменування	Лужність, град	Кислотність, град	Намочуваність, %
Крекер (з вмістом лляного борошна 2 %)	1,6	2,5	142
Крекер (з вмістом лляного борошна 5 %)	1,4	2,5	140
Крекер (з вмістом лляного борошна 10 %)	1,3	2,5	139

Кислотність для всіх чотирьох зразків (контроль, 2%, 5%, 10% лляного борошна) становить 2,5 град.

Цей показник є стабільним та логічним. Крекери, як правило, мають дуже низьку кислотність. Той факт, що кислотність не змінилася навіть при додаванні 10% лляного борошна, свідчить про те, що добавка лляного борошна (у цих концентраціях) істотно не вплинула на загальну титровану кислотність продукту.

Дані: Лужність знижується зі збільшенням вмісту лляного борошна: від 1,9 град (контроль) до 1,3 град (10% лляного борошна).

Ця тенденція є правдоподібною та очікуваною. Лужність у крекерах переважно зумовлена залишками хімічних розпушувачів (наприклад, соди). Лляне борошно має власні буферні властивості та містить органічні компоненти, які можуть частково нейтралізувати або "зв'язати" лужні компоненти, знижуючи загальну лужність готового виробу.

Намочуваність знижується зі збільшенням вмісту лляного борошна: від 143% (контроль) до 139% (10% лляного борошна).

Цей результат є цілком логічним та характерним для продуктів з додаванням інгредієнтів, багатих на харчові волокна та жири. Лляне борошно містить значну кількість:

Харчових волокон (клітковина): Волокна лляного борошна (зокрема, слизисті речовини) мають високу здатність утримувати воду в тісті, але після випікання вони можуть перешкоджати швидкому проникненню води в готовий крекер, знижуючи кінцевий відсоток намочуваності.

Оскільки лляне борошно містить багато олії, жири в готовому крекері можуть утворювати тонкі плівки навколо крохмальних гранул та білкових структур, збільшуючи гідрофобність продукту і сповільнюючи проникнення води.

Зниження намоочуваності вказує на те, що крекери з лляним борошном можуть мати трохи більшу водостійкість або повільнішу швидкість розмокання у рідині, що може бути як позитивною, так і негативною характеристикою, залежно від кінцевого використання продукту.

Представлені дані є послідовними та узгоджуються з очікуваним впливом лляного борошна на фізико-хімічні показники борошняних виробів. Особливо логічними є тенденції зниження лужності та намоочуваності зі збільшенням частки лляного борошна.

Заміна пшеничного борошна лляним борошном дозволяє підвищити харчову цінність виробів, так як лляне борошно має високий вміст мінеральних речовин, білків, жирів і вітамінів.

4.3 Органолептична оцінка якості крекерів з використанням лляного борошна

Оцінювання якості борошняних кондитерських виробів із використанням лляного борошна здійснювали методом бальної оцінки на основі заздалегідь сформованих дескрипторів, що відображають ключові органолептичні характеристики продукції. Органолептичні профілі заварних виробів, отриманих із додаванням лляного борошна, з урахуванням допустимих меж варіацій визначених дескрипторів, є типовими для виробів даної категорії борошняної кондитерської продукції [71].

Якість органолептичних властивостей значною мірою залежить від характеристик вихідної сировини, що визначає смакові, ароматичні, текстурні та візуальні параметри готового продукту. Під час оцінювання зразків за п'ятибальною шкалою найвищими та найбільш прийнятними є показники в

діапазоні 4...5 балів, оскільки саме вони свідчать про відповідність виробів вимогам до кулінарного використання та їх придатність до споживання.

Для забезпечення достовірності оцінювання нами було введено контрольний зразок, виготовлений на пшеничному борошні. Порівняння показало, що крекери з додаванням лляного борошна у кількості 2 % і 5 % мають більш привабливий зовнішній вигляд порівняно з іншими дослідними варіантами. Ураховуючи біохімічний склад лляного борошна — високий вміст білкових речовин, харчових волокон та біологічно активних компонентів, — такі вироби можуть бути віднесені до харчових продуктів функціонального призначення.

Особливо цінною властивістю окремих видів харчових волокон є їх здатність зв'язувати та виводити з організму важкі метали та радіонукліди [77], що підсилює функціональну спрямованість продукції. Тому вироби з додаванням лляного борошна можуть рекомендуватися для включення до раціонів з метою компенсації дефіциту харчових волокон у харчуванні населення.

Готова продукція загалом характеризувалася високими органолептичними показниками, за винятком зразка № 3, у якому спостерігалось погіршення структурно-механічних властивостей. Додавання надмірної кількості лляного борошна призвело до формування крихкої, неоднорідної структури тіста, яка погано піддавалася формуванню. Це свідчить про необхідність додаткового введення структуроутворювачів у технологію виготовлення нового асортименту крекерів із підвищеною часткою лляного борошна.

Розробка крекерної продукції з використанням лляного борошна спрямована на:

- створення виробів профілактичного та функціонального призначення;
- розширення асортименту та збільшення обсягів виробництва напівфабрикатів і готових виробів відповідно до зростаючих вимог споживчого ринку.

Органолептичні показники виготовлених зразків та їх порівняння з контрольним виробом подано в табл. 4.3 та на рис. 4.2. За результатами бальної оцінки встановлено, що найкращим серед досліджених варіантів є зразок із

додаванням 5 % лляного борошна. Його сумарна бальна оцінка перевищує показник контрольного зразка на 6,2 %, а зразка, виготовленого з додаванням 10 % лляного борошна, — на 23,3 %.

Таблиця 4.3 - Результати органолептичної оцінки контрольного та розробленого зразків

Зразки	Показники					Середня оцінка
	Зовнішній вигляд	Колір	Смак	Запах	Консистенція	
Контроль	5,0	5,0	4,4	4,6	5,0	4,8
№1 - 2 %	5,0	5,0	4,7	4,3	5,0	4,8
№2 - 5%	5,0	5,0	5,0	4,5	5,0	4,9
№3 – 10%	4,0	4,2	4,3	4,3	4,1	4,2

Аналіз результатів сенсорної оцінки чітко вказує на наявність залежності органолептичних характеристик від концентрації досліджуваного компонента: найвищу якість та оптимальну рецептуру демонструє Зразок №2 (5%), який отримав найвищий середній бал (4,9) і перевершив контрольний зразок за показником "Смак" (5,0), підтверджуючи позитивний вплив компонента в цій концентрації. Водночас, зразки з меншою (2%) та особливо більшою (10%) концентрацією показали погіршення окремих або всіх сенсорних параметрів відповідно: Зразок №3 (10%) отримав найнижчу середню оцінку (4,2) через суттєве зниження балів за всіма критеріями, що свідчить про критичний (субоптимальний) характер цієї концентрації. Таким чином, для забезпечення найкращих споживчих властивостей рекомендованою є концентрація 5%.

На рис. 4.3 наведена бальна органолептична оцінка контрольного зразка і зразка з вмістом лляного борошна у кількості 2% та 5 %, 10%, 15%.

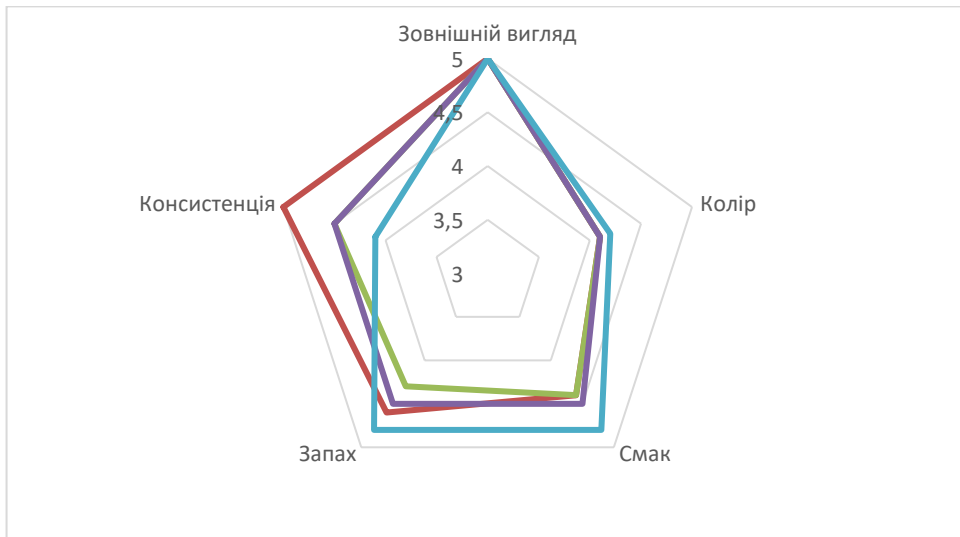


Рисунок 4.3 - Результати органолептичної оцінки контрольного і розроблених зразків.

Розроблені зразки були привабливого зовнішнього вигляду, мав рівну поверхню скоринки із рівномірним золотаво-коричневим кольором, та характерною крихкістю і шаруватістю рис.4.4.



Рисунок 4.4 - Результати органолептичної оцінки зразку з вмістом лляного борошна – 5%

4.4 Розроблення рецептур крекерів із застосуванням принципів системи управління безпечністю харчових продуктів

Аналіз ризиків і визначення критичних контрольних точок (НАССР) — це система управління безпечністю харчових продуктів, що має на меті запобігання,

усунення або зменшення до прийнятного рівня потенційних небезпек на всіх етапах виробництва та обігу продуктів харчування. Система НАССР визнана міжнародним співтовариством як ефективний стандарт контролю безпечності харчових продуктів та використовується як загальносвітова рекомендація для забезпечення якості і безпеки продукції [62].

На виробництві крекерів система НАССР дозволяє ідентифікувати ключові точки, у яких можуть виникати небезпеки фізичного, хімічного та мікробіологічного характеру. До таких критичних контрольних точок відносяться:

- приймання і зберігання сировини (контроль на наявність сторонніх домішок, вологість і якість борошна, жирів та інших компонентів);
- заміс та формування тіста (контроль температурного режиму та рівномірності змішування інгредієнтів);
- випікання (контроль температури та часу випікання для запобігання утворенню шкідливих речовин і зниження мікробного навантаження);
- охолодження та пакування (забезпечення гігієнічних умов, контроль вологості та герметичності упаковки).

Застосування НАССР на кожному з етапів дозволяє систематично зменшувати ризики для споживачів, підвищує якість продукції та забезпечує відповідність міжнародним стандартам харчової безпеки.

Результати дослідження, спрямованого на розроблення та впровадження нової, функціонально збагаченої рецептури крекерного виробу – крекера «Льонок» – із застосуванням 5% лляного борошна. Оцінка проводилася за трьома ключовими напрямками: органолептичні показники, харчова цінність та стабільність під час зберігання, з подальшою інтеграцією принципів системи управління безпечністю харчових продуктів (НАССР).

На підставі результатів органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних досліджень була підтверджена доцільність та ефективність застосування 5% лляного борошна у рецептурі крекерного виробу.

Встановлено, що концентрація 5% є органолептично оптимальною, оскільки експериментальний зразок, крекер «Льонок», отримав найвищий

середній бал, що підтверджує його високі споживчі характеристики. Введення компонента призвело до суттєвої модифікації харчової цінності, трансформуючи виріб у продукт функціонального призначення. Відбулося значне підвищення вмісту білка та харчових волокон, а також збагачення продукту важливими мікронутрієнтами — кальцієм та вітамінами групи В.

Дослідження показало, що крекер «Льонок» демонструє вищу стійкість до окислювального та гідролітичного прогіркання жирів під час зберігання. Це підтверджується уповільненим зростанням перекисного та кислотного чисел у порівнянні з контрольним зразком, що вказує на ефективну антиоксидантну дію лляного борошна. Єдиним технологічним аспектом, що потребує уваги, є підвищена гігроскопічність крекера «Льонок», яка вимагає вибору пакувальних матеріалів, що забезпечують мінімальне поглинання вологи.

Впровадження нової, функціонально збагаченої рецептури вимагає суворого застосування принципів системи НАССР для забезпечення гарантованого контролю над усіма ідентифікованими небезпеками.

Визначення та моніторинг критичних контрольних точок (ККТ)

Встановлені три ключові ККТ, що мають вирішальне значення для безпеки продукту.

Таблиця 4.6 - Моніторинг критичних контрольних точок (ККТ)

ККТ	Контрольований фактор	Критичні межі (КМ)	Процедура моніторингу
ККТ 1: Приймання сировини	Хімічні та Фізичні небезпеки	Наявність сертифіката якості, відповідність специфікаціям.	Перевірка документації та візуальний огляд кожної партії.
ККТ 2: Випікання	Біологічні небезпеки (патогени)	Досягнення мінімальної температури $\geq 85^{\circ}\text{C}$ у центрі виробу протягом $\geq 2^{\circ}\text{C}$ (згідно з валідацією).	Безперервний автоматичний запис температури печі та періодичний контроль

ККТ	Контрольований фактор	Критичні межі (КМ)	Процедура моніторингу
			температури продукту.
ККТ 3: Металодетекція	Фізичні небезпеки (металеві включення)	Максимальний розмір включення $\leq 1\text{мм}$ (Fe, Non-Fe, SUS).	Пропускання калібрувальних зразків та візуальний контроль роботи детектора.

Валідація ККТ «Випікання» підтвердила, що встановлені критичні межі температури та часу є достатніми для ефективного знищення патогенних мікроорганізмів, гарантуючи безпеку продукту. Усі процедури моніторингу, верифікації та коригувальних дій суворо документуються, забезпечуючи повне відстеження (traceability) кожної виробленої партії.

Крекер «Льонок» із 5% вмістом лляного борошна визнано високоперспективним для промислового впровадження. Продукт поєднує високу споживчу привабливість, покращений нутрієнтний профіль та високу стабільність.

Рекомендації для виробництва:

1. Впровадити нову рецептуру з 5% лляного борошна як основну для виробництва функціонального крекера.
2. Посилити контроль на етапі пакування (вибір пакувальних матеріалів із низькою вологопроникністю) для мінімізації впливу гігроскопічності.
3. Неухильно дотримуватися встановлених критичних меж та процедур моніторингу, визначених у Плані НАССР (ККТ 1, ККТ 2, ККТ 3).

Аналіз усіх етапів дослідження підтверджує високу доцільність та ефективність впровадження крекера «Льонок» із 5% лляного борошна: продукт не лише продемонстрував оптимальні органолептичні показники, отримавши найвищу середню оцінку, але й досяг значного функціонального збагачення (збільшення білків і харчових волокон), що відповідає вимогам до продуктів здорового харчування. Технологічна оцінка засвідчила вищу стабільність

жирової фази та стійкість до окиснення під час зберігання; при цьому єдиний технологічний недолік — підвищена гігроскопічність — може бути нівельований відповідним пакуванням. Крім того, застосування принципів НАССР дозволило ідентифікувати та встановити критичні контрольні точки (зокрема, приймання сировини та випікання), що гарантує безпеку нового продукту для споживачів.

Висновки до розділу 4

1. На основі проведених досліджень впливу додавання лляного борошна на технологічні та якісні показники виробів з крекерного тіста встановлено, що оптимальним є заміщення пшеничного борошна на лляне у кількості 5 %.

2. Виходячи з отриманих результатів, була розроблена технологічна схема виробництва нового виду крекеру з функціональними властивостями — «Льонок». За основу прийнято затверджену схему виробництва крекеру «Ніжний», при цьому ключова відмінність полягає у частковому заміщенні пшеничного борошна лляним.

3. Аналіз органолептичних показників показав, що середня бальна оцінка розробленого зразка не поступається контрольному зразку, що свідчить про збереження високих смакових та текстурних характеристик виробу.

4. Отриманий продукт повністю відповідає вимогам нормативно-технічної документації і, крім того, характеризується підвищеною біологічною цінністю та функціональними властивостями завдяки наявності у лляному борошні біологічно активних речовин.

5. Для забезпечення відповідності виробництва нормам безпеки та якості було розроблено план виробництва крекеру «Льонок» за принципами системи НАССР, що дозволяє контролювати потенційні ризики на всіх етапах технологічного процесу.

6. Використання нетрадиційної сировини рослинного походження у виробництві борошняних кондитерських виробів дозволяє створювати продукцію з багатофункціональними властивостями. Результати досліджень підтвердили доцільність застосування лляного борошна для розширення асортименту крекерів із підвищеною смаковою, харчовою та біологічною цінністю.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Система управління охороною праці на підприємстві

Охорона праці — це комплекс правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини під час трудової діяльності. Ефективність системи охорони праці значною мірою забезпечується застосуванням системного підходу, який передбачає інтеграцію окремих заходів у єдину функціонуючу систему цілеспрямованих дій на всіх рівнях та етапах управління виробництвом чи навчальним процесом[95].

Відповідно до статті 13 Закону України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці безпечні умови праці відповідно до вимог нормативно-правових актів та забезпечити дотримання законодавчих норм щодо прав працівників у сфері охорони праці. Для виконання цих завдань роботодавець організовує функціонування системи управління охороною праці (СУОП), яка являє собою сукупність взаємопов'язаних органів

управління підприємством чи підрозділом, що здійснюють цілеспрямовану, планомірну діяльність на основі нормативної документації, застосовуючи відповідні функції та методи управління трудовим колективом з метою реалізації заходів з охорони праці [96-98]

Процес створення СУОП включає визначення мети системи, об'єкта і органів управління, завдань та заходів з охорони праці, функцій і методів управління, побудову організаційної структури та складання організаційно-методичної документації.

У ПУЕТ роботодавцем є ректор Нестуля Олексій Олексійович, а служба охорони праці підпорядковується безпосередньо йому. Основним пріоритетом служби є збереження життя та здоров'я учасників навчального процесу. Структурно-функціональна схема управління охороною праці на кафедрах і в структурних підрозділах університету наведена на рис. 5.1.

Адміністративно-господарська частина (АГЧ) є самостійним структурним підрозділом, підпорядкованим проректору з адміністративно-господарської роботи. Вона функціонує на підставі чинного законодавства України, Статуту університету, правил внутрішнього трудового розпорядку, стандартів документального забезпечення управління, інших нормативних документів, а також наказів і розпоряджень ректора.

АГЧ координує та контролює діяльність таких підрозділів:

- відділ експлуатації будівель і споруд;
- відділ теплоенергетики;
- відділ матеріально-технічного постачання;
- транспортний відділ;
- відділ охорони;
- служба головного енергетика;
- служба коменданта навчального корпусу;
- відділ охорони праці.

Організація роботи АГЧ ґрунтується на поєднанні персональної відповідальності посадових осіб за стан справ на їхніх ділянках та виконання ними покладених завдань із колегіальним обговоренням питань, що належать до

компетенції відділу. Такий підхід забезпечує ефективний контроль за станом охорони праці та безпекою навчального процесу, а також сприяє своєчасному прийняттю управлінських рішень і підвищенню якості організаційної діяльності.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз вітчизняних та зарубіжних літературних джерел, а також сучасного ринку борошняних кондитерських виробів, показав, що у виробництві крекерів застосовується обмежена кількість добавок. Це свідчить про доцільність розширення асортименту крекерів із використанням нетрадиційної сировини для підвищення споживних властивостей продукції та покращення її збереженості.

2. Досліджено вплив додавання борошна насіння льону на органолептичні показники крекерів. Встановлено, що оптимальним є внесення 5 % лляного борошна до основної рецептури, що забезпечує підвищення вмісту біологічно активних речовин і формування функціональних властивостей виробу.

3. Розроблено нові крекери із застосуванням нетрадиційної рослинної сировини, зокрема амарантового борошна, що сприяє підвищенню харчової та біологічної цінності продукції, покращенню органолептичних властивостей та подовженню терміну зберігання. У крекері «Льонок» встановлено, що вміст білка збільшився на 6 %, вуглеводів — на 5 %, а харчових волокон — майже у 2 рази порівняно з контролем.

4. □ Отриманий продукт відповідає всім нормативним та технічним вимогам, при цьому характеризується підвищеною біологічною цінністю та функціональними властивостями завдяки наявності біологічно активних сполук у лляному борошні.

5. Для забезпечення відповідності виробництва нормам безпеки та якості був розроблений план виробництва крекеру «Льонок» за принципами НАССР, що гарантує контроль за критичними точками технологічного процесу та мінімізацію ризиків.

6. Використання нетрадиційної сировини рослинного походження у виробництві борошняних кондитерських виробів дозволяє створювати продукцію з багатофункціональними властивостями. Результати проведених досліджень підтверджують доцільність застосування лляного борошна для розширення асортименту крекерів підвищеної смакової, харчової та біологічної цінності.