

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломної роботи  
освітнього ступеня «Магістр»  
на тему:

**Обґрунтування технології борошняних  
сумішей для продуктів функціонального  
призначення**

**Виконала:** здобувачка вищої освіти 2 курсу,  
групи МгХТз-1-24  
освітньо-професійної програми «Харчові  
технології»  
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

\_\_\_\_\_ Анастасія КУЗЬМЕНКО

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Вікторія КАЛИНА

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
харчових технологій,  
кандидат технічних наук, доцент  
Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«24» жовтня 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Кузьменко Анастасії Юріївні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології борошняних сумішей для продуктів функціонального призначення».

Керівник роботи: Калина Вікторія Сергіївна, кандидатка технічних наук, доцентка, затверджені наказом закладу вищої освіти від «24» жовтня 2025 року № 3183.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 15 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи 1 Літературні джерела та періодичні видання. 2 Наукова та науково-технічна документація, що стосується питань виробництва борошняних сумішей та їх вплив на показники якості хлібобулочних виробів. 3 Нормативно-технологічна документація та інструкції щодо ведення технологічних процесів. 4 Патенти та авторські свідоцтва.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Огляд літератури. 2 Матеріали та методи дослідження. 3 Експериментальна частина. 4 Практична реалізація результатів досліджень. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Мета та задачі досліджень. 2 Схема проведення експериментальних досліджень.  
3 Результати експериментальних досліджень. 4 Кошторис витрат на проведення досліджень. 5 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	доцент КАЛИНА Вікторія	24.10.2025	15.12.2025
5	доцент КАЛИНА Вікторія	24.10.2025	15.12.2025
6	доцент КАЛИНА Вікторія	24.10.2025	15.12.2025

7. Дата видачі завдання 24 жовтня 2025 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	24.10-27.10.25	виконано
2	Огляд літератури	28.10-07.11.25	виконано
3	Матеріали та методи дослідження	08.11-14.11.25	виконано
4	Експериментальна частина	15.11-25.11.25	виконано
5	Практична реалізація результатів досліджень	26.11-06.12.25	виконано
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	07.12-08.12.25	виконано
7	Організаційно-економічна частина	09.12-12.12.25	виконано
8	Загальні висновки та список джерел посилання	13.12-14.12.25	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	15.12.2025	виконано

**Здобувачка вищої освіти**

\_\_\_\_\_ Анастасія КУЗЬМЕНКО  
( підпис )

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ Вікторія КАЛИНА  
( підпис )

## РЕФЕРАТ

### Тема: «Обґрунтування технології борошняних сумішей для продуктів функціонального призначення»

**Кваліфікаційна робота:** 78 сторінок, 12 рисунків, 23 таблиці, 0 додатків, 53 літературних джерела.

**Об'єкт дослідження** – процес формування та технологічні властивості борошняних сумішей, призначених для виробництва продуктів функціонального харчування..

**Предмет дослідження** – фізико-хімічні та технологічні показники борошняних сумішей, їх вплив на якість та функціональні властивості готових продуктів.

**Метою роботи** є обґрунтувати технологію отримання борошняних сумішей для продуктів функціонального призначення шляхом визначення оптимального складу, дослідження їх властивостей та впливу на якість готової продукції.

*Актуальність теми зумовлена зростанням потреби населення у харчових продуктах, що не лише задовольняють енергетичні потреби, але й сприяють зміцненню здоров'я, профілактиці захворювань та покращенню якості життя. Сучасні тенденції харчової промисловості орієнтовані на збагачення рецептур природними компонентами, що мають високу біологічну цінність, клітковину, вітаміни, мінерали та антиоксиданти. Саме борошняні суміші є зручним і технологічно перспективним способом створення широкого спектра функціональних продуктів.*

### КЛЮЧОВІ СЛОВА

*Борошняні суміші, функціональні продукти, поживна цінність, біологічно активні речовини, технологічні властивості, зернові інгредієнти, композиційний склад, антиоксидантна активність, дієтична клітковина, оптимізація рецептур.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....	10
1.1 Сучасні підходи до функціонального харчування .....	11
1.2 Основні принципи розробки функціональних продуктів .....	13
1.3 Продукти хлібної групи з функціональною дією.....	15
1.4 Виробництво борошна з круп'яних культур .....	16
1.5 Технологічні основи формування борошняних сумішей .....	19
1.5.1 Методи і технології приготування сумішей.....	19
1.6 Фізико-механічні характеристики борошняних сумішей.....	21
1.7 Вплив борошна з різних круп'яних культур на реологічні та хлібопекарські властивості .....	22
Висновки за розділом .....	24
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	26
2.1 Матеріали дослідження .....	26
2.2 Методи дослідження.....	28
2.2.1 Фізико-хімічні методи аналізу .....	28
2.2.2 Реологічні методи дослідження .....	29
2.2.3 Проведення лабораторних випічок та методи аналізу якості хліба.....	29
Висновки за розділом .....	30
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА .....	32
3.1 Аналіз гранулометричних характеристик борошна з круп'яних культур .....	32
3.2 Дослідження фізико-механічних параметрів різних видів борошна .....	34
3.3 Вивчення процесу формування борошняних сумішей .....	35
3.3.1 Оцінка часу змішування різних типів сумішей.....	38
3.3.2 Вплив концентрації компонентів на тривалість змішування .....	39
3.4 Оцінка стійкості борошняних сумішей проти розшарування .....	40
3.5 Вплив додавання борошна з круп'яних культур на реологічні та хлібопекарські властивості сумішей.....	42

3.6 Дослідження можливостей регулювання реологічних характеристик борошняних сумішей.....	46
3.7 Дослідження способів корекції хлібопекарських властивостей сумішей.....	47
3.8 Вплив включення борошна з круп'яних культур у пшеничне борошно на показники якості під час зберігання .....	49
Висновки за розділом .....	55
4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	57
Висновки за розділом .....	60
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	62
5.1 Розробка карти безпеки праці під час виробництва борошняних сумішей....	62
5.2 Шляхи утилізації відходів під час виробництва борошняних сумішей.....	64
Висновки за розділом .....	66
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	67
6.1 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження .....	67
6.2 Розрахунок вартості дослідження .....	70
Висновки за розділом .....	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	72
БІБЛІОГРАФІЯ .....	74

## ВСТУП

Харчування є фундаментом життєдіяльності людини та однією з ключових умов її існування. Воно визначає тривалість життя, рівень працездатності, загальне самопочуття, настрій, а також здатність організму протистояти інфекціям і негативним чинникам довкілля. Їжа не лише забезпечує енергією, а й містить комплекс біоактивних речовин, які регулюють фізіологічні процеси в організмі.

За останні 30 – 50 років середні енергетичні витрати людини зменшилися у 2 – 2,5 рази. Відповідно скоротилася й кількість уживаних продуктів. Проте разом зі зменшенням калорійності раціону знижується й надходження есенціальних речовин, зокрема вітамінів та мінералів.

Поряд зі зниженням енерговитрат спостерігається зменшення різноманітності раціону та зростання споживання рафінованих, висококалорійних продуктів, бідних на важливі поживні компоненти (білий хліб, кондитерські та макаронні вироби тощо).

На думку фахівців із нутриціології, у жителів України та інших розвинених країн сьогодні немає можливості повністю забезпечити потребу в мікро- та макронутрієнтах лише традиційним харчуванням. Необхідні додаткові джерела надходження фізіологічно значущих інгредієнтів.

Світовий і вітчизняний досвід доводить, що ефективним шляхом вирішення цієї проблеми є створення широкого асортименту спеціалізованих харчових продуктів, додатково збагачених нестачаючими вітамінами та мікроелементами в кількостях, що відповідають потребам організму.

Розширення ринку біологічно активних добавок зумовило потребу у створенні нового покоління харчових продуктів, збагачених не одним чи кількома корисними компонентами, а максимально повним набором вітамінів, мінералів і харчових волокон. У таких продуктах, за можливості, також зменшують калорійність і покращують смакові характеристики.

Харчування, яке сприяє нормальному росту, розвитку та життєдіяльності

організму, зміцнює здоров'я та запобігає хворобам, отримало назву функціонального.

Одним із провідних напрямів створення продуктів для здорового харчування є збагачення традиційних продуктів фізіологічно корисними інгредієнтами (вітамінами, мінералами, поліненасиченими жирними кислотами, клітковиною тощо) та розробка технологій їх отримання.

Серед усього різноманіття продуктів лише одна група є постійною у раціоні більшості людей – це вироби на основі зернових культур. Найбільш поширеним із них є хліб, який має високу харчову цінність та не набридає завдяки своїм властивостям. Хліб, крупи та макарони є основними джерелами енергії, вуглеводів, харчових волокон, білків, вітамінів групи В та заліза.

Тому пшеничне борошно є зручним об'єктом для створення функціональних продуктів, оскільки його легко збагачувати харчовими волокнами, вітамінами, мінералами та іншими біоактивними речовинами.

Водночас борошно вищого сорту значно поступається за вітамінно-мінеральним складом борошну нижчих сортів. Крім того, воно містить відносно мало білка, який має дисбаланс амінокислот. Це створює додаткові можливості для його збагачення.

Одним із перспективних напрямів у виробництві зернових продуктів функціонального призначення є використання різних круп (гречаної, вівсяної, ячмінної, рисової, пшоняної, горохової) з метою корекції їх хімічного складу. Найбільш раціонально застосовувати крупи, подрібнені до стану борошна: ядрицю, дроблений рис, ячну та подрібнену вівсяну крупу. Такі продукти мають вищу харчову цінність порівняно з цілими крупами, однак менш популярні серед споживачів.

Додавання до пшеничного борошна компонентів із круп'яних і зернобобових культур дозволяє регулювати хімічний склад та змінювати смакові, ароматичні та зовнішні властивості виробів, що сприяє розширенню асортименту продукції.

Проте такі суміші впливають і на реологічні характеристики тіста, що може

ускладнювати виробництво хліба. Закономірності зміни цих властивостей під час додавання круп'яного борошна досліджені недостатньо. Крім того, актуальним є питання корекції еластичності та розтяжності тіста.

Для виготовлення сумішей із додаванням різних видів круп важливо дотримуватися вимог щодо крупності часток та використовувати спеціалізоване обладнання й режими змішування, що забезпечують однорідність і стійкість сумішей до розшарування.

Тому розробка стабільних однорідних борошняних сумішей із додаванням борошна з круп є сучасним та актуальним напрямом у виробництві продуктів функціонального призначення.

Метою роботи є обґрунтування технології отримання борошняних сумішей для функціональних продуктів шляхом визначення оптимального складу, дослідження їх властивостей і впливу на якість готових виробів.

Для реалізації поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- дослідити гранулометричний склад і фізико-механічні характеристики різних видів борошна;
- проаналізувати процес змішування та оцінити стійкість сумішей до розшарування;
- визначити вплив додавання борошна з круп на реологічні та хлібопекарські властивості сумішей, а також на показники якості під час зберігання;
- провести лабораторну випічку хлібобулочних виробів із використанням розроблених сумішей;
- виконати розрахунок витрат, необхідних для проведення експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження – процес формування та технологічні властивості сумішей, призначених для виробництва функціональних продуктів харчування.

Предмет дослідження – фізико-хімічні та технологічні характеристики борошняних сумішей, їхній вплив на якість та функціональні властивості готової продукції.

## 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Харчування є однією з ключових умов існування організму. Саме від його організації залежать здоров'я людини, її працездатність та тривалість життя. Повноцінний і безпечний раціон забезпечує нормальний ріст і розвиток, сприяє профілактиці захворювань, подовженню життя, підвищенню продуктивності та створює умови для адаптації в сучасному суспільстві [9, 11].

Проблема забезпечення людей якісною та корисною їжею завжди була однією з найактуальніших. У складних екологічних і соціально-економічних умовах якість раціону погіршується. Останнім часом енерговитрати населення значно зменшилися, а отже, знизилася й потреба в енергії та її джерелі – їжі. Водночас потреба в мікронутрієнтах та інших важливих речовинах практично залишилася незмінною. За висновками нутриціологів, традиційне харчування вже не може повністю забезпечити населення України та інших розвинених держав необхідними мікронутрієнтами. Потрібні додаткові джерела надходження біологічно активних інгредієнтів [1, 8].

У цьому контексті особливої важливості набуває створення та впровадження функціональних продуктів харчування, які містять компоненти, здатні зміцнювати імунітет, регулювати фізіологічні процеси в організмі та підтримувати активний спосіб життя протягом тривалого часу.

Одним із головних напрямів формування продуктів для здорового харчування є збагачення традиційних продуктів корисними інгредієнтами, що зазвичай відсутні (вітамінами, мінералами, поліненасиченими жирними кислотами, харчовими волокнами тощо), а також розробка нових технологій їх виробництва.

У світовій практиці постійно ведеться робота зі створення нових видів функціональних харчових продуктів, як універсальних, так і спрямованих на підтримку конкретних органів, систем або профілактику певних захворювань. Найбільше вимогам збалансованого харчування відповідають багатокomпонентні продукти, створені з поєднання сировини тваринного й рослинного походження

[6].

Раціон кожної людини значною мірою визначає стан її здоров'я. Окрім забезпечення організму енергією та необхідними речовинами, харчові продукти виконують важливу функцію профілактики та підтримки лікування багатьох захворювань [3, 6].

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, стан здоров'я населення має тенденцію до погіршення, що проявляється у збільшенні кількості людей із різноманітними, у тому числі аліментарними, захворюваннями.

Протягом останніх двадцяти років структура харчування населення України загалом відповідає рекомендованим нормам, однак спостерігається зниження споживання продуктів тваринного походження та збільшення вживання рослинних, зокрема хлібопродуктів і картоплі. Головними порушеннями харчового статусу різних груп населення є надмірне вживання тваринних жирів, нестача поліненасичених жирних кислот, недостатній рівень повноцінних білків і близько 30 % дефіциту харчових волокон. Також значним є недоотримання вітамінів (С, групи В, фолієвої кислоти) та мікроелементів (кальцію, заліза, йоду, фтору, селену, цинку) [4, 11, 17].

Отже, встановлено, що сучасні раціони з огляду на їхню структуру та стиль життя населення можуть становити потенційний ризик для здоров'я. Тому розроблення та використання продуктів, що дозволяють збалансувати надходження найважливіших компонентів, є надзвичайно актуальним.

### 1.1 Сучасні підходи до функціонального харчування

Концепція функціонального харчування як окремого науково-практичного напрямку в сфері здорового харчування сформувалася на початку 1990-х років. Сьогодні під терміном «функціональні харчові продукти» розуміють такі продукти, що призначені для регулярного споживання всіма віковими групами здорового населення у складі повсякденного раціону з метою зниження ризику виникнення захворювань, пов'язаних із харчуванням, а також підтримки та

зміцнення здоров'я завдяки наявності у їх складі фізіологічно активних компонентів.

За твердженням дослідників, до функціональних інгредієнтів слід відносити ті речовини, які надходять до організму разом із традиційними харчовими продуктами. Продукт може бути класифікований як функціональний лише за умови, що він містить біодоступний функціональний інгредієнт у кількості, що становить 10–50 % від середньодобової потреби у відповідному нутрієнті [4, 12, 13].

Навіть мінімальні дози мікронутрієнтів та інших біологічно активних речовин – окремо чи в поєднанні – беруть участь у ключових біохімічних процесах організму та забезпечують специфічні фізіологічні ефекти [2].

Вміст функціонального інгредієнта у готовому продукті повинен бути фізіологічно значущим, тобто відповідати нормам добової потреби людини, але при цьому не погіршувати споживчі характеристики продукту – його смак, запах та зовнішній вигляд [4, 7].

Наразі нормативні документи чітко регламентують адекватні та максимально допустимі рівні споживання як харчових, так і біологічно активних речовин відповідно до сучасних фізіологічних норм з урахуванням статі, віку, фізичного стану, рівня активності та інших чинників [5].

Продукти, збагачені фізіологічно активними інгредієнтами, а також харчові добавки не є лікувальними засобами. Їхнє завдання – профілактика, тобто зменшення ризику розвитку захворювань та метаболічних порушень у здорових людей.

Проте надмірне споживання окремих харчових або біологічно активних речовин може спричинити дисбаланс метаболізму інших елементів або підвищене навантаження на нирки, пов'язане з виведенням їх надлишку. З цієї причини продукти з контрольованою кількістю функціональних інгредієнтів вважаються більш безпечними [11].

Сучасні наукові джерела описують тисячі біологічно активних речовин, які класифікують за хімічною структурою, механізмом дії або природним

походженням [2, 5].

Основними природними джерелами функціональних інгредієнтів є натуральні харчові продукти та сировина тваринного, рослинного, мінерального чи мікробіологічного походження.

Перелік функціональних інгредієнтів постійно розширюється завдяки новим дослідженням щодо впливу компонентів їжі на здоров'я людини, а також можливостям їх промислового отримання та введення у харчові системи для створення збагачених продуктів.

На сучасному етапі у виробництві функціональних продуктів найчастіше застосовують такі групи інгредієнтів: харчові волокна, вітаміни, мінерали, поліненасичені жирні кислоти або жири, що їх містять, антиоксиданти, олігосахариди, окремі корисні мікроорганізми (пробіотики). Такі інгредієнти використовуються практично у всіх видах продукції: хлібі та хлібобулочних виробках, кондитерських виробках з борошна, молочних продуктах, пастах і спредах, мінеральній воді, напоях і продуктах дитячого харчування [7, 8, 13].

## 1.2 Основні принципи розробки функціональних продуктів

Продукти з підвищеним вмістом одних компонентів або, навпаки, зі зниженим вмістом інших давно застосовуються в дієтичному та лікувальному харчуванні, яке рекомендують людям із певними захворюваннями або тим, хто потребує харчування зі зміненим складом. До таких груп належать спортсмени, вагітні жінки, діти, літні люди та інші категорії з підвищеними потребами.

Ще однією причиною збагачення харчових продуктів корисними речовинами є необхідність відновлення їх кількості, втраченої під час глибокої технологічної обробки сировини, що широко використовується у промисловому виробництві. Деякі продукти характеризуються нестабільним або незбалансованим хімічним складом через специфіку сировини чи технології виготовлення, тому потребують корекції [8].

Додавання до продуктів додаткових корисних речовин є доцільним лише за

дотримання певних принципів.

По-перше, для збагачення слід застосовувати тільки ті речовини, дефіцит яких дійсно існує, є поширеним і не несе ризику для здоров'я.

По-друге, збагачувати потрібно насамперед продукти широкого вжитку, доступні всім віковим групам і присутні у щоденному раціоні.

По-третє, процес збагачення не повинен погіршувати споживчі характеристики продукту – смак, аромат, вигляд, свіжість – і не має знижувати засвоюваність інших поживних речовин чи скорочувати строк придатності.

Під час збагачення необхідно враховувати можливі хімічні взаємодії між інгредієнтами та компонентами продукту і обирати такі їх форми, комбінації та способи внесення, які забезпечують максимальну стабільність і безпечність на всіх етапах виробництва та зберігання.

Кількість функціональних добавок у збагаченому продукті повинна забезпечувати 20 – 50 % середньодобової потреби у цих речовинах при звичайних обсягах споживання продукту.

Внесені речовини мають розраховуватися з урахуванням їх природного вмісту у вихідній сировині, а також можливих втрат у процесі виготовлення та зберігання, щоб забезпечити відповідність регламентованим нормам протягом усього терміну придатності продукту.

Регламентований рівень доданих речовин має бути вказаний на упаковці та знаходитися під суворим контролем виробника й органів державного нагляду.

Ефективність збагачених продуктів повинна бути доведена під час випробувань на репрезентативних групах споживачів, що підтверджує їхню безпечність, прийнятні органолептичні властивості, добру засвоюваність та здатність істотно підвищувати забезпеченість організму внесеними мікронутрієнтами і покращувати відповідні показники здоров'я [1, 3, 14].

З часом на ринку сформувалися основні категорії функціональних продуктів, серед яких зернові, молочні, жирові вироби та безалкогольні напої. Усі ці групи демонструють активне зростання виробництва, а провідні позиції займають продукти на основі зернової сировини та хліба [10].

### 1.3 Продукти хлібної групи з функціональною дією

Хлібопродукти традиційно виступають основними джерелами енергії, білків і вуглеводів у раціоні людини, забезпечуючи відповідно 36,6 %, 40 % та 53 % їх добового надходження. За частотою споживання вони займають перше місце серед усіх груп населення. Крім того, такі продукти й досі залишаються найбільш доступними та економічно вигідними для всіх категорій споживачів [4, 9].

Нормативна річна кількість продуктів із зернових, рекомендована для однієї особи, становить 107 кг на рік. Вважається, що доросла людина повинна отримувати з цих продуктів близько 680 ккал на добу, що відповідає 30 – 40 % загальної енергетичної цінності харчування, і досягається це споживанням близько 200 – 250 г хліба, круп та інших зернових виробів щодня [5].

З огляду на це, хлібобулочні вироби є ефективним носієм для додаткового введення нутрієнтів, дефіцит яких характерний для широких груп населення, особливо тих, хто найбільше потребує корекції харчового статусу.

Аналіз наукових джерел свідчить, що подолати дефіцит мікро- та макронутрієнтів можливо завдяки використанню зернових продуктів, і цього можна досягти двома основними шляхами [4, 8]:

- збереження оболонкових частин і алейронового шару, де зосереджено найбільшу кількість мікронутрієнтів та біологічно активних речовин, під час помелу зерна [6];
- збагачення продуктів спеціальними функціональними інгредієнтами.

Перший підхід реалізується через виробництво продуктів із цільного зерна – цільнозернового хліба, пластівців, круп з нешлифованого зерна, а також виробів із борошна грубого помелу.

Другий спосіб передбачає виготовлення хлібобулочної продукції, збагаченої фізіологічно активними речовинами, які поділяють на такі основні групи:

- білкові збагачувачі, що створюються переважно на основі рослинних білків, таких як суха пшенична клейковина (СПК) та продукти переробки бобових

культур [7];

- сировина з високим вмістом харчових волокон (ХВ). Основними джерелами є цільне зерно (дроблене або плющене), борошно з цільнозмеленого пшеничного чи житнього зерна, борошно грубого помелу, а також нетрадиційні види борошна – вівсяне, ячмінне, горохове, пшоняне, текстуроване борошно, отримане методом екструзійної обробки. Крім того, використовують овочеві та фруктові добавки, злакові висівки, а також спеціальні концентрати розчинних і нерозчинних ХВ [1, 5, 8, 11];

- вітамінні комплекси та мінеральні речовини, що містять різноманітні макро- та мікроелементи.

Серед нетрадиційних видів борошна особливо важливими є круп'яні продукти, які з технологічної точки зору є зручними для створення функціональних продуктів, збагачених харчовими волокнами, вітамінами, мінералами та іншими біологічно активними речовинами [2, 13, 14]. Більшість круп'яних культур вирощуються в Україні, що дозволяє повністю забезпечувати внутрішній попит [5].

#### 1.4 Виробництво борошна з круп'яних культур

Аналіз науково-технічних джерел підтвердив можливість виготовлення борошна з круп'яних культур за спеціально розробленими технологічними схемами. Вибір конкретної технології та параметрів процесу визначається призначенням отриманого борошна [8, 11, 13].

У 30 – 50-х роках ХХ століття було створено технологічні схеми переробки проса, вівса, ячменю, кукурудзи та гороху на борошно. Головним принципом цих схем була максимальна подібність до процесів, що використовувались на підприємствах із виробництва пшеничного та житнього борошна. Як сировину застосовували попередньо очищене зерно круп'яних культур. Такий підхід давав можливість виготовляти борошно у значних обсягах (понад 120 т/добу) на діючих підприємствах, потребуючи лише незначної корекції параметрів обладнання та

напрямку руху продуктів під час розмелювання. Отримане борошно використовували як добавку у виробництві хліба та хлібобулочних виробів.

У 70 – 80-х роках проводилася модернізація млинів із впровадженням продуктивнішого обладнання, що дозволило повністю забезпечити населення пшеничним борошном вищого ґатунку. Таке обладнання характеризувалося підвищеною ефективністю, але водночас вузькою спеціалізацією та обмеженими можливостями зміни параметрів, що ускладнювало його використання для переробки різних культур.

Паралельно зростала перспективність застосування борошна з круп'яних культур для виробництва продуктів дитячого та дієтичного харчування. Борошно отримували шляхом подрібнення очищеної необробленої крупи або крупи, що пройшла легку гідротермічну чи механічну обробку [7].

Для видалення зернових і бур'яних домішок використовували повітряно-ситові сепаратори, концентратори, каменевіддільні та шліфувальні машини, трієри та магнітні пристрої. Майже всі технологічні схеми передбачали сухе очищення.

Технологічно виробництво борошна здійснювали в одному цеху, часто із застосуванням термічної обробки, після чого очищену крупу безпосередньо подрібнювали. Подрібнення здійснювали трьома способами: на вальцьовому верстаті; на комбінації вальцьового верстата та дробарки; на молотковій або штифтовій дробарці зі вбудованим ситом. Важливими були як метод подрібнення, так і схема сортування продуктів, що забезпечувала видалення високо-зольних частинок оболонок і випадкових домішок. Таке борошно переважно застосовували для виробництва каш і дієтичних продуктів швидкого приготування.

Сучасні технології виготовлення борошна з круп передбачають комплексну переробку сировини та отримання кількох видів борошна з різною крупністю та призначенням. Переважно його використовують у виробництві спеціальних сортів хліба, хлібобулочних виробів лікувально-профілактичного призначення та кондитерської продукції [3, 12].

Крупність помелу такого борошна залежить від виду сировини і структурної схеми виробництва. Наприклад, у джерелах [2, 14] рекомендується застосовувати ячмінне борошно «Особливе» з залишком на ситі 067 не більше 2 %, кондитерське борошно із залишком на ситі №38ш не більше 2 %, а також обдирне борошно із залишком на ситі №27ш не більше 2 %. В іншій роботі пропонується виготовлення борошна з проса, вівса, ячменю та гороху з крупністю не більше 2 % залишку на ситі №24. Для гречаного борошна встановлено інший показник: мінімум 80 % має проходити через сито 045.

Отже, крупність борошна, отриманого різними методами та для різних цілей, суттєво відрізняється. Тому важливо визначити оптимальний розмір частинок, який забезпечить виготовлення виробів заданої якості та буде максимально наближеним за властивостями до пшеничного борошна вищого гатунку.

У розмелі круп'яних культур складно визначити універсальну технологічну схему, придатну для переробки кількох видів сировини. Використання цілого зерна потребує довгої технологічної лінії з великою кількістю обладнання, оскільки потрібно видалити оболонку зерна. Натомість застосування круп як сировини дозволяє скоротити процес і уникнути складного очищення. Найефективнішим є використання подрібнених видів круп, які мають низький попит, доступнішу ціну, але зберігають усі властивості та поживність цільних круп.

Сьогодні для підвищення харчової цінності хліба та створення продуктів із заданим складом, що відповідають вимогам функціональних харчових продуктів, важливо мати можливість переробляти різні види круп'яної сировини на одній універсальній виробничій лінії. При цьому отримане борошно повинно відповідати потребам хлібопекарської і кондитерської галузей.

Додавання борошна з круп'яних культур у пшеничне борошно вищого та першого сортів здійснюють шляхом сухого змішування, переважно на борошномельних підприємствах. Однак у літературі багато уваги приділено властивостям кінцевої продукції, тоді як питання процесу складання сумішей,

їхньої однорідності та оцінки якості розкриті недостатньо.

Вивчення сучасних тенденцій у борошномельній та хлібопекарській галузях свідчить про важливість і актуальність досліджень, спрямованих на створення сумішей із додаванням круп'яних продуктів, аналіз їхньої однорідності та технологічних характеристик.

## 1.5 Технологічні основи формування борошняних сумішей

### 1.5.1 Методи і технології приготування сумішей

Використання борошняних композитних сумішей за умови наявності ефективних технологій їх приготування та застосування дозволяє в необхідних межах змінювати харчову цінність хлібних виробів, покращувати їх органолептичні та фізико-хімічні властивості, а також створювати нові види хліба та хлібобулочної продукції [7, 10].

Сучасний асортимент таких сумішей здебільшого формують, орієнтуючись на сумісність смакових характеристик окремих компонентів. Проте оптимальним є підбір сировини на основі взаємного збагачення біологічно цінних речовин з урахуванням функціонально-технологічних параметрів, вартості інгредієнтів та термінів їх зберігання [8].

Питання збалансованості продукції хлібної групи досліджують багато наукових установ та підприємств галузі. Однією з перших в Україні почали випускати житньо-пшеничну борошняну суміш. Для її виробництва проводили спільне кондиціонування зерна жита та пшениці та подальше розмелювання. Проте було встановлено, що ці культури мають різні показники вологопоглинання, що ускладнювало їх одночасну переробку. Крім того, результати досліджень підтвердили різну здатність пшениці та жита до розмелювання, тому для підтримання необхідної пропорції компонентів можна було застосовувати лише односортний помел. Аналіз ІЧ-спектрів показав, що процентний вміст складових нестабільний і змінюється на різних етапах технологічного процесу [9].

Інший шлях отримання збалансованої продукції – виготовлення продуктів

швидкого приготування у вигляді пластівців із різних культур. За певних режимів гідротермічної обробки реологічні характеристики різних видів зерна стають подібними, що робить можливим їх спільну переробку [8]. Однак недоліком такої технології є можливість використання таких сумішей лише для приготування каш і зернових сніданків швидкого приготування.

Застосування борошняних композитних сумішей, у тому числі з додаванням борошна з круп'яних культур, значно розширює напрями їх використання – у хлібові, хлібобулочних виробих, кондитерській та макаронній продукції [2].

До складу таких сумішей можуть входити житнє та ферментоване житнє борошно, пшеничне борошно, зародки пшениці, висівки, різновиди пластівців із круп'яних культур, ціЛЬНОзмелене борошно, насіння льону, соняшнику та кунжуту [2]. У сумішах із підвищеним вмістом харчових волокон використовують борошно з жита, пшениці, вівса, ячменю, кукурудзи, бобових, проса, гречки, льону та сої.

Багатокомпонентна суміш «8 злаків» включає вісім видів борошна з різних культур, пшеничну клейковину, а також пластівці соєві, житні та пшеничні, насіння соняшнику, льону й кунжуту, а також зерна гречки та екструдовану кукурудзу. До складу суміші входять ціЛЬНОзмелене пшеничне і житнє борошно, а також борошно з ячменю, вівса, рису, гречки та полби. Зазначається, що завдяки високому вмісту білка, вітамінів, харчових волокон та мікроелементів (залізо, магній, кальцій, фосфор) хліб «8 злаків» сприяє підвищенню розумової активності, покращує пам'ять, зміцнює нервову систему та позитивно впливає на роботу серцево-судинної системи [3].

Розроблено нові види борошна з круп'яних культур – гречане, ячмінне, вівсяне, кукурудзяне, пшоняне, рисове, горохове, а також композитні суміші на їх основі для різних видів продукції. Для хлібобулочних виробів пропонується використовувати суміш, що містить 65 % пшеничного хлібопекарського борошна 1 сорту, 15 % житнього обдирного та 20 % борошна з круп'яних культур. Такий хліб рекомендовано для дієтичного та профілактичного харчування. Для кексів суміш може складатися з 80 % пшеничного борошна вищого ґатунку та 20 %

борошна з круп'яних культур. Для млинців та оладок застосовують суміші пшеничного борошна вищого гатунку з борошном із круп. На усі види продукції розроблено нормативно-технічну документацію [5, 9].

Огляд показав, що борошно з різних круп'яних культур має відмінний гранулометричний склад. Це зумовлює необхідність визначення часу, потрібного для досягнення однорідності сумішей для кожного виду борошна, а також розроблення простих і швидких методів контролю їх якості.

### 1.6 Фізико-механічні характеристики борошняних сумішей

Властивості сипких матеріалів, на відміну від рідин і твердих тіл, описуються низкою показників. Деякі з них є вузькоспеціалізованими й застосовуються для оцінки окремої характеристики сипучої речовини, що проявляється за певних умов впливу різних факторів [17]. Гранулометричний склад дозволяє визначити, як кількісно розподіляються частинки матеріалу за своїми лінійними розмірами. Більшість сипучих речовин складаються з частинок неправильної форми, тому для них використовують умовний діаметр – величину, отриману шляхом усереднення трьох вимірювань частинки за арифметичним або геометричним середнім [1]. Насипна щільність матеріалу залежить від розмірів частинок, їхньої середньої густини, вологості та способу укладання в шарі. Вона змінюється навіть тоді, коли матеріал перебуває у стані спокою. Під дією вібрацій стінок ємності сипка речовина ущільнюється і наближається до максимального значення насипної щільності. Під час руху, транспортування чи змішування, навпаки, відбувається розпушування матеріалу, і його об'ємна густина зменшується до мінімального рівня. Вологість також впливає на властивості сипких продуктів: їхню плинність, внутрішню тертя, щільність тощо. Волога може зв'язуватися з матеріалом механічно, фізико-механічно або хімічно. Текучість характеризує здатність сипких матеріалів витікати з певною швидкістю через отвори й залежить від гранулометрії, форми та розмірів частинок, коефіцієнта тертя та вологості. Кут природного нахилу визначається кутом між поверхнею

насипу матеріалу та горизонтом. Цей показник відображає рухливість сипких речовин і має враховуватися під час проектування конічних вихідних частин бункерів та похилих самопливів. У конструкціях завжди слід робити поверхні нахиленими під більшим кутом, ніж кут природного нахилу продукту [6]. Адгезія – це здатність матеріалу прилипати до твердих поверхонь. Така властивість є небажаною і повинна враховуватись під час розробки та роботи змішувачів, бункерів, випускних механізмів і транспортних систем. Адгезія спричинена дією різних сил: молекулярних, капілярних, електричних і кулонівських. Під час довготривалого зберігання без руху дрібні та порошкоподібні матеріали можуть ущільнюватися й утворювати грудки, втрачаючи сипкість. Це відбувається через переміщення частинок у шарі: дрібні елементи під впливом легких вібрацій потрапляють у проміжки між більшими частинками, збільшуючи площу контакту та сили адгезії [1, 3]. Отже, кожен компонент борошняних сумішей має свої фізико-механічні властивості, які впливають на процеси змішування та розшарування. Найважливішими параметрами є розміри частинок і їхня густина. Харчові продукти являють собою складні багатокомпонентні дисперсні системи з внутрішньою структурою та специфічними фізико-хімічними характеристиками. Серед усіх фізичних властивостей визначальними є реологічні [8].

### 1.7 Вплив борошна з різних круп'яних культур на реологічні та хлібопекарські властивості

Сучасні технологічні лінії для виробництва харчових продуктів розраховані на певні реологічні характеристики напівфабрикатів, тому дослідження змін цих параметрів дає змогу оцінити придатність продуктів до використання на лініях та правильно встановити технологічні режими, що впливає на якість готової продукції.

Регулювання хімічного складу шляхом поєднання пшеничного борошна з борошном круп'яних культур спричиняє зміни реологічних властивостей напівфабрикатів і хлібопекарських характеристик кінцевих виробів.

Реологічними або структурно-механічними називають такі механічні властивості матеріалів, що проявляються під час їх деформації чи руйнування. Харчові системи – зокрема хлібопекарське тісто, різні кондитерські маси – займають проміжне положення між твердим пружним тілом та істинно в'язкою рідиною. Такі продукти характеризуються складним поєднанням пружності, в'язкості й пластичності, які проявляються залежно від умов.

Прилади та методи, що застосовують для оцінювання реологічних показників харчових продуктів, поділяють на дві категорії:

- методи точного визначення класичних, або істинних, реологічних величин (динамічної в'язкості, межі міцності, модуля пружності тощо) в абсолютних одиницях;

- методи вимірювання умовних характеристик, які моделюють реальні технологічні процеси і мають емпіричний характер; результати таких вимірювань розглядають як показники консистенції та текстури [7].

Для дослідження борошняних сумішей найбільш доцільно застосовувати методи другої групи.

Аналіз літературних джерел свідчить, що внесення 3 – 5 % борошна з круп'яних культур, а інколи й до 10 % (залежно від виду) дає змогу отримати хлібні вироби підвищеної якості. Однак така кількість, згідно з розрахунками, лише незначно впливає на хімічний склад суміші, тому ці продукти не можна віднести до функціональних.

Збільшення частки борошна з круп'яних культур порушує оптимальний баланс клейковини, що суттєво змінює реологічні властивості тіста, зменшує об'єм та погіршує пористість хліба.

Вироби, виготовлені з різним дозуванням такого борошна за традиційною технологією – тобто за умов тривалого змішування та тривалого бродіння напівфабрикатів – мають гірші показники: зменшується об'єм, падає пористість м'якуша, структура стає грубішою [9].

Причинами зниження якості є відсутність клейковинних білків у борошні з круп'яних культур, слабша дія амілолітичних ферментів на їх крохмаль,

підвищена температура клейстеризації та слабка здатність білків до набухання, а також більша кількість дисульфідних зв'язків у білкових речовинах деяких домішок.

Проведені дослідження також показали, що на додачу до цих факторів відбувається посилення білкових структур.

Суть даного процесу полягає в тому, що зміни у властивостях білків, а відповідно й у якості кінцевого продукту, посилюються, якщо білкові сполуки різного походження відрізняються за морфологічними та біологічними ознаками й контактують тривалий час.

Під час взаємодії білкових речовин різних культур у тісті відбувається трансформація властивостей пшеничної клейковини: вона стає міцнішою і менш розтяжною [5].

Для застосування сумішей на основі пшеничного та круп'яного борошна необхідно визначити ступінь впливу виду та дози додатку за допомогою Амілографа, а надалі – встановити можливі методи корекції для отримання високоякісних виробів.

#### Висновки за розділом

Добре відомо, що головною зерновою культурою, яку застосовують у борошномельній та хлібопекарській галузях, є пшениця. Вона містить багато вітамінів, мінералів, харчових волокон, а також значну кількість крохмалю й білків. Водночас пшеничний білок має недостатньо збалансований амінокислотний склад. Крім того, під час переробки зерна на борошно харчова цінність зменшується через видалення частин зернівки, багатих на корисні речовини, разом із виробничими відходами. Отже, традиційні технології отримання пшеничного борошна призвели до зниження його поживної цінності. Це створює потребу у пошуку нових підходів для виготовлення хлібобулочних і кондитерських виробів, які б мали збалансований харчовий і біологічний склад.

Аналіз літератури показує, що сьогодні існують два основні напрями

розв'язання цієї проблеми, які допомагають компенсувати нестачу макро- та мікронутрієнтів і підвищити харчову цінність продуктів з пшениці. Перший передбачає збереження оболонки і алейронового шару, де містяться потрібні поживні речовини, а другий – збагачення продуктів різними функціональними інгредієнтами, зокрема борошном із круп'яних культур. Використанню такого борошна як добавки у виробництві хліба, хлібобулочних і кондитерських виробів присвячено багато наукових досліджень. Подібні продукти вирізняються високим умістом харчових волокон, вітамінів групи В і РР, а також мікроелементів. Білки круп'яного борошна мають більш сприятливий амінокислотний склад, зокрема містять більше лізину, метіоніну та триптофану. Тому другий напрям є ефективнішим, оскільки дозволяє більш повноцінно коригувати хімічний склад борошняних сумішей.

Проте в наукових роботах, присвячених збагаченню продуктів борошном із круп'яних культур, недостатньо висвітлено питання технології змішування та контролю його якості. Хоча існує багато типів змішувального обладнання та методів оцінювання однорідності для інертних матеріалів, процес гомогенізації сипучих харчових сумішей залишається недостатньо вивченим. Якщо в комбікормовій промисловості змішування та аналіз сумішей досліджено достатньо глибоко, то для виробництва борошняних композитних сумішей потрібні нові методики, адаптовані до можливостей контролю на борошномельних підприємствах, оскільки методи комбікормового виробництва є дорогими, складними та вимагають високої кваліфікації працівників.

Отже, створення борошняних композитних сумішей для функціональних продуктів із заданим хімічним складом і властивостями, а також розроблення підходів до оцінки їхньої якості (насамперед однорідності), є важливим та актуальним завданням.

## 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Матеріали дослідження

У ході проведення досліджень було використано такий набір сировини та матеріалів. Залучалися зразки пшеничного борошна вищого та першого гатунків, що відрізнялися за показниками якості. Усі проби відповідали нормам ДСТУ 2209-93, а їх характеристику наведено в таблиці 2.1.

Крім того, у роботі застосовували борошно, отримане шляхом помелу круп'яної сировини, яке представлено у торговельній мережі: борошно гречане (ДСТУ 7702:2015), пшоняне сортове (ДСТУ 1055:2006), рисове (ДСТУ 4965:2008), ячмінне сортове (ДСТУ 7700:2015) та горохове сортове (ТУУ 10.6-14224080-004:2017).

Послідовність виконання досліджень показано на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Структурна схема проведення досліджень

Таблиця 2.1 – Фізико-хімічні показники пшеничного хлібопекарського борошна

Найменування показника	Показники якості борошна, що використовується в дослідженні, № проби					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Вологість, %	10,9	13,9	14,4	13,3	14,3	14,7
Білизна, у.о	40,8	40,1	53,8	55,8	58,1	58,2
Вміст сирової клейковини, %	30,2	30,1	30,4	30,3	26,8	27,9
Властивості сирової клейковини, од. приладу ІДК	51	81	86	91	81	76
Число падіння, с	255	366	381	408	396	387
Крупність помелу, %	Залишок на ситі №35 – 1,1; прохід через сито №43 – 92	Залишок на ситі №35 – 1,4; прохід через сито №43 – 88	Залишок на ситі №43 – 1,5	Залишок на ситі №43 – 1,5	Залишок на ситі №43 – 2,1	Залишок на ситі №43 – 1,6
Пружність P, мм	126	103	95	99	92	91
Розтяжність L, мм	77	113	88	85	74	110
Вид кривої P/L	1,66	0,93	1,07	1,18	1,28	0,84
Робота W, Дж 10 <sup>-4</sup>	342	334	294	288	246	309

Як допоміжні інгредієнти для сумішей, що дають можливість компенсувати додавання борошна з круп'яних продуктів, використовували повножирне обсмажене соєве борошно та пшеничний крохмаль за ДСТУ 2211-93.

Для регулювання хлібопекарських властивостей у суміші додавали комплексні поліпшувачі.

Додатково використовували кухонну харчову сіль, пресовані дріжджі, молочний маргарин, маргарин для листового тіста, цукор-пісок, олію та яєчний порошок. Усі хімічні реагенти та препарати відповідали вимогам чинної нормативно-технічної документації.

## 2.2 Методи дослідження

У процесі дослідження характеристик сировини, напівфабрикатів та оцінки якості готової продукції було використано загально визнані фізико-хімічні й органолептичні методи, а також спеціалізовані методи аналізу.

### 2.1.1 Фізико-хімічні методи аналізу

Зразки пшеничного борошна, борошна з круп'яних культур, повножирного обсмаженого соєвого борошна, а також борошняних сумішей досліджували за такими показниками:

Відбір проб здійснювався згідно з ДСТУ 46.004-99 «Приймання та методи відбору проб».

Вологість визначали відповідно до ДСТУ ISO 20483:2016 «Борошно та висівки. Метод визначення вологості».

Білизну борошна оцінювали за ДСТУ 4870:2007 «Борошно. Метод визначення білизни на приладі РЗ-БПЛ».

Кількість і якість клейковини встановлювали за ДСТУ ISO 21415-1:2009 «Борошно пшеничне. Методи визначення кількості та якості клейковини».

Зольність вимірювали відповідно до ДСТУ ISO 2171:2009 «Зерно та продукти його переробки. Визначення зольності (загальної золи)».

Кислотність борошна за методом бовтанки визначали за стандартом ДСТУ ГОСТ 27493-87 «Борошно і висівки. Метод визначення кислотності по бовтанці».

Колір, смак та запах борошна оцінювали згідно з ДСТУ 27558 «Борошно та висівки. Методи визначення кольору, запаху, смаку та хрускоту».

Зараженість і забрудненість хлібних запасів шкідниками аналізували на основі ДСТУ 27559-87 «Борошно та висівки. Метод визначення зараженості та забрудненості шкідниками хлібних запасів».

Крупність борошна досліджували за ДСТУ 46.004-99 «Борошно та висівки. Метод визначення крупності».

Кут природного нахилу і об'ємну масу встановлювали згідно з ДСТУ

7169:2010 «Комбікорми, сировина. Методи визначення об'ємної маси та кута природного нахилу».

### 2.2.2 Реологічні методи дослідження

Аналіз реологічних характеристик пшеничного борошна та борошняних сумішей із додаванням борошна круп'яних культур різного складу здійснювався відповідно до вимог ДСТУ 4111.3-2002 «Борошно пшеничне. Фізичні властивості тіста. Метод визначення реологічних властивостей із використанням Амілографа».

### 2.2.3 Проведення лабораторних випічок та методи аналізу якості хліба

Параметри якості пшеничного борошна та сумішей з борошна визначали за допомогою тестування методом експериментальної лабораторної випічки відповідно до регламенту ДСТУ 46.004-99.

Приготування тіста для пробного випікання хліба проводилося безопарним методом. Процес замішування здійснювався із використанням лабораторної тістомісильної машини. Під час замішування спочатку в діжу засипали половину необхідної кількості борошна, після чого доливали заздалегідь підготовлену воду, у якій були розчинені дріжджі. Опісля додавали зважену кількість солі та решту борошна. Замішування виконувалося протягом 3 хвилин.

Процес бродіння тіста відбувався в термостатичних умовах за температури 31 °С та відносної вологості повітря 80 %. Протягом бродіння двічі виконувалася обминка: через 60 та 120 хвилин від початку процесу. Загальна тривалість бродіння становила 170 хвилин.

Рецептурний склад хлібобулочних виробів, виготовлених із суміші пшеничного та гречаного борошна, наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Рецептūra хлібобулочних виробів із сумішей пшеничного та гречаного борошна

Найменування сировини	Кількість сировини, %
Суміш (борошно пшеничне вищого гатунку + борошно круп'яних культур)	100
Хлібопекарські пресовані дріжджі	2,5
Кухонна харчова сіль	1,5
Вода	Розраховується залежно від вологості

Тісто обробляли вручну. Вистоювання заготовок проводили у формах у спеціальній шафі за температури 36 – 38 °С і відносної вологості 80 – 85 %. Готовність заготовок до випікання визначали органолептичним методом.

Процес випікання хліба здійснювали у лабораторній печі при температурі 220 – 230 °С. Хліб у формах випікали протягом 30 хвилин, а подовий хліб – 28 хвилин.

Після випікання верхню кірку свіжоспеченого хліба змочували водою.

Аналіз хліба проводили через 16 – 18 годин після випічки за такими характеристиками: об'єм згідно з ДСТУ 7517:2014, питому вагу та формостійкість перевіряли відповідно до стандартної методики, а пористість м'якуша оцінювали за ГОСТ 5669-96. Вологість та кислотність визначали за ДСТУ 7517:2014.

Органолептичну оцінку виконували за показниками, зазначеними в ДСТУ 9188:2022, зокрема: правильність форми формового хліба, колір та стан поверхні скоринки, забарвлення і структура пористості м'якушу, його структурно-механічні якості, аромат, смак і характеристики розжовування.

#### Висновки за розділом

У розділі наведено детальний опис основної та допоміжної сировини, використаної для створення борошняних сумішей функціонального призначення. До роботи залучали проби пшеничного борошна різних категорій якості, а також

борошно з гречки, проса, рису, ячменю та гороху. Це дозволило створити широкий спектр варіантів сумішей і дослідити їхній вплив на технологічні характеристики тіста та готових виробів.

Додаткове використання таких компонентів, як соєве борошно, крохмаль і ферментні препарати, сприяло регулюванню структури та хлібопекарських властивостей сформованих сумішей.

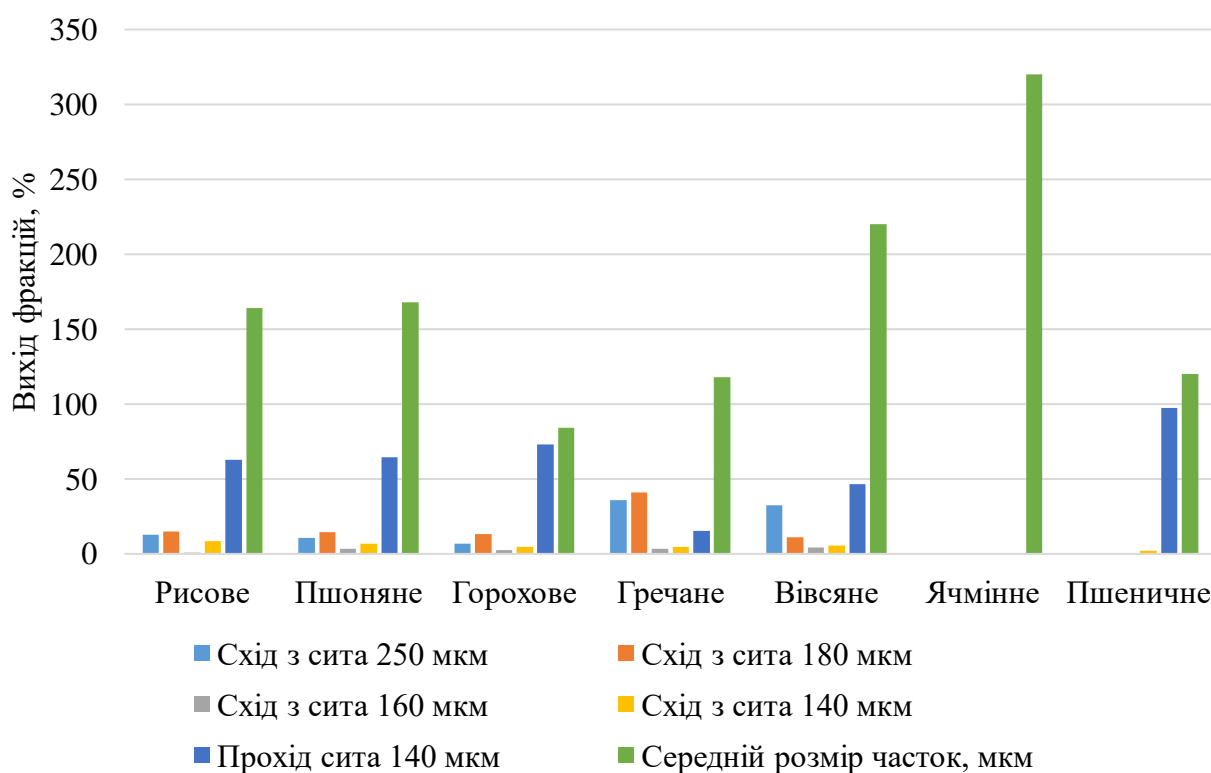
У процесі дослідження застосовано комплекс стандартизованих фізико-хімічних, органолептичних і спеціалізованих методів аналізу, які забезпечили надійність і високу відтворюваність отриманих результатів. Для оцінки реологічних властивостей тіста використовувався Амілограф, а якість хлібобулочних виробів перевірялась шляхом проведення пробної лабораторної випічки відповідно до нормативних методик.

Таким чином, другий розділ створює ґрунтовну методичну базу для подальших експериментів і забезпечує умови для об'єктивної оцінки властивостей борошняних сумішей та їх впливу на якість кінцевої продукції.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Аналіз гранулометричних характеристик борошна з круп'яних культур

Борошно складається з безлічі частинок, які можуть різнитися за своїми геометричними розмірами. Якщо окрема частинка має конкретний розмір, для характеристики дисперсної фази застосовуються статистичні показники частинок, які її формують. Для визначення ступеня дисперсності борошна найпоширенішими методами є ситовий та мікроскопічний аналізи.



Дані **рисунка 3.1** свідчать, що борошно, виготовлене промисловим способом, характеризується доволі крупною структурою (фракція проходить через сито з розміром 250 мкм). Серед переваг мікроскопічного методу аналізу можна виділити його здатність охоплювати широкий спектр розмірів частинок. На **рисунку 3.2** продемонстровано інтегральні криві гранулометричного складу борошна, отриманого з круп'яних культур.

Гранулометричний склад борошна різних видів був схожим за фракційною структурою. Проте пшеничне борошно вищого гатунку показало більш рівномірний гранулометричний склад у межах розмірів від 0,1 мм до 0,17 мм.

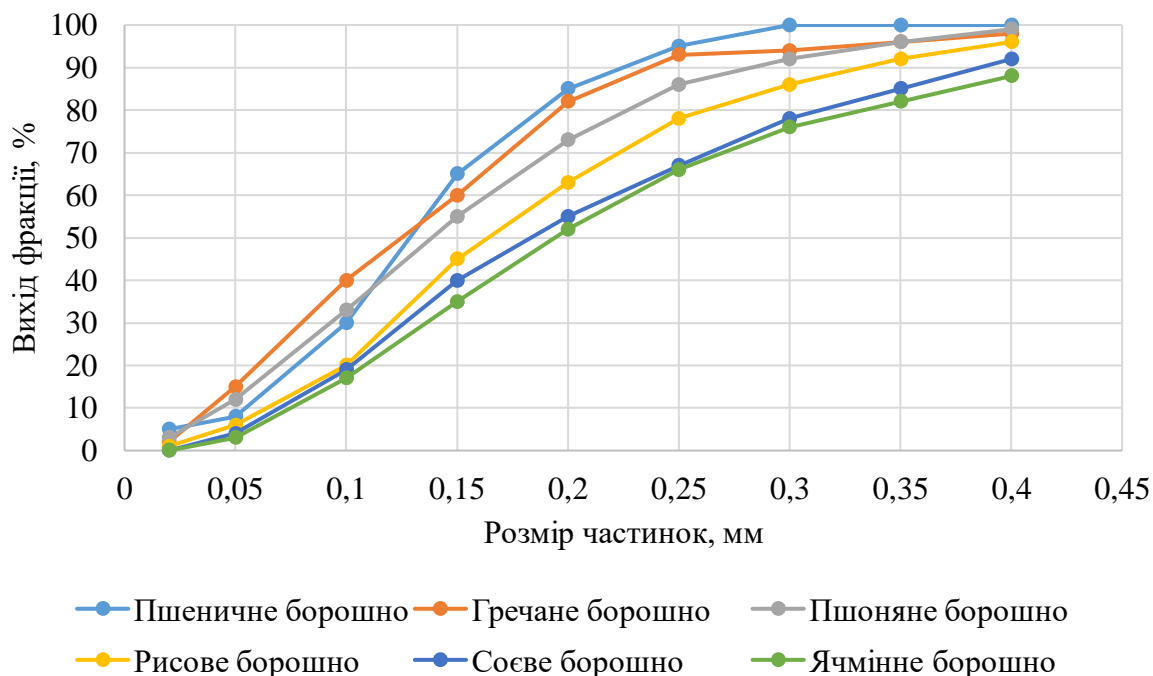


Рисунок 3.2 – Інтегральні криві гранулометричного складу різних видів борошна, виготовлених промисловим способом за різними технологічними схемами

Середній розмір частинок борошна з круп'яних культур коливався в межах 198 – 246 мкм. Крупи, які легко піддаються розмелюванню (рисова, пшоняна, горохова), мали середній розмір частинок від 198 до 210 мкм, тоді як твердіші крупи (гречана, ячна, вівсяна) – у межах 246 – 254 мкм. Найкрупнішим виявилось ячмінне і рисове борошно; соєве і гречане мали схожі розміри частинок, а пшоняне характеризувалося середнім гранулометричним складом.

З'ясовано, що різні види борошна з круп'яних культур мають подібний фракційний розподіл частинок. Це дозволяє припустити наявність схожих фізико-механічних властивостей цих продуктів.

### 3.2 Дослідження фізико-механічних параметрів різних видів борошна

На відміну від геометричних уявлень про окремі частинки борошна, фізико-механічні властивості характеризують стан усієї маси матеріалу.

Для маси борошна найважливішими характеристиками є насипна щільність, вологість, кут природного укосу, щільність і коефіцієнт плинності. Результати аналізу цих властивостей наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Фізико-механічні властивості різних видів борошна

Вид борошна	Вологість, %	Білизна, од	Насипна щільність, г/дм <sup>3</sup>	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Зольність, %	Кут природного укосу, град	Коефіцієнт текучості
Рисове	13,6	61,4	632	1,44	0,49	27	24
Пшоняне	12,9	11,6	592	1,43	1,4	38	-
Горохове	13,5	31,8	515	1,46	2,77	28	54
Гречане	12,7	-83,6	668	1,48	1,77	28	29
Вівсяне	12,3	13,6	572	1,42	1,99	38	-
Ячмінне	13,7	33,8	442	1,49	1,33	34	
Пшеничне	13,4	55,9	598	1,45	0,47	37	48
Соєве	11,5	-5,4	377	1,36	-	-	-

Вологість продукції коливалася у вузькому діапазоні від 12,7 до 13,7 %. Виражені відмінності спостерігалися лише у рівнях білизни. Щільність різних видів борошна виявилася досить близькою, змінюючись у межах від 1,36 до 1,49 г/см<sup>3</sup>. Кут природного укосу також мало варіювався між різними видами борошна.

Дослідження щільності різних видів борошна та вихідної сировини (таблиця 3.2) засвідчило незначні зміни цього показника у процесі помелу. Найменшу щільність продемонструвало повножирне обсмажене соєве борошно, ймовірно через високий вміст жиру. Найбільшою щільністю характеризувалося ячмінне

борошно. Загалом різниця у щільності між борошном із круп'яних культур була незначною.

Таблиця 3.2 – Щільність різних видів крупи та борошна

Борошно	Щільність, г/см <sup>3</sup>	
	Борошно	Ціла крупа
Рисове	1,475	1,482
Пшоняне	1,479	1,441
Горохове	1,441	1,428
Гречане	1,424	1,435
Вівсяне	1,435	1,398
Ячмінне	-	1,446
Пшеничне	1,429	-
Соєве	1,274	-

Аналіз фізико-механічних властивостей показав, що характеристики борошна з круп'яних культур мають багато спільного, що дозволяє припустити схожу поведінку компонентів у складі сумішей.

### 3.3 Вивчення процесу формування борошняних сумішей

Після того як було встановлено, що різні види борошна не мають суттєвих відмінностей у фізико-механічних властивостях, на основі отриманих результатів можна зробити висновок про приблизно однакову тривалість досягнення однорідності під час змішування різних компонентів борошняних сумішей. Тому на наступному етапі роботи проводили дослідження ступеня однорідності змішування за допомогою лабораторного вібраційного змішувача.

Вібраційний змішувач (рис. 3.3, 3.4) складається з платформи барабана 3, яка прикріплена до рами 1 через пружні елементи 2. На платформі 3 встановлено віброзбудувач 10, що працює від електродвигуна 11 через еластичну муфту (не зображена на рисунку). Контейнер 5 закріплений на стійках 4 і може обертатися навколо горизонтальної осі на 360°. Усередині контейнера 5 знаходиться

лопатевий вал 6 з лопатями 7, змонтований у підшипникових опорах 9. Його обертання забезпечує мотор-редуктор 13, з'єднаний із валом еластичною муфтою (не показана на рисунку). Окремий привід контейнера 5 включає електродвигун 14, муфту 15 та відкриту зубчасту передачу 16. Для завантаження та розвантаження контейнер оснащений люком 8, який має засувку з механізмом її фіксації.

У середині змішувача на частинки впливають сили тяжіння, інерції та відцентрова сила, що спричиняє їх переміщення відносно поздовжньої осі апарата та зміщення між шарами продукту. У результаті частинки одного інгредієнта рівномірно розподіляються серед частинок іншого, що забезпечує досягнення гомогенності суміші. Швидкість обертання барабана була сталою і дорівнювала 60 об/хв.

Для визначення здатності до рівномірного розподілу частинок у двокомпонентній суміші виконували дисперсійний аналіз розподілу гречаного борошна. Його результати підтвердили випадкове змішування компонентів, що дає підстави застосовувати лабораторний змішувач для отримання надійних даних щодо процесу змішування.

З метою оцінки однорідності в різні проміжки часу проводили експерименти зі складання сумішей, які містили пшеничне борошно вищого сорту та один із видів борошна з круп'яної сировини. Змішування тривало від 1 до 5 хвилин. Після завершення процесу суміш висипали на лист, вирівнювали тонким шаром і ділили на 16 рівних квадратів, з кожного з яких відбирали проби. Для підвищення точності з кожної ділянки брали по дві проби, а отримані результати усереднювали. Такий підхід відомий як метод квартування [4].

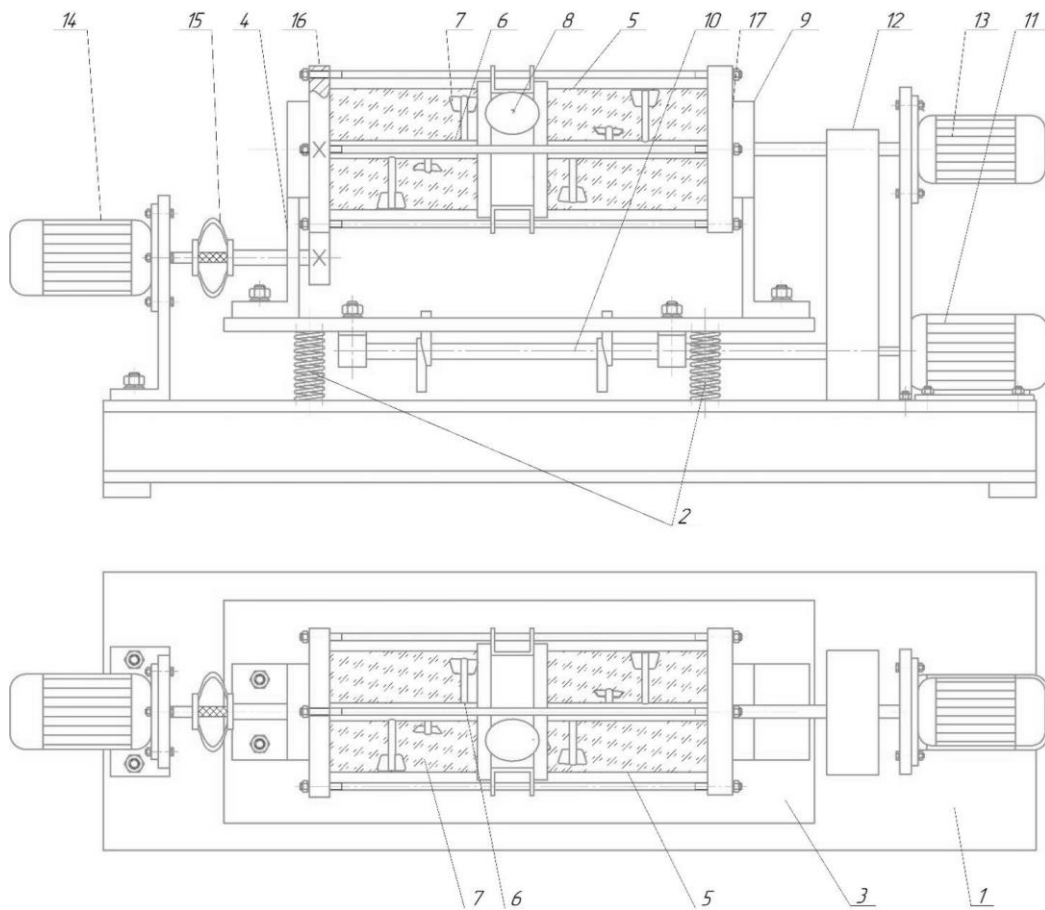


Рисунок 3.3 – Схема вібраційного змішувача

1 – рама; 2 – пружинна підвіска; 3 – платформа контейнера; 4 – опора; 5 – корпус змішувача; 6 – лопатевий вал; 7 – лопаті; 8 – завантажувальний люк; 9 – підшипниковий вузол; 10 – віброзбуджувач; 11, 14 – електродвигун; 12 – захист; 13 – мотор-редуктор; 15 – еластична муфта; 16 – зубчаста передача; 17 – отвори для взяття проб.

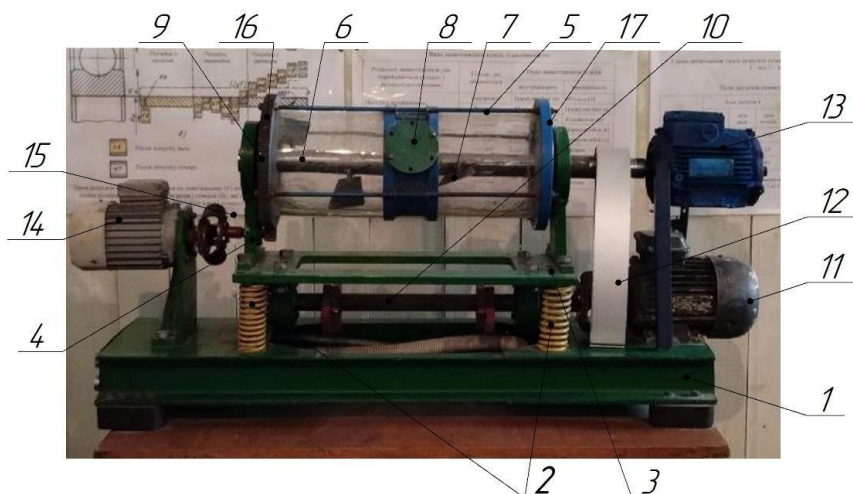


Рисунок 3.4 – Вібраційний змішувач із лопатевим валом

Оскільки проведення хімічного аналізу для визначення концентрації круп'яного борошна є досить витратним, потребує специфічних навичок та спеціалізованого лабораторного обладнання, замість цього здійснювали вимірювання показника білизни борошняної суміші.

### 3.3.1 Оцінка часу змішування різних типів сумішей

Для вивчення часу змішування виготовляли різні суміші, що містять 90 % пшеничного борошна та 10 % круп'яного борошна. Змішування проводили в лабораторному змішувачі і через різні часові проміжки оцінювали коефіцієнт варіації. В результаті було отримано криві змішування, представлені на рисунку 3.5.

Аналізуючи отримані дані можна дійти висновку, що незалежно від виду добавки, час наступу однорідності є однаковим для всіх сумішей і становить 2 – 3 хвилини. Тому з'являється можливість виробництва багатокomпонентних сумішей різних видів борошна з гарантованою однорідністю при заданих параметрах змішування.

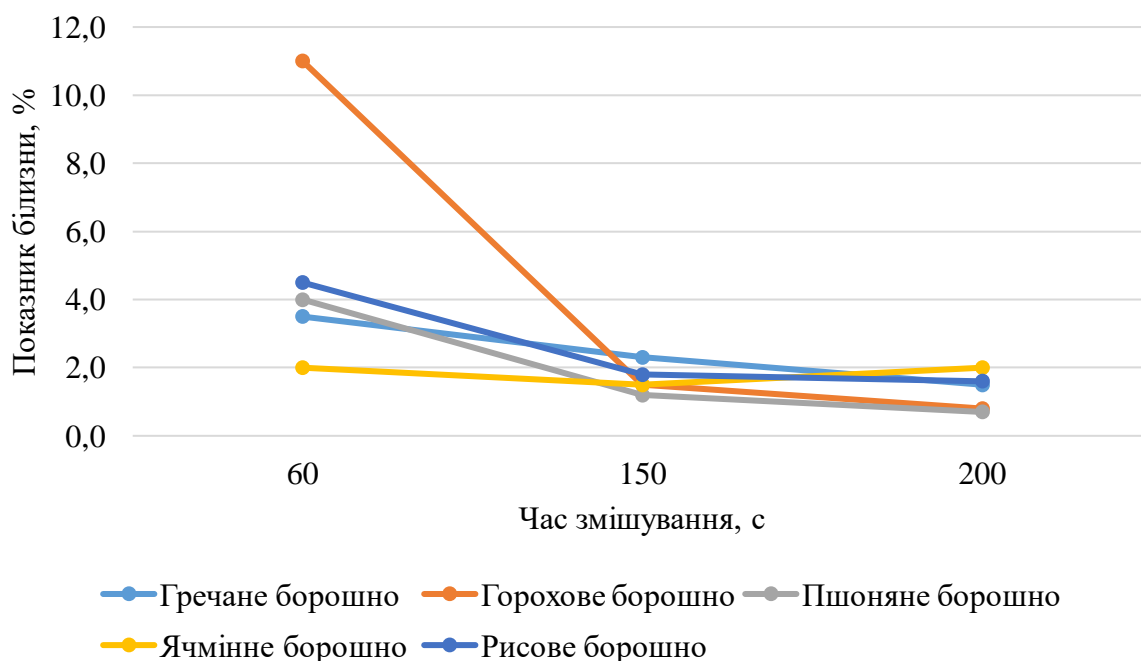


Рисунок 3.4 – Криві кінетики змішування (пшеничне борошно + 10 % борошна з круп'яних культур)

### 3.3.2 Вплив концентрації компонентів на тривалість змішування

Для дослідження тривалості процесу змішування були виготовлені різні зразки сумішей, що склалися на 90 % із пшеничного борошна та на 10 % із борошна круп'яного. Процес змішування здійснювався за допомогою лабораторного змішувача, а через визначені часові інтервали оцінювали коефіцієнт варіації. Результати експерименту у вигляді кривих змішування наведено в графічному вигляді на рисунку 3.6.

Проведений аналіз отриманих даних дозволяє зробити висновок, що незалежно від типу додаткових компонентів, час досягнення однорідного стану є сталим для всіх досліджуваних сумішей і становить приблизно 2-3 хвилини. Це свідчить про можливість виготовлення багатокомпонентних сумішей з різних видів борошна із гарантованою однорідністю за умови дотримання заданих параметрів процесу змішування.

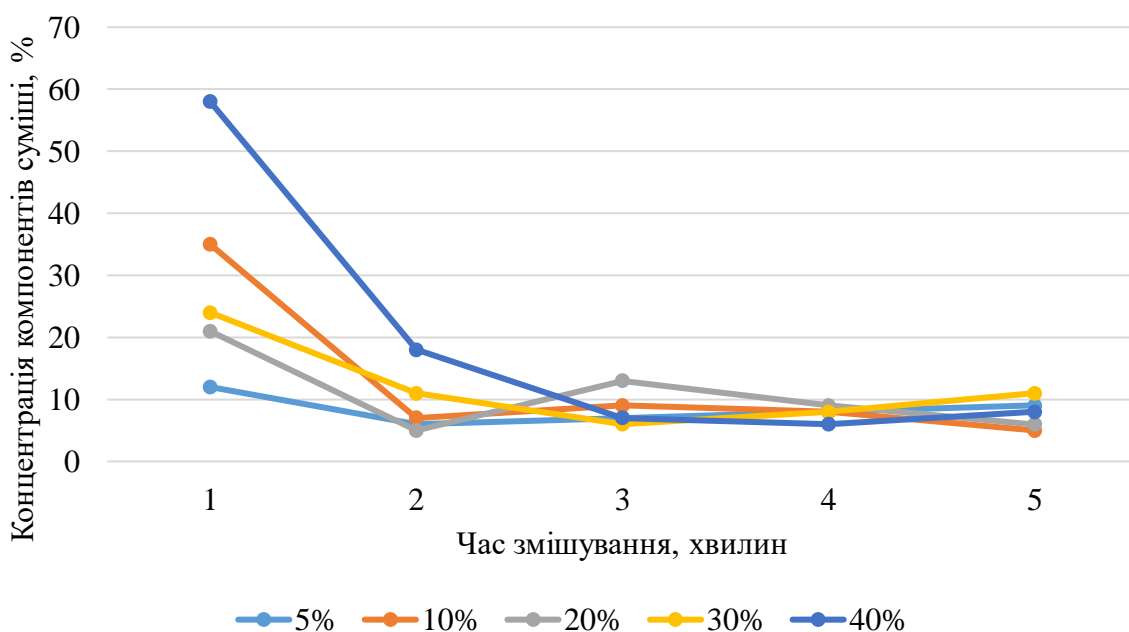


Рисунок 3.6 – Залежність відносного відхилення концентрації гречаного борошна від часу змішування

Дослідження показало, що незалежно від концентрації компонентів, вже на другій хвилині змішування досягається якісний розподіл речовин. Подальше

збільшення тривалості змішування майже не впливає на значення коефіцієнта варіації.

### 3.4 Оцінка стійкості борошняних сумішей проти розшарування

На сучасному етапі інтенсивно розвивається виробництво борошняних сумішей, що використовуються у хлібопекарській промисловості, для створення борошняних кондитерських та макаронних виробів. Застосування таких сумішей головним чином спрямоване на виготовлення різноманітних хлібобулочних виробів. До складу борошняних сумішей можуть входити компоненти з різними фізико-хімічними властивостями. Зазвичай, композитні суміші включають в себе борошно із круп'яних культур, екструдовані продукти, насіння олійних культур, пластивці, ферментні препарати та вітаміни. Всі ці складові відрізняються за розмірами та щільністю частинок, що суттєво впливає на їхню поведінку в складі суміші, зокрема на процеси досягнення однорідності чи розшарування.

Попри широке застосування змішувачів на борошномельних підприємствах для створення однорідних сумішей, питання стійкості борошняних сумішей залишається недостатньо вивченим і вимагає подальших досліджень. У рамках даного дослідження було здійснено спробу аналізу стійкості борошняних сумішей до вібраційних навантажень. Для цієї мети використовували спеціалізований лабораторний розсійник, представлений на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Розсійник лабораторний

Поведінка окремих компонентів борошняних сумішей (зокрема, вівсяного борошна, гречаного борошна, підірваного рису, насіння льону та мікротрейсерів) аналізувалася у середовищі пшеничного борошна. Відмічено, що вівсяне та гречане борошно за параметрами щільності й розміру були подібними до пшеничного. Натомість рис значно відрізнявся як за щільністю, так і за розміром. Насіння льону характеризувалося більшими розмірами частинок, тоді як мікротрейсери перевершували пшеничне борошно за розміром приблизно у три рази, а за щільністю у чотири рази.

Для проведення експерименту виготовляли суміш із пшеничного борошна з додаванням певного компонента. Суміш готували за допомогою лабораторного змішувача, після чого її завантажували у лоток розсійника. Параметри роботи розсійника варіювались: частота коливань змінювалася у діапазоні від 14,6 до 23  $\text{с}^{-1}$ , амплітуда – від 25 до 70 мм, що дозволяло досягти максимального самосортування компонентів. Оцінка стійкості проводилася шляхом аналізу відхилення концентрації компонентів у кожному шарі від середнього значення суміші (рисунок 3.8).

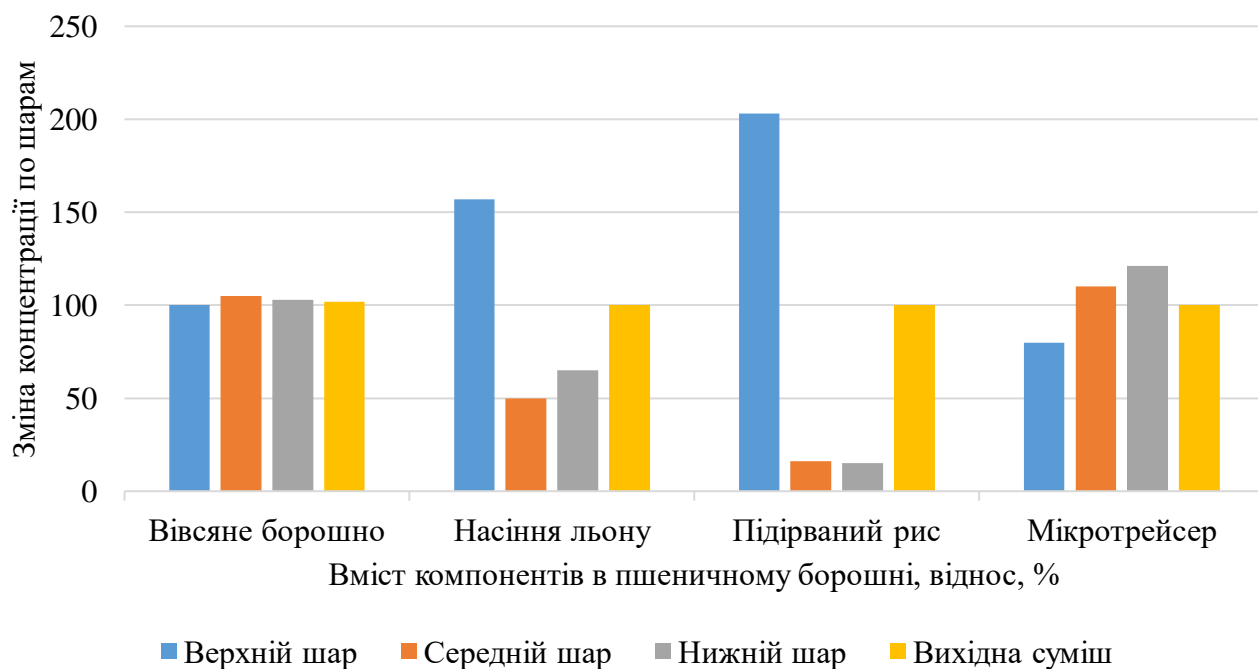


Рисунок 3.8 – Оцінка стійкості борошняних сумішей

Основним чинником ділимості сумішей було визначено густину та розмір частинок. Згідно з результатами експерименту, частинки, подібні за розміром і щільністю до пшеничного борошна, показали мінімальну тенденцію до розшарування (близько 1 %). Водночас насіння льону завдяки своїм більшим розмірам переважно переміщувалося до верхнього шару. Підірваний рис, який мав меншу щільність та значно більші розміри порівняно з пшеничним борошном, швидко піднімався до верхнього шару й навіть виштовхувався з нижнього нерухомого шару суміші. Металеві пофарбовані мікротрейсери, будучи у чотири рази щільнішими за пшеничне борошно, опускалися до нижніх шарів із верхніх.

### 3.5 Вплив додавання борошна з круп'яних культур на реологічні та хлібопекарські властивості сумішей

На сучасних автоматизованих лініях хлібопекарських виробництв реологічні властивості тіста відіграють важливу роль. У процесі розробки функціональних борошняних сумішей, що містять різні види борошна, необхідно

враховувати їх реологічні характеристики.

Для досліджень у кількості від 3 % до 30 % додавали різні види круп'яного борошна. Аналіз реологічних властивостей проводився за допомогою приладу «Амілограф», рисунок 3.9.



Рисунок 3.9 – Амілограф лабораторний для комплексного дослідження борошна та зерна

Зразки пшеничного борошна змішували з різними пропорціями нетрадиційного борошна (рисового, вівсяного, пшоняного, горохового, гарбузового, соєвого, гречаного, ячмінного), а також з додаванням крохмалю та сухої пшеничної клейковини.

Встановлено, що внесення круп'яного борошна в обсязі від 3 % до 30 % суттєво збільшує пружність тіста, але знижує його еластичність. У таблиці проаналізовано динаміку змін реологічних характеристик для борошна першого та вищого гатунку.

Дослідження показало значний вплив на реологію тіста при додаванні

ячмінного, вівсяного, соєвого та горохового борошна. Помірний вплив спостерігався у разі використання гречаного, рисового та пшоняного борошна. Мінімальний ефект зафіксовано при додаванні горохового борошна.

Зміни реологічних показників супроводжуються зниженням коефіцієнта роботи тіста, що є опосередкованою характеристикою хлібопекарських властивостей суміші. Найбільшими змінам піддавався показник  $R/L$  (співвідношення пружності до еластичності). Зокрема, при внесенні 10 % добавок з пшоняного та горохового борошна він зменшувався на 14 – 24 %, а для гречаного, соєвого та гарбузового борошна – на 170 – 234 %. При цьому показник роботи  $W$  зменшувався на 9 – 25 % для всіх видів борошна і до 50 % для горохового за умови дозування 10 %.

Також спостерігалось стабільне зниження еластичності  $L$  на 18 – 50 % залежно від виду культури. Разом із цим підвищувалася пружність  $R$ : для пшоняного, рисового та вівсяного борошна цей показник зростав на 5 %, для ячмінного, гарбузового, гречаного й соєвого – на 29 – 50 %. Така тенденція негативно позначається на хлібопекарських властивостях тіста. Крім того, додавання інших компонентів погіршувало розтяжність  $G$  і коефіцієнт еластичності  $I_e$ .

Таблиця 3.3 – Залежність швидкості зміни параметрів від виду добавки

Вид добавки	Характеристика амілограми											
	Пружність, P		Розтяжність, L		Робота, W		Вид кривої, P/L		Розтяжність, G		Коефіцієнт еластичності, Ie	
	I гатунок	Вищий гатунок	I гатунок	Вищий гатунок	I гатунок	Вищий гатунок	I гатунок	Вищий гатунок	I гатунок	Вищий гатунок	I гатунок	Вищий гатунок
Крохмаль	-0,361	-0,791	-3,132	-1,975	-7,813	-7,149	0,036	0,037	-0,368	-0,287	-0,168	-1,653
Суша пшенична клейковина	1,991	3,678	6,456	2,138	27,909	30,003	-0,048	0,011	0,686	0,211	0,878	0,771
Рисове	-0,116	0,537	-3,87	-2,393	-8,485	-6,64	0,055	0,126	-0,469	-0,374	-0,186	-1,598
Ячмінне	3,284	2,781	-5,772	-3,864	-7,039	-4,514	0,188	0,125	-0,751	-0,542	-0,168	-0,448
Соєве	5,192	4,698	-6,342	-5,253	-5,046	-6,472	0,249	0,254	-0,834	-0,773	-0,205	-5,651
Горохове	-1,915	-1,776	-3,377	-1,143	-14,38	-7,929	0,022	-0,011	-0,407	-0,157	-1,188	-1,152
Вівсяне	1,775	1,924	-4,746	-2,443	-7,562	-5,112	0,112	0,204	-0,593	-0,396	-0,644	-2,209
Пшоняне	0,335	0,019	-3,679	0,019	-6,663	-6,046	0,0504	0,083	-0,438	-0,323	-0,117	-1,598
Гречане	5,323	4,239	-5,158	-2,376	-0,734	-3,099	0,196	0,345	0,6565	-	-0,163	-

Отже, встановлено, що введення нетрадиційних видів борошна до пшеничного негативно впливає на реологічні властивості тіста. Це пояснюється зміною властивостей білків пшеничного борошна (клейковини) внаслідок взаємодії з іншими білковими структурами. Клейковина стає міцнішою, але менш еластичною, що погіршує якість тіста. Ступінь цих змін залежить від морфологічних і біологічних характеристик культур, з яких отримано борошно: чим більша різниця між культурами, тим сильніше ці зміни проявляються.

### 3.6 Дослідження можливостей регулювання реологічних характеристик борошняних сумішей

На наступному етапі дослідження вивчали вплив сухої пшеничної клейковини (СПК) на реологічні властивості пшеничного тіста. Аналіз сумішей пшеничного борошна з додаванням СПК продемонстрував поліпшення реологічних характеристик тіста майже за всіма параметрами амілограми, за винятком показників пружності (P) та співвідношення P/L. Враховуючи складність коригування цих показників, виникає потреба у визначенні нових шляхів або компонентів, які могли б значно впливати на ці параметри у бажаному напрямку.

У таблиці 3.4 наведено результати основних реологічних та фізико-хімічних властивостей досліджуваних борошняних сумішей:

- суміш I – пшеничне борошно з додаванням 10 % гречаного борошна та СПК;
- суміш II – пшеничне борошно з додаванням 10 % ячмінного борошна та СПК.

Таким чином, специфічна дія СПК на властивості пшеничного борошна дозволяє компенсувати вплив круп'яного та зернобобового борошна на реологію тіста за окремими параметрами амілограми. Завдяки цьому доцільним є виробництво хлібопекарських сумішей із покращеними біологічними властивостями шляхом додавання до пшеничного борошна круп'яного,

зернобобового борошна та СПК. У межах цього дослідження як приклад було розглянуто показник роботи (W), що характеризує хлібопекарські властивості борошна.

Таблиця 3.4 – Дослідження можливості коригування реологічних властивостей при внесенні СПК

Показник	Пружність, мм	L розтяжність, мм	P/L вигляд кривої	W робота, 10 <sup>-4</sup> Дж
Пшеничне борошно	95	88	1,07	294
Пшеничне борошно + 10 % гречаного борошна	142	48	2,8	269
Суміш I	144	52	2,86	288
Пшеничне борошно + 10 % ячмінного борошна	122	55	2,25	255
Суміш II	118	567	2,2	286

Дані таблиці 3.4 демонструють, що додавання СПК до борошняних сумішей майже повністю усуває відхилення реологічних властивостей тіста за обраним критерієм.

### 3.7 Дослідження способів корекції хлібопекарських властивостей сумішей

Дослідження можливостей зниження негативного впливу проводили шляхом використання сухої пшеничної клейковини (СПК) та ферментних препаратів, які зменшують пружність та підвищують еластичність тіста. Для усунення несприятливого впливу борошна нетрадиційних культур на якість хліба додавали суху пшеничну клейковину і ферментний комплекс, що включав  $\alpha$ -амілазу, ліпазу та глюкозооксидазу. Вибір і дозування поліпшувачів здійснювалися з урахуванням змін характеристик тіста, виміряних на амілографі. Додавання цих інгредієнтів відбувалося на етапі замішування тіста, що сприяло збільшенню його еластичності, значно скорочувало час бродіння і вистоювання. Заготовки тіста з поліпшувачами мали більш гладку поверхню, що зберігалася

навіть у процесі випікання.

Результати лабораторних випічок були узагальнені у таблиці 3.5.

Отже, проведені експерименти довели, що для створення хлібобулочних виробів функціонального призначення зі збільшеною харчовою та біологічною цінністю можливо використовувати борошно круп'яних культур як компонент борошняних сумішей на основі пшеничного борошна. Проте, при додаванні понад 10 % такого компонента, через погіршення якості хліба та зміну властивостей тіста, доцільно застосовувати комплексний поліпшувач на основі СПК та ферментних препаратів.

Таблиця 3.5 – Зміна хлібопекарських та реологічних властивостей залежно від складу суміші

Показники	Зразки				
	Контроль	+ 10 % гречаного борошна	+ 10 % гречаного борошна + комплекс ФП	+ 10 % гречаного борошна + 2,5% СПК	+ 10 % гречаного борошна + 2,5% СПК + комплекс ФП
Фізико-хімічні показники хліба					
Питомий V, мл/100 г борошна	349	274	338	338	354
Формостійкість, Н/D	0,465	0,415	0,427	0,379	0,505
Пористість, %	73	71	75	74	75
Реологічні властивості					
Пружність P, мм	92	147	138	167	141
Розтяжність L, мм	74	28	32	37	43
Вид кривої, P/L	1,28	5,35	4,48	4,67	3,37
Робота W, 10 <sup>-4</sup> Дж	246	177	189	259	243

На рисунку 3.10 представлено загальний вигляд у розрізі випечених хлібобулочних виробів.



Рисунок 3.10 – Вигляд у розрізі випечених хлібобулочних виробів

### 3.8 Вплив включення борошна з круп'яних культур у пшеничне борошно на показники якості під час зберігання

Дані щодо змін показників у процесі зберігання борошняних сумішей слугують основою для розробки практичних рекомендацій стосовно їхнього використання в продуктах функціонального призначення. З метою дослідження стабільності різноманітних властивостей під час зберігання було виготовлено вісім борошняних сумішей відповідно до рецептури, наведеної у таблиці 3.9. Зберігання здійснювали у герметичних целофанових упаковках за температури навколишнього середовища в межах 23 – 25 °С та відносній вологості 75 % протягом тримісячного періоду.

Зважаючи на те, що окремі компоненти борошняних сумішей можуть суттєво впливати на процеси окислення ліпідів, прискорюючи їх або, навпаки, гальмуючи, у дослідженні було приділено особливу увагу вивченню показників ліпідного комплексу. Одним із ключових параметрів виступало кислотне число жиру (КЧЖ), зміни якого для різноманітних борошняних сумішей представлені на рисунку 3.11.

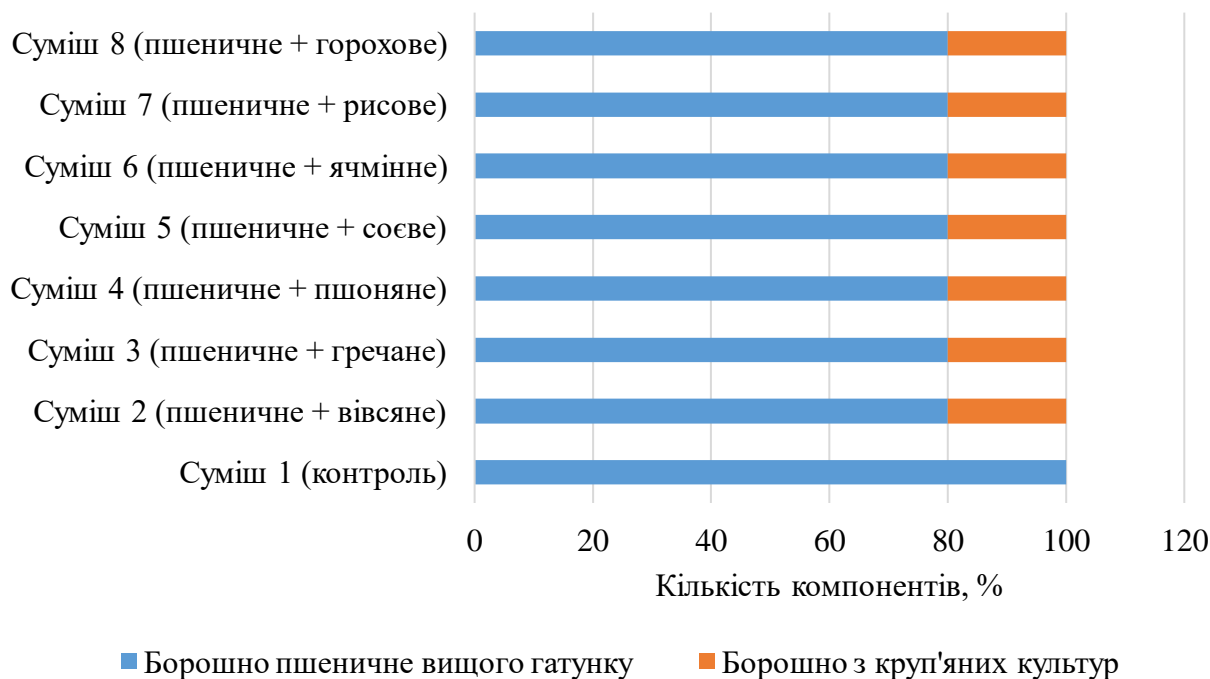


Рисунок 3.11 – Склад борошняних сумішей, закладених на зберігання

Графік показує, що швидкість зміни кислотного числа жиру (КЧЖ) для сумішей № 2, 3, 5 – 8 є однаковою, причому протягом перших 98 діб зберігання цей показник зростає приблизно вдвічі. Відзначено також суттєву різницю у вмісті вільних жирних кислот у борошняній суміші № 4 (пшеничне + пшоняне борошно) порівняно з іншими на початку зберігання – цей показник у середньому перевищує інші в 6,5 раза. Водночас, після завершення періоду зберігання приріст КЧЖ для суміші № 4 склав лише 1,5 раза. Ймовірно, високе початкове значення обумовлено підвищеним вмістом жиру у пшоняному борошні. При цьому, якщо у вівсяному борошні висока жирність компенсується значною кількістю антиоксидантів, то в пшоні концентрація цих речовин є низькою, що сприяє початку окислювальних процесів у ліпідах.

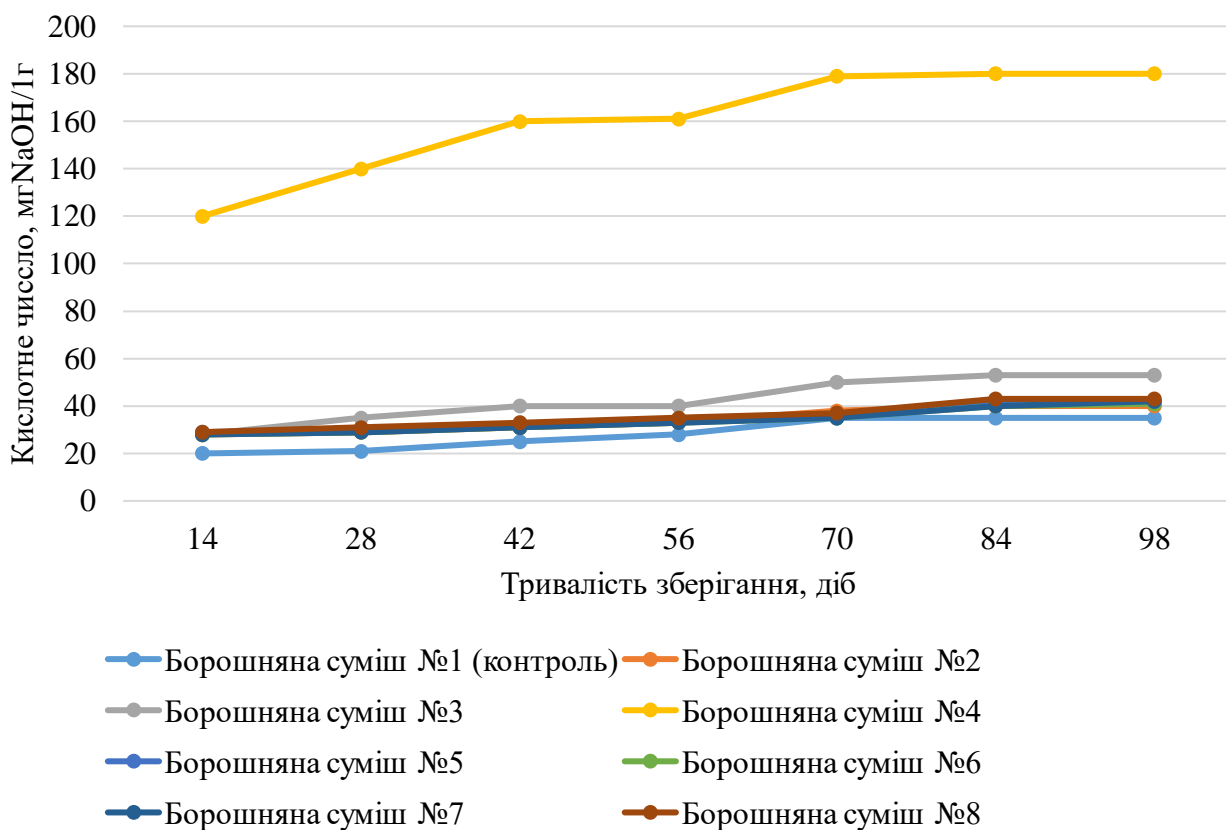


Рисунок 3.12 – Криві зміни КЧЖ у різних борошняних сумішах

Дослідження показало, що в зразках борошняних сумішей, виготовлених із додаванням різного борошна з круп'яних культур, кислотне число жиру збільшується приблизно вдвічі. Зокрема, борошняна суміш з додаванням пшоняного борошна відзначається значно вищим кислотним числом жиру. У подальшому етапі дослідили зміни фізико-хімічних властивостей борошняних сумішей під час процесу зберігання (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 – Зміна фізико-хімічних показників різних борошняних сумішей у процесі зберігання (90 днів)

Показник	1		2		3		4		5		6		7		8	
	0	90	0	90	0	90	0	90	0	90	0	90	0	90	0	90
Вологість, %	13,3	12,8	12,2	12,1	12,8	12,4	12,8	12,7	11,4	11,1	13,5	13,1	13,5	13,2	13,4	12,9
Білизна, у.о.	55,8	55,1	41,8	41,7	32,6	32,8	54,3	54,1	31,4	31,6	45,5	45,4	54,2	53,8	80,7	82
Кількість клейковини, %	30,3	20,9	26,8	26,5	27,6	27,5	24,7	24,5	Не відмивалася	Не відмивалася	28,1	27,8	27,7	27,4	24,1	23,9
Якість клейковини, у.о. ІДК	91	81	71	61	61	61	46	46	-	-	66	66	76	71	71	66

Отримані результати свідчать про незначне зниження вологості борошняних сумішей під час зберігання. Найімовірніше, це пов'язано з тим, що вплив зовнішніх умов сприяв поступовому встановленню рівноважної вологості.

Показник білизни сумішей практично залишався сталим. Невеликі відхилення, наведені в таблиці, скоріше за все є наслідком похибок вимірювань.

Білково-протеїназний комплекс за час зберігання зазнав суттєвих змін. У всіх досліджуваних зразках наприкінці періоду зберігання спостерігалось зменшення кількості клейковини на 0,1 – 0,4 %, при цьому її пружність збільшувалася на 5 – 10 у.о. за приладом ІДК. Такі результати узгоджуються зі зміною кислотного числа жиру, яке характеризує кількість вільних жирних кислот у зразку. Отже, підвищення вмісту вільних жирних кислот у процесі зберігання сприяє зміцненню клейковини та збільшенню її еластичності.

Наступний етап досліджень був спрямований на аналіз змін реологічних характеристик тіста, отриманого з борошняних сумішей, у процесі їх зберігання (таблиця 3.7).

Таблиця 3.7 – Зміна характеристик борошняних сумішей у процесі зберігання

Суміш, №	Пружність, Р		Розтяжність, L		Вид кривої, P/L		Робота, W	
	доба		доба		доба		доба	
	0	90	0	90	0	90	0	90
1	99	96	85	81	1,18	1,19	288	271
2	127	165	35	22	3,66	7,88	183	167
3	167	177	31	25	5,57	7,48	221	187
4	78	87	51	43	1,55	2,03	149	148
5	155	158	21	21	7,76	8,01	145	141
6	132	138	34	31	3,92	4,65	185	178
7	108	113	34	33	3,29	3,52	158	159
8	47	55	68	56	0,68	0,99	79	86

З таблиці 3.7 випливає, що під час зберігання реологічні показники змінюються по-різному. У контрольному зразку (пшеничне борошно)

спостерігається незначне зменшення пружності та розтяжності, а також невелике зниження роботи приблизно на 7 %. Водночас співвідношення між пружністю та розтяжністю для контролю залишається сталим.

Реологічні властивості інших сумішей змінювалися так: у всіх випадках відмічалось зростання пружності в межах 3 – 17 %, причому найзначніше – у суміші з гороховим борошном. Якщо у соєвій, рисовій та ячмінній сумішах зниження розтяжності було незначним, то у гречаній, вівсяній, пшоняній та гороховій воно досягало 10 – 40 %. Аналогічно змінювався і характер кривої, що свідчить про збільшення співвідношення цих показників.

У всіх зразках фіксувалося зниження величини «робота», яка опосередковано відображає зменшення хлібопекарських властивостей. Мінімальні втрати спостерігалися у пшоняній, соєвій та рисовій сумішах, тоді як у ячмінній, гречаній та вівсяній зниження становило 4 – 10 %. У гороховій суміші відзначалося збільшення роботи, однак висока липкість і надмірна еластичність тіста свідчать про можливе погіршення його хлібопекарських якостей.

Загалом можна стверджувати, що зі збільшенням терміну зберігання зростає пружність і зменшується розтяжність тіста, що пов'язано зі змінами білково-протеїназного комплексу.

Для визначення впливу тривалості зберігання на хлібопекарські показники сумішей було проведено випробні випічки за рецептурою, наведеною у розділі 2. Результати наведено в таблиці 3.8.

Встановлено, що під час зберігання відбувається зниження основних характеристик, які визначають хлібопекарські властивості. Найбільше падіння питомого об'єму зафіксовано у соєвій та вівсяній сумішах. Через 90 діб зберігання пористість зменшувалася на 1 – 2 %. Зростання формостійкості узгоджується зі змінами реологічних властивостей та білково-протеїназного комплексу.

Таблиця 3.8 – Вплив тривалості зберігання борошняних сумішей на хлібопекарські властивості

Суміш №	Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г		Формостійкість, Н:Д		Пористість, %	
	0 діб	90 діб	0 діб	90 діб	0 діб	90 діб
1	269	261	0,358	0,477	79	79
2	2278	207	0,448	0,478	менше 60	менше 60
3	248	242	0,388	0,434	68	64
4	274	266	0,293	0,341	69	68
5	238	215	0,368	0,528	менше 60	менше 60
6	268	254	0,395	0,465	65	65
7	274	268	0,338	0,451	68	68
8	271	258	0,258	0,313	69	68

Під час зберігання зміни в органолептичних властивостях були незначними. Загалом усі борошняні суміші зберегли свої первинні органолептичні характеристики.

#### Висновки за розділом

Було визначено, що борошно, виготовлене з різних видів круп'яної сировини за універсальною технологічною схемою, має подібний комплекс фізико-механічних характеристик.

Дослідження процесу можливого розшарування борошняних сумішей у русі показало, що вирішальне значення мають щільність компонентів та розмір їхніх частинок.

Використання борошна з круп'яних продуктів як складових борошняних сумішей не спричиняє розшарування більш ніж на 1 %, що дає можливість вважати таку суміш стабільною. Натомість застосування олійного насіння, екструдованої сировини, пластівців чи інших інгредієнтів, які істотно відрізняються за щільністю та розмірами частинок, призводить до швидкого й значного розшарування під дією навантажень. Великі та легші частинки накопичуються у верхніх шарах, тоді як дрібніші та щільніші – опускаються вниз.

Виявлено узагальнену закономірність впливу домішування борошна круп'яних і зернобобових культур на реологічні властивості тіста, що дає змогу передбачати якість сумішей різного складу.

Також встановлено, що присутність у складі суміші борошна з круп'яних культур – як у свіжих, так і у тих, що зберігалися 90 діб, – позначається на органолептичних та фізико-хімічних показниках хліба.

#### 4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для розроблення практичних рекомендацій було проведено пробні випічки. Під час приготування зразків використовували пшеничне борошно вищого гатунку та гречане борошно, яке мало більші частинки та за результатами аналізу характеризувалося низьким показником білизни (-53 у.о.).

Змішування компонентів здійснювали в змішувачі місткістю 10 кг протягом 5 хвилин. Перед цим усі складові зважували на вагах із точністю до 1 г. Після змішування отриману суміш фасували у крафт-пакети по 1 кг.

За такою схемою було виготовлено дві борошняні суміші різного складу. Суміш № 2, окрім пшеничного та гречаного борошна, включала суху пшеничну клейковину та ферментний комплекс у кількості 2,5 %. Оскільки масова частка ферментного комплексу становила лише 0,009 %, і для його рівномірного розподілу потрібен був значний час, попередньо готували передсуміш. Ферментний комплекс змішували зі сухою пшеничною клейковиною 30 хвилин, що, як показали попередні дослідження, забезпечувало рівномірність розподілу ферментів у носії. Як наповнювач слід використовувати один із компонентів суміші, причому його гранулометричні властивості, щільність, плинність і кути тертя не повинні суттєво різнитися. Цим вимогам відповідають суха пшенична клейковина, борошно першого гатунку та дрібні дунсти, отримані на ситових машинах.

Передсуміш завантажували вручну через лійку у заздалегідь увімкнений та частково заповнений змішувач.

У результаті були отримані дві борошняні суміші — № 1 та № 2 — з характеристиками, наведеними в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Фізико-хімічні та реологічні показники борошняних сумішей

Найменування показника	Борошняна суміш № 1	Борошняна суміш № 2
Вологість, %	13,6	13,4
Білизна, од.	44	41
Кількість клейковини, %	24,4	31,2
Якість клейковини, од. приладу ІДК	76	76
Пружність, Р	147	141
Розтяжність, L	28	43
Вид кривої, P/L	5,35	3,37
Робота, W	177	243

З даних таблиці 4.1 видно, що тісто з борошняної суміші № 2 відзначалося більшою розтяжністю. Це підтверджується значенням показника роботи, який характеризує хлібопекарські властивості борошна та є близьким до оптимальних параметрів для виробництва хлібобулочних виробів.

У лабораторних умовах із використанням борошняних сумішей були випечені хлібобулочні вироби типу багет. Рецептuru та параметри технологічного процесу можна знайти у таблицях 4.2 і 4.3 відповідно.

Таблиця 4.2 – Рецептuru хлібобулочних виробів з гречаним борошном

Сировина	Кількість, кг
Суміш борошняна з додаванням гречаного борошна	10,0
Дріжджі хлібопекарські пресовані	0,3
Сіль харчова	0,25
Всього	10,55

Таблиця 4.3 – Параметри технологічного процесу

Параметри	Значення параметра	
	Борошняна суміш № 1	Борошняна суміш № 2
Температура тіста після замісу, °С	26,5	27
Вологість тіста, %	51	50
Кислотність, градусів	2,8	3,1
Тривалість бродіння, хвилин	81	41
Тривалість вистоювання, хвилин	61	46
Температура пекарної камери, °С	220	220

Якість багетів, виготовлених із борошняних сумішей № 1 та № 2, досліджувалася через 16–18 годин після випікання, використовуючи фізико-хімічні та органолептичні параметри оцінювання (таблиця 4.4). Візуальне представлення розрізу виготовлених багетів наведено на рисунках 4.1 та 4.2 відповідно.

Таблиця 4.4 – Показники якості багетів

Найменування показника	Значення показника	
	З борошняної суміші №1	З борошняної суміші №2
Вологість, %	50	50,5
Пористість, %	77	79
Питома об'єм, см <sup>3</sup> /г	3,4	3,6
Вихід виробів	127,6	129
Форма виробу	Правильна	
Стан поверхні	Поверхня нерівна горбиста	Поверхня рівна, гладка
Колір поверхні	Світло-коричневий	Коричневий
Запах	Властивий даному виду виробів, без стороннього запаху	
Смак	Властивий даному виду виробів, без стороннього присмаку	



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд багету у розрізі отриманого із використанням борошняної суміші № 1



Рисунок 4.2 – Загальний вигляд багету у розрізі отриманого із використанням борошняної суміші № 2

#### Висновки за розділом

В результаті проведених досліджень та аналізу готових виробів можна зробити такий висновок:

виготовлені дослідні зразки хлібобулочної продукції відповідають установленим нормам і вимогам.

Порівняння якості багетів, зроблених із двох різних борошняних сумішей, показало, що:

— за органолептичними показниками гречаний багет із суміші № 2 має більш рівну та гладку поверхню;

— вироби, отримані з борошняної суміші № 2, відрізняються вищою пористістю та більшим питомим об'ємом.

Проведені випробування засвідчили можливість змінювати хлібопекарські властивості на прикладі виробництва багету.

Також доведено, що використання ферментних препаратів дає змогу регулювати реологічні характеристики тіста (покращуючи розтяжність, форму кривої та роботу тіста), що впливає на процес його приготування, скорочуючи час бродіння й вистоювання.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Розробка карти безпеки праці під час виробництва борошняних сумішей

Розробка картки безпеки праці під час виробництва борошняних сумішей є доцільною та необхідною, оскільки технологічний процес пов'язаний із дією низки небезпечних факторів, зокрема утворенням борошняного пилу, який може спричиняти алергічні реакції, подразнення дихальних шляхів та створювати вибухонебезпечне середовище. Чітко регламентовані вимоги до організації робочого місця, використання обладнання та засобів індивідуального захисту сприяють зниженню ризиків травматизму й забезпечують стабільну та безпечну роботу персоналу. Наявність картки також дозволяє стандартизувати виробничі операції, підвищити рівень відповідальності працівників та відповідати вимогам охорони праці й харчової безпеки на підприємстві.. Приклад розробленої карти приведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Карта безпеки праці під час виробництва борошняних сумішей

Розділ	Зміст
1. Загальні положення	Картка встановлює вимоги безпечної праці у виробництві борошняних сумішей. До роботи допускаються працівники, які пройшли інструктаж і медогляд. Дотримання вимог є обов'язковим для всіх працівників.
2. Небезпечні та шкідливі фактори	Борошняний пил, можливість алергічних реакцій. Підвищений шум від обладнання. Рухомі та нагрівні частини машин. Електричний струм. Вибухонебезпечність пилу. Ковзкі поверхні через висипання сировини.
3. Вимоги перед початком роботи	Перевірити справність обладнання, вентиляції та заземлення. Підготувати робоче місце, видалити сторонні предмети. Одягнути спецодяг, рукавиці, респіратор, окуляри. Підготувати сировину та документацію.

4. Вимоги під час роботи	Не відкривати кришки та люки під час роботи обладнання. Завантажувати сировину плавно, уникати пилових хмар. Виконувати операції змішування, дозування і транспортування за інструкціями. Стежити за роботою вентиляції. Не торкатися обертових частин. При відхиленнях – зупинити обладнання і повідомити керівника.
5. Вимоги після закінчення роботи	Вимкнути обладнання, відключити електроживлення. Очистити змішувачі, дозатори після повної зупинки. Провести вологе прибирання для зменшення пилу. Очистити та скласти ЗІЗ. Повідомити про несправності.
6. Використання ЗІЗ	Респіратори FFP2/FFP3 – для роботи з порошкоподібними добавками. Захисні окуляри – від потрапляння пилу. Рукавиці – при завантаженні сировини. Пилонепроникний спецодяг.
7. Дії у разі аварії	Не перезапускати обладнання самостійно після аварійного відключення. При загорянні пилу – використовувати порошковий або CO <sub>2</sub> -вогнегасник. Постраждалого з ознаками задимлення вивести на повітря. Надати домедичну допомогу при травмі.
8. Пожежна безпека	Забезпечувати роботу систем пиловидалення та вентиляції. Не допускати накопичення пилу на обладнанні. Заборонено паління та відкритий вогонь. Мати доступні вогнегасники.
9. Утилізація відходів	Відходи (відсів, пил) збирати в марковані контейнери. Харчові відходи передавати на переробку або як корм. Забруднене пакування утилізувати як побутові відходи.

Цей документ, розроблений для забезпечення безпечних умов під час виробництва борошняних сумішей, має бути офіційно погоджений із уповноваженими контролюючими структурами, зокрема службою охорони праці підприємства, санітарно-епідеміологічними та іншими наглядовими органами. Після затвердження картка повинна бути доступна кожному працівнику для обов'язкового ознайомлення, щоб персонал чітко розумів специфічні вимоги безпеки, пов'язані з роботою з борошненим пилом, обладнанням для змішування та транспортування сировини.

Дотримання цих правил підвищує дисципліну на виробництві, забезпечує прозорість технологічних процесів і значно знижує ризик травм, професійних захворювань та нещасних випадків при виготовленні борошняних сумішей.

## 5.2 Шляхи утилізації відходів під час виробництва борошняних сумішей

Під час виробництва борошняних сумішей неминуче утворюються різні категорії відходів, зокрема пилоподібні фракції борошна, органічні залишки зерна та висівок, вторинні сировинні матеріали, пакувальні відходи, санітарні та змішані відходи. Кожна з цих груп має свої специфічні властивості та рівень потенційної небезпеки, тому потребує індивідуального підходу до їхнього збирання, зберігання та утилізації.

Процедури поводження з відходами повинні виконуватися у суворій відповідності до санітарно-гігієнічних норм, вимог системи безпечності харчових продуктів НАССР, екологічних стандартів та чинного природоохоронного законодавства. Особливого контролю потребують процеси аспірації та фільтрації повітря, очищення води після миття обладнання, а також умови зберігання органічних залишків, які можуть бути потенційно небезпечними для мікробіологічної безпеки.

Правильно організована система утилізації відходів не лише підтримує безпечні та контрольовані умови виробництва, а й сприяє раціональному використанню ресурсів, мінімізації втрат сировини та зменшенню негативного впливу на довкілля завдяки утилізації, повторному використанню та вторинній переробці матеріалів. Такий підхід є невід'ємною складовою екологічно відповідального та ефективного виробництва борошняних сумішей. Приклад шляхів утилізації відходів виробництва борошняних сумішей представлено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Шляхи утилізації відходів виробництва борошняних сумішей

Вид відходів	Джерело утворення	Методи утилізації	Примітки / додаткові заходи
Пил борошна	Просіювання, подрібнення зерна	Збір та використання для виробництва кормів для тварин, біопалива, харчових добавок	Пил необхідно зволожувати або пресувати для зменшення виділення пилу; установка аспіраційних систем
Оболонки зерна / висівки	Очищення зерна	Використання як корм для тварин, добрива, біогаз	Можлива сушка та гранулювання для зручності транспортування; компостування
Брак суміші (неякісна продукція)	Помилки при дозуванні, змішуванні, зберіганні	Переробка у кормові суміші, компостування, виробництво паливних брикетів	Важливо контролювати термін придатності та вміст харчових добавок
Пил від пакетування та фасування	Машини фасування	Повторне використання у виробництві кормів або відправка на утилізацію	Використання систем аспірації для зменшення втрат; запобігання запиленню робочих приміщень
Пакувальні матеріали (папір, картон, пластик)	Фасування продукції	Вторинна переробка, переробка на упаковку, відправка на спеціалізовані підприємства	Сортування за типом матеріалу для підвищення ефективності; використання біорозкладних пакувань
Вода після промивки обладнання	Миття змішувачів, транспортних ліній	Очистка і повторне використання, біологічна очистка перед скиданням у каналізацію	Контроль вмісту органічних залишків; використання систем рециркуляції води
Залишки спецій, добавок	Дозування та змішування	Використання у кормових сумішах або переробка на добрива	Важливо контролювати безпечність та склад залишків
Відходи від ремонту обладнання (шліфування, очищення)	Технічне обслуговування	Метал та пластик – переробка; небезпечні речовини – спеціальна утилізація	Забезпечення належного сортування та безпечного зберігання
Повітряні відходи (пил, аерозолі)	Вентиляція виробничих приміщень	Фільтрація через аспіраційні системи, використання пилозбірників	Регулярний контроль чистоти повітря; забезпечення безпеки персоналу
Органічні відходи (крупки, зерно, що втратило придатність)	Продуктові залишки	Компостування, виробництво біогазу, кормові суміші	Важливо контролювати відсутність плісняви та шкідників

## Висновки за розділом

У межах даного розділу було проаналізовано ключові аспекти забезпечення безпеки праці та ефективного поводження з відходами під час виробництва борошняних сумішей. Розроблена картка безпеки праці дозволяє систематизувати вимоги до організації робочих місць, експлуатації обладнання та застосування засобів індивідуального захисту персоналу. Вона враховує специфічні небезпечні та шкідливі фактори виробництва, зокрема високий рівень запиленості, вибухонебезпечність борошняного пилу, дію рухомих частин машин та можливі аварійні ситуації. Використання картки у щоденній роботі забезпечує підвищення рівня дисципліни, формування культури безпеки та мінімізацію ризику травм і професійних захворювань.

Крім того, детально розглянуті шляхи утилізації відходів виробництва борошняних сумішей. Встановлено, що ефективне поводження з пиловими, органічними, пакувальними та технічними відходами сприяє не лише підтриманню санітарних умов, а й зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище. Використання сучасних методів утилізації, повторного застосування та вторинної переробки дає змогу оптимізувати виробничі процеси та раціонально використовувати ресурси.

Таким чином, комплексний підхід до охорони праці, протидії надзвичайним ситуаціям і утилізації відходів забезпечує безпечне, екологічно відповідальне та технологічно стабільне функціонування виробництва борошняних сумішей. Це є важливою умовою підвищення ефективності роботи підприємства та відповідності сучасним вимогам харчової безпеки й охорони довкілля.

## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Вартість основних і побічних матеріалів визначають за формулою:

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (6.1)$$

де  $m_i$  – кількість використаного  $i$ -го матеріалу;

$C_i$  – ціна одиниці  $i$ -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку матеріальних витрат наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Необхідна кількість основних матеріалів та їхня вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Пшеничне борошно, кг	8	28,90	231,20
Вівсяне борошно, кг	2	50,00	100,00
Гречане борошно, кг	2	102,00	204,00
Пшоняне борошно, кг	2	85,25	170,50
Соєве борошно, кг	2	74,25	148,50
Ячмінне борошно, кг	2	32,00	64,00
Рисове борошно, кг	2	121,00	242,00
Горохове борошно, кг	2	70,0	140,00
Всього			1300,20

Розрахунок витрат на оплату праці наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8500	52,50	20	1070,00
Всього				1070,00

Нарахування на заробітну плату виконують за ставкою 22 % від суми брутто-зарплати:

$$H = \frac{1070,00 \cdot 22}{100} = 235,40 \text{ грн.}$$

Споживання електроенергії визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (6.2)$$

де  $M$  – потужність обладнання, кВт;

$K$  – коефіцієнт використання потужності ( $K = 0,9$ );

$T$  – тривалість роботи, год;

$a$  – тариф за електроенергію, грн/(кВт/год).

Витрата електроенергії на роботу змішувача:

$$E_1 = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 8 \cdot 6,4 = 55,29 \text{ грн.}$$

Витрата електроенергії на роботу розсійника:

$$E_2 = 0,6 \cdot 0,9 \cdot 8 \cdot 6,4 = 27,64 \text{ грн.}$$

Витрата електроенергії на роботу тістозмішувача:

$$E_3 = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 8 \cdot 6,4 = 55,29 \text{ грн.}$$

Витрата електроенергії на роботу вистоювальної шафи:

$$E_4 = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 6,4 = 291,84 \text{ грн.}$$

Витрата електроенергії на роботу духової шафи (пароконвектомату):

$$E_5 = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 6,4 = 202,75 \text{ грн.}$$

Споживання електроенергії на роботу комп'ютера:

$$E_6 = 0,7 \cdot 0,9 \cdot 248 \cdot 6,4 = 999,94 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії:

$$\begin{aligned} E_{\text{заг}} &= E_1 + E_2 + E_3 + E_1 + E_2 + E_3 = \\ &= 55,29 + 27,64 + 55,29 + 291,84 + 202,75 + 999,94 = 1632,45 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Амортизація обладнання, що використовується в процесі дослідження, розраховується за такою формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (6.3)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування, грн;

$\Phi$  – вартість устаткування, грн;

$H$  – річна норма амортизації, %;

$t$  – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість днів у році.,

Розрахунки амортизації наведено в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунки витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Змішувач борошняних сумішей	11300,00	10	1	3,09
Розсійник лабораторний	22600,00	10	1	6,19
Тістозмішувач	19600,00	10	1	5,36
Вистоювальна шафа	22000,00	10	2	12,05
Пароконвектомат	42600,00	10	2	23,34
Ноутбук	23000,00	24	31	468,82
Всього				518,85

Накладні витрати становлять:

$$\frac{(1070,00 \cdot 80)}{100} = 856,00 \text{ грн.}$$

Зведені витрати подано в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Кошторис зведених витрат на проведення дослідження

Найменування витрат	Сума, грн.
Матеріали основні	1300,20
Оплата праці учасникам досліджень	1070,00
Нарахування на заробітну плату	235,40
Електроенергія	1632,45
Амортизація	518,85
Накладні витрати	856,00
Всього	5619,90

Аналіз показує, що найбільшу частку витрат становлять основні матеріали та електроенергія – відповідно 1300,20 грн і 1632,45 грн.

## 6.2 Розрахунок вартості дослідження

Ціну проведених досліджень розраховують за формулою:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (5.4)$$

де  $Ц$  – загальна вартість дослідження, грн;

$C$  – фактичні витрати, грн;

$P$  – норматив рентабельності ( $P = 30$ ), %.

$$Ц = 5619,90 + \frac{30 \cdot 5619,90}{100} = 7305,87 \text{ грн.}$$

Отже, з урахуванням рентабельності 30 %, кінцева вартість дослідження становить 7305,87 грн.

#### Висновки за розділом

Встановлено, що загальна сума фактичних витрат становить 5619,90 грн, що включає витрати на основні матеріали, оплату праці, нарахування на заробітну плату, електроенергію, амортизацію обладнання та накладні витрати. Найбільшу частку у структурі витрат займають основні матеріали (1300,20 грн) та електроенергія (1632,45 грн), що зумовлено специфікою використання борошняних сумішей та енергоємністю обладнання.

На основі отриманих результатів та застосування нормативу рентабельності 30 % визначено кінцеву вартість проведення дослідження, яка становить 7305,87 грн. Це підтверджує економічну доцільність та обґрунтованість витрат, необхідних для виконання роботи в повному обсязі.

Таким чином, організаційно-економічний аналіз засвідчує раціональність використання ресурсів, зважений підхід до планування витрат та забезпечення достатнього рівня фінансової ефективності проведеного дослідження.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено, що борошно з різних круп'яних культур має близькі середні розміри частинок (198–254 мкм), що свідчить про подібність їхнього гранулометричного складу та фізико-механічних властивостей.

Дослідження показали, що незалежно від виду та кількості компонента, оптимальний час досягнення однорідності борошняних сумішей становить 2–3 хвилини, що дозволяє забезпечити стабільну якість багатокомпонентних сумішей у виробництві.

Введення 3–30 % борошна круп'яних та зернобобових культур у пшеничне борошно призводить до збільшення пружності та зниження еластичності тіста, а також до погіршення ключових реологічних показників ( $P/L$ ,  $L$ ,  $W$ ), що пов'язано зі зміною властивостей клейковини під дією білків інших культур.

Додавання СПК дозволяє компенсувати негативний вплив компонентів на реологічні властивості тіста та практично відновити показник роботи  $W$ , що робить можливим виробництво борошняних сумішей підвищеної біологічної цінності без погіршення хлібопекарських властивостей.

У процесі зберігання сумішей спостерігали підвищення кислотного числа жиру, найбільш виражене у суміші з пшоняним борошном через високий вміст жиру та низький рівень природних антиоксидантів.

Оцінка білково-протеїназного комплексу показала зміцнення клейковини та зростання пружності тіста наприкінці терміну зберігання, що корелює з накопиченням вільних жирних кислот.

Реологічні властивості сумішей у процесі зберігання змінювалися неоднозначно: більшість зразків характеризувалися підвищенням пружності та зниженням розтяжності, що загалом супроводжувалося зменшенням показника «робота», тобто зниженням хлібопекарських властивостей.

Найменші негативні зміни властивостей у процесі зберігання виявлено у сумішах із соєвим, пшоняним та рисовим борошном, тоді як найбільш суттєві – у ячмінній, гречаній та вівсяній сумішах.

Отримані дослідні партії хлібобулочних виробів відповідають вимогам нормативної документації.

Порівняльний аналіз якості багетів, виготовлених із двох партій борошняних сумішей різного складу, показав, що:

- за органолептичною оцінкою багет гречаний з борошняної суміші № 2 має більш гладку кірку;
- хлібобулочні вироби, виготовлені з борошняної суміші № 2 характеризуються більшою пористістю та питомим об'ємом.

В результаті проведених випробувань підтверджено можливість коригування хлібопекарських властивостей на прикладі багету.

Випробування підтвердило, що запровадження ферментних препаратів дозволяє регулювати і коригувати реологічні властивості тіста (змінюючи розтяжність, характер кривої, роботу), що впливає процес тістоприготування, скорочуючи тривалість бродіння і вистоювання.

Таким чином, комплексний підхід до охорони праці, протидії надзвичайним ситуаціям і утилізації відходів забезпечує безпечне, екологічно відповідальне та технологічно стабільне функціонування виробництва борошняних сумішей. Це є важливою умовою підвищення ефективності роботи підприємства та відповідності сучасним вимогам харчової безпеки й охорони довкілля.

Встановлено, що загальна сума фактичних витрат становить 5619,90 грн, що включає витрати на основні матеріали, оплату праці, нарахування на заробітну плату, електроенергію, амортизацію обладнання та накладні витрати. Найбільшу частку у структурі витрат займають основні матеріали (1300,20 грн) та електроенергія (1632,45 грн), що зумовлено специфікою використання борошняних сумішей та енергоємністю обладнання.

На основі отриманих результатів та застосування нормативу рентабельності 30 % визначено кінцеву вартість проведення дослідження, яка становить 7305,87 грн. Це підтверджує економічну доцільність та обґрунтованість витрат, необхідних для виконання роботи в повному обсязі.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Капрельянц Л. Функціональні продукти і нутрицевтики – сучасні підходи харчової науки. Л. Капрельянц // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2016. Вип. 73. С. 441
2. Лялик А., Криськова Л., Кравчук Л. Концепція функціональних харчових продуктів / Тези доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції «Стан і перспективи харчової науки та промисловості», 11-12 жовтня 2017 року. Т.: ТНТУ, 2017. С. 114–115.
3. Івашків Л.Я. Нові напрямки оздоровчого харчування населення України // Вісник ЛІЕТ. 2008. № 3. С. 163–168.
4. Дубініна А.А., Летута Т.М., Янчева М.О., Бондаренко В.Ф., Віннікова В.О., Круглова О.С. Товарознавство продуктів функціонального призначення: навч. посібник. Х.: ХДУХТ, 2015. 189 с.
5. Губеня В.О. Технологія хлібобулочних виробів антианемічного призначення для закладів ресторанного господарства : автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.18.16 «Технологія харчової продукції» / Губеня Вячеслав Олександрович ; НУХТ. К., 2017. 23 с.
6. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. Довідник : навч. посіб. / 2-е вид., перероб. і допов. Київ, 2019. 580 с.
7. Сирохман І.В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення. К.: Центр учбової літератури, 2009. 544с.
8. Демидко О. Розширення асортименту хлібобулочних виробів оздоровчого спрямування / О. Демидко, Н. Шаповалова // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 80-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10 – 11 квітня 2014 р. Київ: НУХТ, 2014. Ч. 1. С. 145 – 146.
9. Капрельянц Л.В. Функціональні продукти / Л.В. Капрельянц, К.Г. Іоргачова. –Одеса. Видавництво: 2003, 116 с.

10. Українець А.І. Технологія оздоровчих харчових продуктів / А.І. Українець, Г.О. Сімахіна. К.:НУХТ, 2009. 52с.

11. Жукова В.Ф., Тарасенко В.Г. Поліпшення якості кондитерських виробів за рахунок використання нетрадиційної сировини. Інновації та технології в сфері послуг і харчування. № 1 – 2 (3 – 4) (2021).

12. . Назар М.І. Удосконалення технології хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Київ, 2018. 22 с.

13. Лабораторний практикум з технології хлібопекарного та макаронного виробництва [Текст]: навч. посібник / В.І. Дробот, Л.Ю. Арсеньєва, Білик Л.Ю. та інш.. К: Центр навчальної літератури, 2006. 341 с.

14. Мітров Г.Г. Досвід, проблеми і перспективи світового та національного виробництва бездріжджових хлібобулочних виробів / Г.Г. Мітров, В.В. Лизак; наук. кер. Т.Є. Лебеденко // Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів / Одес. нац. акад. харч. технологій; гол. ред. Б.В. Єгоров, заст. гол. ред. Л.В. Капрельянц, Н.М. Поварова, відп. ред. Г.М. Станкевич. Одеса: ОНАХТ, 2016. с. 214 – 215 :

15. Kamiloglu, S., Ozkan, G., Isik, H., Horoz, O., Van Camp, J., & Capanoglu, E. (2017). Black carrot pomace as a source of polyphenols for enhancing the nutritional value of cake: An in vitro digestion study with a standardized static model. *Lwt*, 77, 475 – 481.

16. Pekmez Hatice; YILMAZ, Betül BAY. Quality characteristics and antioxidant properties of bread incorporated by black carrot (*Daucus carota* ssp. *Sativus* var. *Atrorubens* alef) fiber. *Gıda*, 2020, 45.2: 2902 – 298.

17. Пахомська О.В. Науковий підхід до створення хлібобулочних виробів функціонального призначення. Наукові праці Національного університету харчових технологій, 2019, 25, № 2: 276 – 283.

18. Патент на корисну модель № 86853, МПК (2014.01) A21D 8/00. Ж Спосіб отримання хлібобулочних виробів профілактичного призначення / О. В. Бортнічук, В. Ф. Доценко, А. В. Гавриш; заявник – Національний університет

харчових технологій. – № u201309456; заявл. 29.07.2013; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1.

19. Cho MR, Chung HJ. Quality characteristics and antioxidant activity of cookies made with black carrot powder. *J Korean Soc Food Cult.* 2019. 34:612 – 619.

20. Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2016). Development of eggless gluten-free rice muffins utilizing black carrot dietary fibre concentrate and xanthan gum. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 1269-1278.

21. Elgeti, D., Jekle, M., & Becker, T. (2015). Strategies for the aeration of gluten-free bread -A review. *Trends in Food Science & Technology*, 46, 75–84.

22. Обеснюк, О. О. Хлібобулочні вироби функціонального призначення. ББК 65.9 (4укр)-55 Н 35, 2015, 59 с.

23. Лазарева, Т. А.; Благий, О. С. Перспективи використання високобілкової рослинної сировини у виробництві хлібобулочних виробів. *Склад організаційного комітету конференції Голова оргкомітету*, 2021, 104 с.

24. Лисюк, Г. М., Олійник, С. Г., Самохвалова, О. В., & Кучерук, З. І. (2009). Нові технології хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів спеціального призначення. *Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]*, (36 (1)), 114 – 117.

25. Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання. Загальні технічні умови: ДСТУ – П 4588:2006. - [Чинний від 2006 - 01 -23]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 27 с. (Національні стандарти України).

26. Пахомська, О. В. Перспективи розширення асортименту хліба та хлібобулочних виробів України. In: *Соціально-політичні, економічні та гуманітарні виміри європейської інтеграції України: зб. наук. пр. VIII Міжнар. наук.-практ. конф.* 2021. р. 229.

27. Гріщенко А.В. Напрями інноваційного розвитку хлібопекарних підприємств України. Економічні та соціальні аспекти розвитку України на початку XXI століття. *Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції 19-20 жовтня 2021 року.* Одеса: Одеська національна академія

харчових технологій, 2021.–369 с. У матеріалах конференції знайшли відображення економічні та, 2021, 337.

28. Науменко, О., Полонська, Т., & Гетьман, І. (2021). Функціональні інгредієнти в хлібопеченні. Продовольчі ресурси, 9(16), 135 – 143.

29. Nykyforov, A., Antoshchenkov, R., Halych, I., Kis, V., Polyansky, P., Koshulko, V., Tymchak, D., Dombrovska, A., Kilimnik, I. (2022). Construction of a regression model for assessing the efficiency of separation of lightweight seeds on vibratory machines involving measures to reduce the harmful influence of the aerodynamic factor. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (1 (116)), 24–34.

30. В.С. Кошулько, Ю.О. Чурсінов. Н.А. Сова. Вплив динамічної нерівномірності коливань робочого столу падді-машини на сепарування зернових сумішей. Ст. 90-98. Сільськогосподарські машини. Вип. 49. ЛНТУ, Луцьк, 2023. 142с.

31. Алієв Е.Б., Кошулько В.С., Кочережко Н.В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів роторного змішувача комбікормів періодичної дії. Ст. 14-23. Техніка, енергетика, транспорт АПК, №2 (121), 2023.

32. Koshulko V., Aliiev E., Kobets O., Ivliev V. (2025). Mathematical justification of the oat grain dehulling products separation process in a vibro-impact separator machine. Техніка, енергетика, транспорт АПК, 1 (128): 76–83.

33. Koshulko V., Kudriavtsev I., Sova N., Leusenko O., (2025). Results of experimental studies of a column-type aerodynamic separator. Техніка, енергетика, транспорт АПК, 1 (128): 45–54.

34. Koshulko V., Kudriavtsev I., (2024) Justification of the design of an aerodynamic separator for cleaning sunflower seed mixture waste. Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ. с. 113-122.

35. [https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/25676/1/t1\\_15.05.19-147-148.pdf](https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/25676/1/t1_15.05.19-147-148.pdf).

36. <https://dSPACE.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/7392/1/palivoda.pdf>.

37. [http://www.vtei.com.ua/doc/2020/24\\_104.pdf#page=183](http://www.vtei.com.ua/doc/2020/24_104.pdf#page=183).
38. [https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/9108/1/gorbatuk\\_lo.pdf](https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/9108/1/gorbatuk_lo.pdf).
39. <https://card-file.ontu.edu.ua/items/ae5f925a-9741-449a-9d75-a11c7e649dff>.
40. <https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a3982dab-9e5f-4dc4-882d-c9783fcc36af/content>.
41. <http://vestnik2079-5459.khpi.edu.ua/article/view/264787>.
42. <https://www.iprjournal.kyiv.ua/index.php/pr/article/view/406>.
43. <https://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/58>.
44. [http://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/pidrozdiy/Naukovo\\_Doslidna\\_Chastyna/Docs/2020.08.22\\_STUD\\_ZBIRNIK\\_2020\\_RIK.pdf#page=240](http://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/pidrozdiy/Naukovo_Doslidna_Chastyna/Docs/2020.08.22_STUD_ZBIRNIK_2020_RIK.pdf#page=240).
45. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/16620/1/karpik.pdf>.
46. [https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/7307/1/Innovatsiyni%20tekhnohohiyi%20khliba\\_LP\\_2017.pdf](https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/7307/1/Innovatsiyni%20tekhnohohiyi%20khliba_LP_2017.pdf).
47. [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/17892/1/Konspekt\\_lekcij\\_Bez\\_vidhodni\\_tehnologiji\\_konservnyh\\_vyrobnnyctv.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/17892/1/Konspekt_lekcij_Bez_vidhodni_tehnologiji_konservnyh_vyrobnnyctv.pdf).
48. [https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1339/3/kvmnrkthkmvih\\_uvep.pdf](https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1339/3/kvmnrkthkmvih_uvep.pdf).
49. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/455/3/751.pdf>.
50. [https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/35368/1/181\\_Haidashchuk%20Bohdan%20Mykhailovych.pdf](https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/35368/1/181_Haidashchuk%20Bohdan%20Mykhailovych.pdf).
51. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/20610/1/sword%202015.pdf>.
52. Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Kotko, Y., Kolinchuk, R., Livoschenko, E., Chekan, O., Nazarenko, S., Livoschenko, L., Uskova, L. (2022). Determining the effective mode of operation for the system of washing the milking machine milk supply line. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (119)), 74–81.
53. Aliiev E., Paliy A., Paliy A., Kis V., Levkin A., Kotko Y., Levchenko I., Shkurko M., Svysenko S., Sevastianov V. Increasing energy efficiency and enabling the process of vacuum mode stabilization during the operation of milking equipment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. 6 (1 (120)), 62–69.