

**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 кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Магістр»
на тему:

**Обґрунтування процесу диспергування зерна
пшениці при виробництві хліба**

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,
групи МГХТ-1-22
освітньо-професійної програми «Харчові
технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Анастасія КОНОНЧУК

Керівник: _____ Ірина ХОЛОБЦЕВА

Рецензент: _____ Віталій НІЯКИЙ

Дніпро 2023

**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

В.о. завідувача кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«09» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Конончук Анастасії Сергіївни

1. Тема роботи: «Обґрунтування процесу диспергування зерна пшениці при виробництві хліба».
Керівник роботи: Холобцева Ірина Петрівна, докторка філософії, доцентка, затвержені наказом закладу вищої освіти від «09» листопада 2023 року № 3423.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 08 грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва хлібобулочних виробів з диспергованого зерна пшениці. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Огляд літератури. 2 Матеріали і методи досліджень. 3 Експериментальна частина. 4 Перевірка результатів досліджень. 5 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Аналіз стану питання. 2 Мета та задачі досліджень. 3 Устаткування для проведення досліджень. 4 Результати експериментальних досліджень. 5 Перевірка результатів досліджень. 6 Кошторис витрат на проведення досліджень. 7 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	09.11.2023	08.12.2023
5	доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	09.11.2023	08.12.2023
6	доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	09.11.2023	08.12.2023

7. Дата видачі завдання 09 листопада 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	09.11-10.11.23	виконано
2	Огляд літератури	13.11-15.11.23	виконано
3	Матеріали і методи досліджень	16.11-17.11.23	виконано
4	Експериментальна частина	20.11-22.11.23	виконано
5	Перевірка результатів досліджень	23.11-28.11.23	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	29.11-30.11.23	виконано
7	Організаційно-економічна частина	01.12-04.12.23	виконано
8	Загальні висновки та бібліографія	05.12-06.12.23	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	07.12.2023	виконано

Здобувачка вищої освіти

_____ Анастасія КОНОНЧУК
(підпис)

Керівник роботи

_____ Ірина ХОЛОБЦЕВА
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи містить: 63 сторінки друкованого тексту, 12 рисунків та ілюстрацій, 21 таблиця та використано 50 літературних джерел посилань.

Метою даної роботи є дослідження, спрямоване на встановлення раціональних режимів процесів лушення і диспергування зерна для підвищення якості хліба.

Об'єкт дослідження – процеси лушення і диспергування зерна для підвищення якості хліба.

Предмет дослідження – встановлення закономірностей процесів лушення і диспергування зерна пшениці з конструктивно-технологічними параметрами обладнання та якісними показниками готового продукту.

Зернові культури, у тому числі пшениця, є не тільки носіями високоцінного рослинного білка, але й найбагатшими джерелами баластових речовин. Саме злакам приділяється першорядна роль у забезпеченні організму неперетравлюваними рослинними волокнами, вміст яких у пшениці в 4,5 рази вище ніж у яблуках і білокачанній капусті, і в 6 раз вище, ніж у картоплі.

Тому багатий баластовими речовинами хліб із цілого зерна – необхідна складова раціонального харчування населення. Він виявляє не тільки позитивний фізіологічний вплив на процес травлення, але і є більш корисним з погляду попередження карієсу, не викликає харчовий глікозурії, меншою мірою стимулює секрецію інсуліну й знижує рівень тригліцеридів у крові. При недостатньому надходженні в організм людини баластових речовин спостерігаються спад жовчовиведення, розладу травлення й важкий випадки виразки кишечника. Біологічна цінність волокнистих компонентів обумовлена хімічною природою й властивостями їх складових.

Ключові слова: ДИСПЕРГУВАННЯ, ХЛІБ, ЛУЩЕННЯ, ПШЕНИЦЯ, ПОДРІБНЕННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ЯКІСТЬ, ОБОЛОНКИ, ДОСЛІДЖЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	11
1.1 Технологічні властивості зерна пшениці	11
1.2 Технологія виробництва хліба з диспергованого зерна пшениці	18
Висновки за розділом	21
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
2.1 Технічний і хімічний аналіз зерна	24
2.2 Методика сухого способу лущення і визначення інтенсивності лущення	24
2.3 Методика диспергування зерна пшениці	25
2.4 Методика оцінки реологічних властивостей диспергової маси зерна пшениці	27
2.5 Оцінка хлібопекарських властивостей диспергової зернової маси	29
2.6 Методи аналізу хліба	30
Висновки за розділом	30
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	31
3.1 Загальні положення	31
3.2 Дослідження процесу лущення зерна пшениці	31
3.2.1 Дослідження сухого способу лущення	31
3.2.2 Вплив інтенсивності лущення на енергію і здатність проростання зерна пшениці	33
3.2.3 Вплив ступеня лущення зерна пшениці на якість хліба з диспергованого зерна	35
3.2.4 Дослідження вологого способу лущення	37
3.2.5 Порівняльна характеристика способів лущення зерна пшениці для виробництва хліба з диспергованого зерна	39
3.3 Вплив режимів диспергування зерна пшениці на реологічні властивості диспергової зернової маси	40

Висновки за розділом	45
4 ПЕРЕВІРКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	47
Висновки за розділом	49
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	51
5.1 Розробка карти безпеки праці	51
5.2 Утилізація відходів виробництва	52
Висновки за розділом	52
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	53
6.1 Організація проведення дослідження	53
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	54
6.3 Розрахунок вартості дослідження	57
Висновки за розділом	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	59
БІБЛІОГРАФІЯ	60

ВСТУП

Зернові продукти популярні серед населення більшості країн світу, у тому числі й Україні. За рахунок хліба й зернопродуктів покривається на 40 – 50 % енергетичні потреби людини, у білку на 30 – 40 %, а в деяких країнах 70 % усього споживаного білка припадає на білки зерна, у вітамінах групи В на 50 – 60 %, у вітаміні Е до 80 %.

Зернові культури, у тому числі пшениця, є не тільки носіями високоцінного рослинного білка, але й найбагатшими джерелами баластових речовин. Саме злакам приділяється першорядна роль у забезпеченні організму неперетравлюваними рослинними волокнами, вміст яких у пшениці в 4,5 рази вище ніж у яблуках і білокачанній капусті, і в 6 раз вище, ніж у картоплі.

Тому багатий баластовими речовинами хліб із цілого зерна – необхідна складова раціонального харчування населення. Він виявляє не тільки позитивний фізіологічний вплив на процес травлення, але і є більш корисним з погляду попередження карієсу, не викликає харчовий глікозурії, меншою мірою стимулює секрецію інсуліну й знижує рівень тригліцеридів у крові. При недостатньому надходженні в організм людини баластових речовин спостерігаються спад жовчовиведення, розладу травлення й важкий випадки виразки кишечника.

Біологічна цінність волокнистих компонентів обумовлена хімічною природою й властивостями їх складових. Неперетравлювані організмом рослинні волокна містять комплекс, що складається із целюлози, геміцелюлози, пектину, пентозанів і лігніну.

При порівняльному вивченні властивостей різних рослинних харчових волокон, багато дослідників відзначають, що волокна зернового походження виявляють найбільш сприятливий вплив на організм людини. Особливе місце займають пшеничні висівки, до складу яких входять близько 50 % харчових волокон.

Однак у нашій країні й ряді інших високорозвинених країн історично склалася й закріпилася тенденція до споживання в основному хліба з борошна

вищих сортів, при одержанні якого від зерна відділяються оболонки й такі біологічно цінні морфологічні частини, як алейроновий шар і зародок. Відділення пігментованих оболонок зерна викликано затемненням ними борошна, а зародка – погіршенням його якості при зберіганні. Алейроновий шар важко відділити, тому він також частково видаляється з висівками.

При традиційно складених схемах помелу зерна виділення оболонок і зародка суттєво міняє співвідношення окремих речовин у борошні при порівнянні з їхнім вмістом у цільному зерні. Це викликано нерівномірним розподілом у зерні окремих компонентів зерна, що обумовлюють його харчову цінність.

З висівками видаляється близько чверті всього білка, дві третини мінеральних речовин і майже всі рослинні волокна, при сортовому помелі втрачається більша частина вітамінів групи В і РР. Крім того, білки зародка й алейронового шару різко відрізняються від білків ендосперму за хімічною природою, складом й живильною цінністю. За своїми властивостями вони близькі до фізіологічно активних білків тваринних тканин і є більш повноцінними й збалансованими за амінокислотним складом.

При помелі втрачається 24 % амінокислот, що лімітує для хліба, лізину, а також близько 14 % незамінних амінокислот треоніну й триптофану. Таким чином, харчова цінність хліба, що містить різну кількість ендосперму, зародка й висівків, різна.

Закордонними дослідниками встановлено, що в борошні із цілого зерна вміст білка збільшується на 5 – 6 %, солей фосфору – в 3 рази, вітаміну В₁ – в 1,5 рази, нікотинової кислоти – в 2 рази, при цьому калорійність на 4 – 6 % нижче, а кількість баластових речовин у багато разів вище.

У хлібі із цілого зерна потреба в токоферолах, що бере участь в обміні білка ендокринних залоз, які й позитивно впливають на діяльність і сечогінної системи, задовольняється на 80 – 90 %. Вітамін РР, що концентрується в оболонках і зародку перешкоджає стомлюваності, слабкості, захворюванню шкіри при включенні в дієту хліба із цілого зерна. Крім того виготовлення хліба із цілого зерна дозволить заощадити 12 – 15 % продовольчого зерна.

Прагнення збагатити їжу рослинними волокнами, вітамінами й іншими незамінними компонентами інтенсифікувало знаходження нових способів обробки зерна й створення на їхній основі зернових продуктів. Підвищення харчової цінності хліба в результаті більш повного використання анатомічних частин зерна можливо по трьом основним напрямкам:

- виготовлення хліба із цільнозмеленого зерна пшениці;
- виготовлення хліба із цілого зерна, що пройшло попередню підготовку (пророщення, НВЧ-обробка тощо);
- виготовлення хліба з борошна отриманого при сортовому помелі з додаванням окремих морфологічних частин зерна.

При цьому найменш вивченим із зазначених напрямків є другий. Крім того, виготовлення хліба із цілого зерна в промислових масштабах поряд з підвищенням його біологічної цінності й фізіологічної значимості, торкається соціальних проблем, пов'язаних з вихованням культури харчування й зміцнення здоров'я людей. Саме даному напрямку відповідає технологія виробництва хліба з диспергованого зерна пшениці, при цьому актуальним є одержання продукції із кращими споживчими властивостями.

У зв'язку із цим, метою даної роботи було дослідження, спрямоване на встановлення раціональних режимів процесів лушення і диспергування зерна для підвищення якості хліба.

Відповідно до поставленої мети були визначені наступні завдання даної роботи:

- установити раціональний спосіб лушення зерна при виробництві хліба з диспергованого зерна;
- визначити оптимальні режими лушення зерна, виходячи із завдання збереження біологічної активності зернівки;
- виявити вплив реологічних властивостей диспергової зернової маси на якість хліба;
- визначити оптимальні параметри роботи диспергатора; виявити рівень безпеки технології виробництва хліба з диспергованого зерна;

- виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – процеси луцення і диспергування зерна для підвищення якості хліба.

Предмет дослідження – встановлення закономірностей процесів луцення і диспергування зерна пшениці з конструктивно-технологічними параметрами обладнання та якісними показниками готового продукту.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Технологічні властивості зерна пшениці

Пшениця однією з найдавніших культур і поряд із цим найважливішою зерновою культурою, яку застосовують для виробництва хліба. Вона відноситься до сімейства злакових – *Triticum*. Відомо близько 20 видів пшениці, з яких найбільшого поширення одержали два види: м'яка – *Triticum aestivum* або *Triticum vulgare* Host і тверда – *Triticum durum* Desf.

У цей час під обробку пшениці в усьому світі приділяється більш 220 мільйонів гектарів землі. На частку м'якої пшениці, як у світовому масштабі, так і в нашій країні доводиться більше 90 % посівів і зборів. Зернівки м'якої й твердої пшениці різняться між собою за рядом ознак: кольору, формі, мікроструктурі ендосперму (скловидність) і інших.

В Україні система класифікації зерна пшениці підрозділяє його на типи, підтипи, класи й сорти. В основу розподілу на типи й підтипи покладені наступні ознаки: ботанічний вид (тверда або м'яка), біологічна форма (озима або ярова), колір і ступінь скловидності. Класність пшениці визначається технологічними й харчовими властивостями зерна: типовим складом, станом, запахом, кольором, скловидністю (для м'якої пшениці), кількістю і якістю клейковини, натурою, вмістом важковідокремлюваної, бур'янистої і зернової домішок, кількістю пророслих зерен і зерен пшениці інших типів.

У таблиці 1.1 наводяться дані, що характеризують фізичні властивості й співвідношення анатомічних частин зерна пшениці [11].

Таблиця 1.1 – Фізичні характеристики й співвідношення анатомічних частин зерна пшениці

Показник	Діапазон значень
Довжина, мм	4,2 – 8,6
Ширина, мм	1,6 – 4,0
Товщина, мм	1,5 – 3,8
Форма	кругло-овальна
Стан поверхні	гладка
Маса 1000 зерен, г	21,0 – 44,7
Натура, г/л	680 – 870
Густина, г/см ³	1,33 – 1,53
Плодові та насінні оболонки, %	5,6 – 11,2
Алейроновий шар, %	5,2 – 8,9
Ендосперм, %	77,0 – 85,0
Зародок із щитком, %	1,4 – 4,2

Аналізуючи дані таблиці 1.1 необхідно відзначити широкий діапазон варіювання значень наведених показників зерна пшениці, що обумовлено впливом біологічних особливостей, агротехнічних прийомів, ґрунтово-кліматичних умов у період вегетації рослини в полі, методів і режимів післязбиральної обробки зерна й режимів його зберігання. Усі перераховані фактори впливають на технологічні властивості зерна, які у свою чергу визначають процеси його переробки на підприємствах.

Для зерна пшениці, як основної сировини, що використовується в борошномельному виробництві, основне технологічне значення мають наступні показники: геометрична характеристика зерна, маса 1000 зерен, натура, крупність і вирівняність партії зерна за розмірами, скловидність, щільність і питомий об'єм, питома поверхня зерна.

Фундаментальні дослідження керування технологічними властивостями зерна проводилися, у різний час: Я.Н. Куприцем, І.Т. Мерко, Г.А. Єгоровим; а також закордонними вченими: Бушуком, В.К. Ши, Д.В. Тейлором і ін.

Численні дослідження вітчизняних і закордонних учених показали, що найбільший вплив на технологічні властивості зерна пшениці виявляють

показники крупності та вирівненості, тому їх слід ураховувати при підготовці й переробці зерна [14]. При цьому, насамперед необхідно відзначити роботи виконані В. М. Дудаєвим.

В роботах [20] і [14], відзначають, що у виробничих умовах, видалення з помольної партії дрібної фракції зерна від 5 % і вище від маси партії забезпечує підвищення загального виходу борошна в розмірі від 0,75 % до 0,93 % за кожний відсоток дрібної фракції. За даними [6] при переході від великої до дрібної фракції зерна зольність його зростає на 0,20 – 0,50 %, натура знижується на 60 – 70 г/л, маса 1000 зерен – на 50 – 70 %, вміст ендосперму – на 3 – 5 %. Одночасно підвищується питома зовнішня поверхня, що визначає підвищену здатність дрібних фракцій поглинати воду, причому спостерігається підвищена інтенсивність утворення мікротріщин та інших фізико-хімічних процесів.

Для практичних цілей крупність зерна пшениці можна характеризувати його товщиною (важливий параметр геометричної характеристики зерна пшениці, що визначає його борошномельні властивості), яка корелює з довжиною зерна ($r = 0,63 \pm 0,11$) і шириною ($r = 0,65 \pm 0,13$) [40]. Крім того, необхідно відзначити, що чим більше вирівняна зернова маса за розмірами, тобто чим менше вона містить дуже дрібних і дуже крупних зерен, тим легше підібрати й установити оптимальні параметри, як подрібнюючого устаткування, так і режими процесів, пов'язаних з переробкою зерна.

Маса 1000 зерен і натура позитивно корелюють із крупністю зерна і його скловидністю, тому вони впливають на технологічні властивості зерна. Так, при помелі крупного зерна, маса 1000 зерен якого вище 40 грам, вихід борошна більше на 3 – 5 %, у порівнянні із дрібною фракцією зерна, масою менше 25 грам [20].

За даними різних авторів встановлено, що в діапазоні 25 – 45 грам маси 1000 зерен загальний вихід борошна зростає на 0,15 – 0,18 % за кожний грам [14]. При цьому ряд джерел указує, що маса 1000 зерен помітно впливає на об'ємний вихід хліба.

Автори [25] і [35] встановили вплив натури пшениці на вихід борошна, яке

становить від 0,04 %/г/л до 0,08 %/г/л. Є дані, що при натурі нижче 740 г/л для зерна пшениці при подальшому зниженні її на 17 г/л вихід борошна знижується на 1 %. При значенні натурі вище 740 г/л вплив цього показника на борошномельні властивості зерна менш помітно. Крім того, натура зерна залежить від багатьох факторів: форми зерна, стану поверхні, вологості та інших, тому натура не є стійкою ознакою.

Скловидність зерна поряд з його натурою є нестійкою ознакою й залежить від сортових особливостей зерна, умов його вегетації, і швидко знижується при зволоженні й наступному підсушуванні. Однак при помелі склоподібного зерна полегшує вилучення ендосперму, а отримане борошно має підвищені споживчі властивості. Так для ярової червонозерної пшениці при зміні скловидності від 62 % до 88 % вилучення крупок і дунстів підвищилося з 58,9 % до 66,1 % ($r=0,91$), а для озимої червонозерної, скловидністю від 43 до 66 % – з 59,5 % до 66,2 % ($r=0,95$). Встановлений вплив скловидності зерна твердої пшениці при макаронному помелі на вилучення круп'яних продуктів у драному процесі. При цьому сумарне вилучення даних продуктів підвищується на 2 – 3 %, при підвищенні загальної скловидності партії з 72 % до 90 %, причому це збільшення відбувається за рахунок великої крупки (найціннішої фракції), у розмірі від 3,5 до 8,5 % [20].

Необхідно відзначити, що скловидність багато в чому визначає реологічні властивості зерна. Реологічні властивості зерна визначають процеси здрібнювання й лущення зерна, а також енерговитрати на дані процеси. Вивченню цих властивостей присвячена велика кількість робіт [34].

Для зерна одним з основних показників реологічних властивостей є мікротвердість. Мікротвердість залежить від вологості, температури, способу попередньої обробки зерна. Встановлено, що між мікротвердістю ендосперму зерна пшениці й загальною скловидністю є тісна кореляція. А при підвищенні скловидності від 60 % до 90 % мікротвердість прямолінійно зростає від 70 МПа до 140 МПа [21].

У закордонних країнах для оцінки реологічних властивостей зерна широко

використовується показник твердозерності [44]. Твердозерність – комплексний показник, що характеризує особливості мікроструктури ендосперму, пов'язані з формуванням крохмальних гранул і білкових матриць у процесі розвитку зернівки й відбиває особливості його подрібнення. У зв'язку із цим пшеницю по твердозерності ділять на м'якозерну (МЗ) і твердозерну (ТЗ). Ряд досліджень по твердозерності проводилися Е.М. Білоусовою. Оцінку твердозерності здійснюють різними способами. Найбільш прийнятним є метод, який був розроблений І.Д. Швецовою [11], який заснований на гранулометричному (ситовому) аналізі складу борошна.

При подрібненні ТЗ борошно виходить крупчастим, добре висівається при сортуванні продуктів подрібнення на ситах. Частки борошна при помелі МЗ сліпаються, утворюють великі конгломерати, коржі, тому таке борошно важко виділяється на ситах і замазує отвори сит. Так, вихід крупок 1 сорту при помелі ТЗ вище на 5 – 8 %, ніж при помелі МЗ, при будь-якій скловидності [11].

Вчені [31] встановили, що твердозерність пшениці перебуває в тісному кореляційному взаємозв'язку із вмістом у борошні часток розміром менше 30 мкм ($r = +0,97$). При помелі твердозерної пшениці вміст таких часток у борошні перебуває в межах 20 – 45 % (середнє 34,1 %), а при помелі м'якозерної – 57 – 77 % (середнє 64,4 %). Крім того вміст цих часток у борошні корелює із загальним виходом борошна, вилученням круподунстових продуктів у драному процесі, витратою електроенергії при здрібнюванні. Наведені результати свідчать про зв'язок твердозерності і борошномельних властивостей зерна пшениці.

Ряд досліджень довели, що твердозерність є сортовою ознакою і не залежить від скловидності та крупності. Сорт зберігає цю характеристику при будь-яких умовах вегетації зерна, ґрунтово-кліматичних умов і агротехнічних прийомів [21].

Необхідно відзначити, той факт, що борошно із ТЗ відрізняється більш високою водопоглинальною здатністю і підвищеними хлібопекарськими властивостями, у порівнянні з борошном з м'якозерної пшениці, яку слід використовувати для виробництва борошняних кондитерських виробів, а

борошно із ТЗ для хлібобулочних виробів.

За хімічним складом пшениця відноситься до зернових культур, що багаті крохмалем. У зерні пшениці в середньому втримується (при 14 % вмісті води) 13 % білка й близько 70 % різних вуглеводів, до яких належать цукри, крохмаль, клітковина та слиз. До складу пшеничного зерна входить у середньому близько 2 % жиру, стільки ж клітковини, а так само речовини, які при спалюванні дають близько 2 % золи [25]. У таблиці 1.2 представлений хімічний склад окремих анатомічних частин зерна пшениці [22].

Як, видно з таблиці 1.2 весь крохмаль зосереджений в ендоспермі, а 90 % усієї клітковини утримується в оболонках і алейроновому шарі; жир в основному закладений у клітках алейронового шару й зародка; мінеральні речовини в основному перебувають в алейроновому шарі й оболонках. Такий же характер розподілу речовин за окремими частинами пшеничного зерна відзначають і інші дослідники [6].

Таблиця 1.2 – Хімічний склад анатомічних частин зерна пшениці

Частина зерна	Вміст речовини, % сухої речовини						
	Білок	Крохмаль	Цукор	Крохмаль	Пентозани	Жир	Зола
Ціле зерно	16,06	63,07	4,32	2,76	8,10	2,24	2,18
Ендосперм	12,91	78,82	3,54	0,15	2,72	0,68	0,45
Зародок	41,30	0	25,12	2,46	9,74	15,04	6,32
Оболонка з алейроновим шаром	28,75	0	4,18	16,20	36,65	7,85	10,51

Найбільша концентрація вітамінів у зерні пшениці встановлена в зародку й алейроновому шарі, а в ендоспермі їх вміст незначний [20]. Даний факт, насамперед, актуальний для харчової цінності одержуваних зернопродуктів.

Поряд із цим важливим питанням у харчуванні є не тільки харчова цінність, але й біологічна цінність продукту, як характеристика якості харчового білка, що відбиває ступінь відповідності його амінокислотного складу потребам організму в амінокислотах для синтезу білка. Основна маса білка в зерні пшениці перебуває в

ендоспермі (72 %). Однак численними дослідженнями встановлено, що білки ендосперму є інертними запасними й зазнають глибоких перетворень при проростанні зерна, а білки зародка більш близькі за своїми властивостями до фізіологічно активних білків тваринних тканин, будучи більш збалансованими за амінокислотним складом [22].

Внаслідок зазначених особливостей хімічного складу анатомічних частин зерна біологічно активні й біологічно цінні речовини, при його переробці на борошномельних підприємствах, попадають у побічні продукти – висівки і мучку. Що робить важливим питання про більш повне використання всіх частин зерна пшениці при його переробці.

У розглянутому контексті при описі біохімічних властивостей зерна пшениці, необхідно відзначити, що кінцевою метою переробки зерна є одержання якісного хліба. Тому на перше місце при оцінці якості зерна повинні висуватися такі біохімічні показники якості, які визначають або пов'язані з його хлібопекарськими властивостями.

Для зерна пшениці хлібопекарська якість визначається станом білково-протеїназного та вуглеводо-амілазного комплексів. Стан білково-протеїназного комплексу зерна пшениці оцінюють по кількості і якості його клейковини [8]. Як відзначають Е.Д. Козаків і В.Л. Кретович на формування властивостей клейковини впливають три групи факторів: генетичні, тобто властиві даному сорту, екологічні, обумовлені ґрунтово-кліматичними умовами вирощування зерна, і екзогенні, обумовлені використанням різних фізичних і хімічних способів впливу на її властивості [37].

Білково-протеїназний комплекс, також характеризується кількістю й активністю протеолітичних ферментів і їх інгібіторів. За сучасними уявленнями, у зерні пшениці виділяють кілька типів протеолітичних ферментів, що різняться по оптимуму рН: кислі протеїнази з оптимумом рН 3,7 – 4,0; нейтральні протеїнази з оптимумом рН 6,5 – 7,0; лужні протеїнази з оптимумом рН >8,0. Із трьох груп протеїназ найбільшої уваги заслуговують нейтральні протеїнази. За активністю вони в кілька раз перевершують кислі та в умовах тіста здатні ефективно

розщеплювати білки клейковини. Співвідношення активності протеїназ і їх інгібіторів у зерні пшениці визначає стабільність клейковинного комплексу й автолітичних процесів при тістоприготуванні [21].

Важливе значення, у формуванні хлібопекарських властивостей зерна пшениці приділяється амілолітичним ферментам [9]. Амілази, діючи на крохмаль розріджують його, а також здатні перетворювати крохмаль у різні декстрини (декстринууюча дія - α – амілаза) крім цього вони мають оцукровуючу дію (при дії амілаз на крохмаль утворюється мальтоза - β – амілаза). Практичне значення амілаз, полягає в тому, що процес накопичення цукру під час бродіння тіста й сам процес бродіння залежать від швидкості накопичення в тісті мальтози, що, у свою чергу залежить, від дії цих ферментів. Для оцінки амілолітичної активності зерна широко застосовують визначення числа падіння, що реєструє зниження в'язкості борошняної суспензії під впливом гідролізу крохмалю амілазами [40]. Для зерна пшениці число падіння повинне бути не нижче 180 с, при цьому оптимальне значення становить 235 с.

Таким чином, при виробництві продуктів харчування, у тому числі хлібобулочних виробів, із зерна пшениці необхідно розробляти нові й удосконалювати існуючі технології, які дозволяють одержувати продукти із цілого зерна. Що дозволить поряд з раціональним використанням зернової сировини, виробляти харчові продукти з підвищеною поживною і біологічною цінністю.

1.2 Технологія виробництва хліба з диспергованого зерна пшениці

Промислова переробка зерна на борошнокомбінатах приводить до того, що борошно вищих сортів – продукт, найцінніший у масовому споживанні, у тому числі для виробництва хліба, з погляду її харчової цінності значно менш повноцінне, ніж зерно, з якого вона була отримана.

Особливу гостроту проблема харчової повноцінності хліба здобуває в умовах більш одноманітного харчування, за якимись причинами, частіше

економічного складу, з одного боку – значно скорочується споживання харчових продуктів тваринного походження – яєць, молока, сиру, м'яса та тваринних жирів, а з іншого – зростає в харчуванні частка зернових продуктів, у першу чергу хліба [6]. Тому виробництво хліба із цілого зерна є важливим напрямком по підвищенню харчової цінності хліба. Саме цим умовам відповідає технологія виробництва хліба з диспергованого зерна пшениці.

Сучасна технологія виробництва хліба з диспергованого зерна містить у собі 3 основних процеси. Перший процес – підготовка зерна, полягає в очищенні зерна від домішок, інтенсивне лушення й процес замочування зерна протягом від 12 до 24 годин з доведенням вологості до 45 %. Другий – здрібнювання (диспергування) і третій – процеси пов'язані з тістоведенням і випічкою хлібобулочних виробів [42].

Основним недоліком відомих технологій виробництва зернових продуктів і хліба із цілого зерна є недостатнє здрібнювання кліток алейронового шару й зародка.

Вчені [36], запропонували новий спосіб одержання тесту із цілого зерна, минаючи традиційні процеси здрібнювання й сортування для борошномельної промисловості.

Фізичний сенс даного способу полягає в адсорбційному зниженні міцності твердих тіл, тобто швидке зниження міцності твердого тіла може бути викликане добавками поверхнево-активних речовин, у цьому випадку води.

При цьому, необхідно відзначити, що здрібнювання зерна при його вологості 18 – 20 % стає важким, а при більшій вологості зерна навіть неможливим на устаткуванні, яке використовується на борошномельних підприємствах. Тому здрібнювання попередньо набряклого зерна здійснюється у диспергаторі. Робочими органами диспергатора є шнек, лопатевий ніж-подрібнювач і матриця із круглими отворами, через яке екструдується тонкодисперговане тісто. У результаті здрібнювання зерна відбувається за рахунок деформації різання й розриву в системі ніж-матриця.

У таблиці 1.3 наведені дані, що характеризують однорідність і крупність

одержуваних часток при диспергуванні зазначеним способом [36].

Таблиця 1.3 – Розмір і відносний вміст часток, отриманих при диспергуванні зерна пшениці

Розмір часток зерна, мкм	Вміст часток, %
10	5
30	40
50	25
70	12
100	8
120	7
150	5
170	1

Дані представлені в таблиці 1.3 свідчать про те, що крупність диспергованих часток відповідає середнім розмірам часток борошна, одержуваних класичним способом. На жаль, нам не вдалося знайти більш конкретний опис методики визначення крупності часток у диспергованій (тістоподібній) масі. Однак, ґрунтуючись на літературних даних, можна висловити думку, що застосовувана методика не дозволить об'єктивно, тобто без додаткового здрібнювання або якого-небудь іншого способу обробки тістоподібної маси, установити величину розміру її часток, не змінюючи первісне їхнє значення.

Взагалі, ступінь здрібнювання або дисперсність має важливе значення. Відомо, що при здрібнюванні відбувається механічне ушкодження крохмальних гранул, тим самим може підвищитися або знизитися ферментативна атакуємість крохмалю амілазами [15].

Встановлено, що як низький вміст ушкоджених крохмальних гранул, так і надмірно високий впливає на хлібопекарські показники борошна і відповідно якість хліба [40]. Оптимальна кількість ушкоджених крохмальних гранул, за даними різних авторів становить 5 – 40 %. Незважаючи на те, що представлені дані відносяться до вмісту крохмальних гранул у борошні і є істотні розбіжності

по їхньому оптимальному вмісту, але, проте, ці результати свідчать про значимість процесу здрібнювання.

Отже, змінюючи ступінь здрібнювання зерна пшениці при його диспергуванні, можна добитися необхідної дисперсності часток зерна й текстури тіста з метою підвищення якості хліба. Тому потрібні додаткові дослідження з оптимізації параметрів диспергування зерна при виробництві хліба. При цьому залишається відкритим питання по методам оцінки реологічних властивостей зерна та диспергованій зерновій масі. Тому що, механізм здрібнювання зерна при диспергуванні принципово відрізняється від класичного розмелу зерна, а відомі й широко застосовувані методики орієнтуються на зерно з вологістю не більше 25 %.

Хлібобулочні вироби, у тому числі хліб з диспергованого зерна є найважливішим чинником, який визначає здоров'я, життя та працездатність людини, оскільки є основними продуктами харчування, тому що майже 70 % шкідливих речовин надходить в організм людини з їжею та водою. Тому необхідно забезпечувати безпеку технологічного процесу, застосовуваної сировини, устаткування і реманенту; а також якість готової продукції на предмет її відповідності санітарним правилам і нормам по безпеці харчових продуктів.

Висновки за розділом

Пшениця є найпоширенішою та затребуваною із зернових культур у харчуванні людини й при виробництві хлібобулочних виробів.

Найбільший вплив на технологічні властивості зерна пшениці, при його переробці на борошномельних заводах, виявляють показники крупності, вирівняності і структури ендосперму зернівки.

Хлібопекарська якість зерна пшениці залежить в основному від стану його білково-протеїназного та вуглеводо-амілазного комплексів.

Очищення й ступінь луцення зерна пшениці впливає на його харчову безпеку і якість хліба.

Очищення, ступінь лушення, процес замочування та диспергування зерна пшениці в першу чергу впливають на ферментативний комплекс, мікробіологічний стан зерна і його реологічні властивості.

Диспергування, як процес здрібнювання зерна пшениці при виробництві хліба визначає ферментативні процеси, текстуру тіста і якість одержуваного хліба.

Існуючі способи і технологія виробництва хліба з диспергованого зерна пшениці, які дозволяють підвищити харчову цінність хліба і раціонально переробляти зернові ресурси, за рахунок використання біологічно цінних частин зерна (зародка та алейронового шару). Однак не були досить вивчені основні етапи технологічного процесу, у зв'язку із цим потрібне визначення рівня оптимальних значень ступенів лушення, параметрів процесу замочування та диспергування, їх вплив на ферментативний комплекс зерна пшениці і якість одержуваного хліба. Тому є необхідним продовження досліджень спрямованих на вдосконалювання розробленої технології.

У зв'язку із цим, метою даної роботи було дослідження, спрямоване на встановлення раціональних режимів процесів лушення і диспергування зерна для підвищення якості хліба.

Відповідно до поставленої мети були визначені наступні завдання даної роботи:

- установити раціональний спосіб лушення зерна при виробництві хліба з диспергованого зерна;
- визначити оптимальні режими лушення зерна, виходячи із завдання збереження біологічної активності зернівки;
- виявити вплив реологічних властивостей диспергової зернової маси на якість хліба;
- визначити оптимальні параметри роботи диспергатора; виявити рівень безпеки технології виробництва хліба з диспергованого зерна;
- виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – процеси луцення і диспергування зерна для підвищення якості хліба.

Предмет дослідження – встановлення закономірностей процесів луцення і диспергування зерна пшениці з конструктивно-технологічними параметрами обладнання та якісними показниками готового продукту.

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Технічний і хімічний аналіз зерна

Технічний аналіз зерна проводився відповідно з ГОСТ 10839-64 «Зерно. Методи випробувань».

Натура визначалася за ГОСТ 10840-64; скловидність – ГОСТ 10987-76; маса 1000 зерен – ДСТУ ISO 520:2015; кількість і якість клейковини – ДСТУ ISO 21415-2:2009; вміст смітної і зернової домішок, дрібних зерен і крупності – ДСТУ 8837:2019; енергія і здатність проростання – ГОСТ 10968-88; вологість – ГОСТ 13586.5-85; число падіння – методом Хагберга-Пертена на приладі FN-1800 фірми Perten (Швеція) за ГОСТ 27676-88 з використанням прецизійних електронних ваг НА-200 А.

Водорозчинна фракція білка в зерні визначалася за методом Лоурі [22]. При визначенні активності амілаз зерна по йодній пробі на розчинному крохмалі водної екстракції й водорозчинної фракції крохмалю в м'якушці колобка, приготовленого із зерна пшениці, керувалися методикою яка зазначена в [22].

Витрата електроенергії на здрібнювання зерна визначались за показниками електролічильника.

2.2 Методика сухого способу лушення і визначення інтенсивності лушення

Сухе лушення проводилося на лабораторній установці SATAKE. Методика проведення лушення полягає в тому, що наважка зерна пшениці певної маси поміщається в прийомний патрубок з якого зерно самопливом переміщується в робочу зону лущильника. Лушення припиняється шляхом відкриття заслінки, розташованої в нижній частині установки. Лущене зерно і продукти лушення збираються в різні ємності, які встановлені в корпусі лущильника. Тривалість лушення фіксувалася секундоміром.

Інтенсивність лушення зерна пшениці оцінювалася масою знятих оболонки

(% СОБ) і визначалася ваговим способом за формулою:

$$\%СОБ = \frac{m_D}{m_{II}} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де %СОБ – маса знятих оболонки, %;

m_D – маса зерна до лузання, г;

m_{II} – маса зерна після лузання, г.

2.3 Методика диспергування зерна пшениці

Методика проведення диспергування зерна пшениці полягає в тому, що попередньо очищене (етапи очищення відповідають операціям у зерноочисному відділенні млина) і набрякле після замочування зерно поміщається в диспергатор. У диспергаторі зерно подрібнюється. В експериментах диспергування проводилося на серійному устаткуванні моделі ЛЗ-08, яке є диспергируючою машиною, що використовується в потоковій лінії з виробництва хліба з диспергованого зерна пшениці.

Диспергатор складається зі станини 1 (рисунок 2.1) на якій установлений електродвигун 2. На валу електродвигуна розміщається редуктор 5 і робоча камера диспергатора 4. Зерно надходить у робочу камеру диспергатора самопливом через прийомну лійку 3.

Паспортні дані диспергатора: продуктивність –150 кг/год; установлена потужність –5,5 кВт/год; частота обертання шнека –140 хв.⁻¹; габаритні розміри –1040×670×1450 мм; маса –220 кг. На даному диспергаторі був установлений ніж оригінальної конструкції. Принципові схеми ножів представлено на рисунку 2.2.

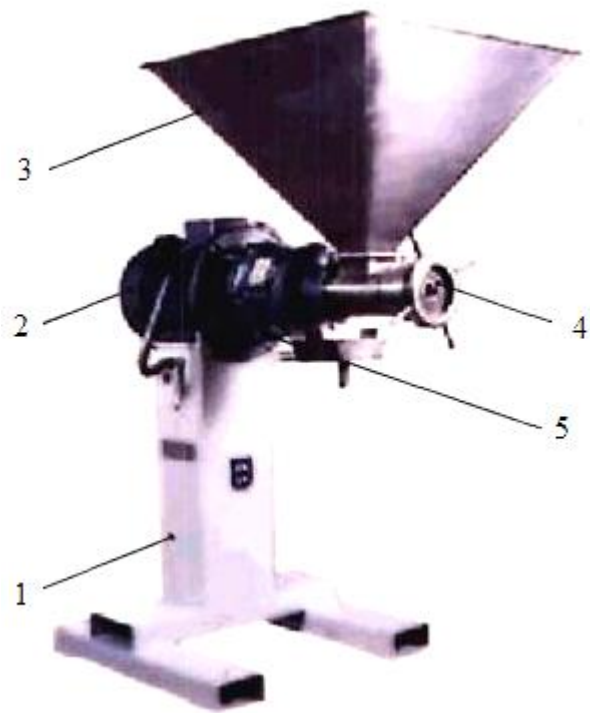


Рисунок 2.1 – Диспергувальна машина ЛЗ-08

Необхідно відзначити, що товщина ножа оригінальної конструкції становить 9,3 мм, а ножа, що входить у комплектацію диспергатора –4,8 мм.

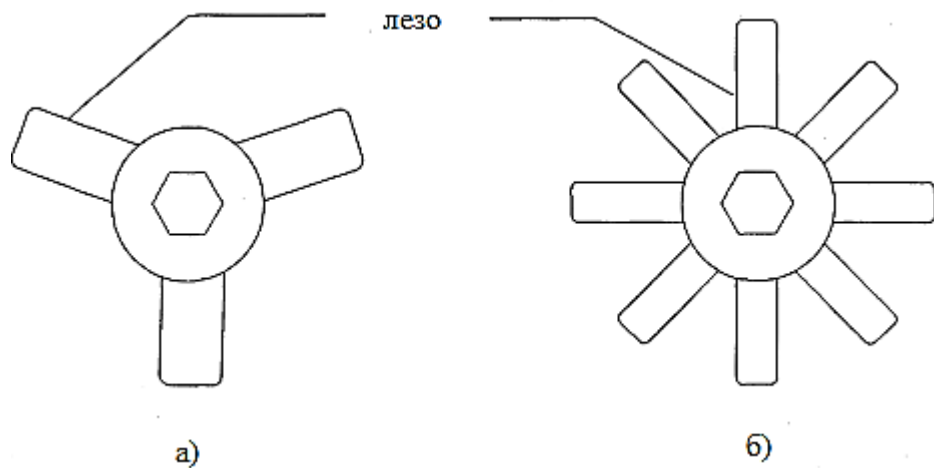


Рисунок 2.2 – Принципові схеми ножа оригінальної конструкції (а) і комплектного ножа (б).

2.4 Методика оцінки реологічних властивостей диспергованої маси зерна пшениці

Для оцінки реологічних властивостей диспергованої зернової маси (ДЗМ) була розроблена відповідна методика. Вона полягає в тому, що після диспергування із ДЗМ відбирається проба масою до 6 грам. З відібраної проби вручну шляхом 3 обмінів формували кульку, яку після 10 хвилинної витримки в природніх умовах, поміщали на опорний столик приладу для виміру деформації клейковини (типу ІДК), фіксуючи значення показань приладу. Принцип роботи приладу ІДК полягає у вимірі досліджуваної маси пручатися деформуючому навантаженню 120 г при стиску між двома площинами протягом 30 секунд. Після виміру деформації на приладі ІДК випробувану пробу зважували на технічних вагах з точністю до 0,01 грама.

Дана методика заснована на тому, що для пластичних матеріалів, яким безсумнівно є диспергована зернова маса, характерна повзучість – зміна деформації в часі:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\sigma}{E}, \quad (2.2)$$

де $d\varepsilon$ – відносна деформація;

dt – тривалість впливу деформації;

σ – напруга;

E – умовний модуль, характеристика повзучості тіла.

За допомогою приладу ІДК, ми визначали $\frac{d\varepsilon}{dt} = \Delta$ тому що фіксували відносну зміну переміщення пластини за постійний проміжок часу. Величину напруги, визначали, як умовну величину, тобто як величину відношення зусилля пластини до площі перетину вихідного тіла (кульки).

Таким чином, напруження буде рівним

$$\sigma = \Delta \cdot E \quad (2.3)$$

З іншої сторони:

$$\sigma = \frac{P}{S}, \quad (2.4)$$

де P – зусилля, яке випробовує кульку, $P = \text{const} = 1$;

S – площа поперечного перерізу випробуваної проби, см^2 , яка розраховується за формулою:

$$S = k_1 \cdot l^2, \quad (2.5)$$

де l – розмір випробуваної проби, який може бути визначений з маси кульки:

$$m = k_2 \cdot l^3, \quad (2.6)$$

у такий спосіб:

$$l = \sqrt{\frac{m}{k_2}} = k_3 \cdot m^{\frac{1}{3}}. \quad (2.7)$$

Тоді,

$$S = \left[\frac{k_1}{k_3} \right] \cdot m^{\frac{2}{3}} \Rightarrow S \equiv m^{\frac{2}{3}}, \quad (2.8)$$

де m – маса випробуваної кульки, г

Тоді, умовне напруження розраховується за формулою:

$$\sigma = \frac{1}{m^{\frac{2}{3}}}. \quad (2.9)$$

Значення показань приладу ІДК привели до відносної величини, що визначається по формулі:

$$\Delta Y = \frac{ІДК}{120}, \quad (2.10)$$

де ΔY – розрахункова відносна деформація, у.о.;

$ІДК$ – показання приладу ІДК, од. приладу

120 – максимальне значення показань приладу ІДК.

Таким чином, у системі координат умовне напруження – розрахункова відносна деформація, тангенс кута нахилу залежності буде величиною зворотною ефективному модулю $\frac{1}{E}$, запропонований Е.Д. Казаковим, яку ми позначили η і яка характеризує повзучість тіла.

2.5 Оцінка хлібопекарських властивостей диспергованої зернової маси

Оцінка хлібопекарських властивостей ДЗМ зерна пшениці проводилася методом пробних лабораторних випічок.

Рецептура тіста із ДЗМ зерна пшениці представлено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Рецептuru тіста з ДЗМ зерна пшениці

Найменування компоненту	Кількість компоненту на 100 кг ДЗМ
Сіль кухонна харчова, кг	1,5
Дріжджі хлібопекарські пресовані, кг	2,5
Цукор, кг	1,5
Олія соняшникова (для змащування форм)	0,3

При приготуванні тіста пресовані дріжджі вносили у вигляді дріжджової суспензії, сіль і цукор у водяному розчині. Тісто замішували на лабораторній тістомісильній машині протягом 3 хв. Шумування тіста здійснювалося в термостаті при температурі $30 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом 90 хвилин.

Виброжене тісто для випічки формового хліба масою 330 г поміщали у форми. вистоювання здійснювали в вистоювальній шафі до готовності при температурі повітря $35 - 40^\circ\text{C}$ і відносній вологості повітря $75 - 85\%$. Випічку хліба проводили в печі при температурі $255 - 265^\circ\text{C}$ протягом 25 хвилин. Випечений хліб зберігали в лабораторній шафі.

2.6 Методи аналізу хліба

Проби хліба аналізували через 18 годин після випікання за фізико-хімічними і органолептичними показниками.

Масу хліба визначали на лабораторних вагах.

Об'єм хліба вимірювали за допомогою спеціального приладу для виміру об'єму [7]. Питомий об'єм хліба одержували відношенням величини об'єму хліба до його маси. Кислотність м'якушки визначали методом титрування (ДСТУ 5670-96). Вологість м'якушки – за ГОСТ 13586.5-85. Пористість хліба визначали за допомогою приладу [43]. Структурно-механічні властивості м'якушки визначали на автоматизованому пенетрометрі АП-4/2 [43].

Хліб аналізували за органолептичними показниками. Форму, колір і стан кірок, стан і структуру пористості м'якушки визначали за методикою, викладеної в [43].

Висновки за розділом

В даному розділі дипломної було розглянуто матеріали та методи досліджень та описано хід проведення досліджень.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Загальні положення

Дослідження з удосконалення технології виробництва хліба з диспергованого зерна пшениці проводилося у відповідній послідовності процесів даної технології тобто очищення зерна, лушення, замочування, здрібнювання (диспергування), операції пов'язані із процесами тістоприготування та випікання.

Очищення зерна від домішок містить у собі ті ж операції, що й у зерноочисному відділенні млина.

Для оцінки ефективності технологічних процесів здійснювали випікання хліба з диспергованого зерна пшениці.

3.2 Дослідження процесу лушення зерна пшениці

Лушення зерна є одним з основних процесів його підготовки для виробництва хліба з диспергованого зерна пшениці, який впливає на якість хліба. Відомі два методи лушення – вологе і сухе, тобто з використанням води в процесі лушення і без неї відповідно.

3.2.1 Дослідження сухого способу лушення

Лушення зерна проводилося на лабораторній установці SATAKE. На даній установці лушення відбувається за рахунок багаторазового тертя зернівок о поверхню робочої зони та одна одну.

Інтенсивність лушення характеризувалася ступенем лушення зерна за час обробки. Ступінь лушення визначався по масі знятих оболонки зерна пшениці (продуктів лушення), виражене у відсотках (% СОБ), методику описано в розділі 2. Тривалість процесу лушення фіксувалася секундоміром.

З метою визначення залежності інтенсивності лушення від вихідних показників якості зерна аналізувалися три проби пшениці (див. табл. 3.1).

Експеримент проводився протягом від однієї до десяти хвилин з інтервалом в одну хвилину, при цьому робоча камера луцильника заповнювалася на $\frac{1}{4}$ (ступінь заповнення 25 %), $\frac{1}{2}$ (ступінь заповнення 50 %) і повністю (ступінь заповнення 100 %), що відповідало наважкам масою 50, 100, 200 грамів. Результати представлено на рисунку 3.1.

Таблиця 3.1 – Показники якості зерна пшениці

Показник	Проба №1	Проба №2	Проба №3
Тип	I	IV	IV
Вологість, %	11,7	11,6	11,0
Скловидність, %	61	56	43
Натура, г/л	806	808	781
Маса 1000 зерен, г	37,6	37,4	34,9
Кількість клейковини, %	25	25	27
Якість клейковини, од. ІДК/група	93/II	83/II	81/II
Число падіння, с	522	553	302
Залишок на ситі 2,5×20, %	85,2	86,8	73,1
2,5×20/2,2×20, %	11,3	10,4	12,0
2,2×20/2,0×20, %	0,9	2,0	8,3
2,0×20/1,7×20, %	1,9	0,5	3,6
Прохід через сито, 1,7×20, %	0,7	0,3	3,0
Смітна домішка, %	0,1	0,2	0,2
Зернова домішка, %	1,0	1,0	3,3
Енергія проростання, %	75	89	76
Здатність проростання, %	84	92	87

На рисунку 3.1 показана залежність % СОБ від тривалості луцення для наважок різної маси, що характеризують відповідний ступінь заповнення луцильника. Так, для проби масою 100 г була характерна найменша інтенсивність луцення зерна.

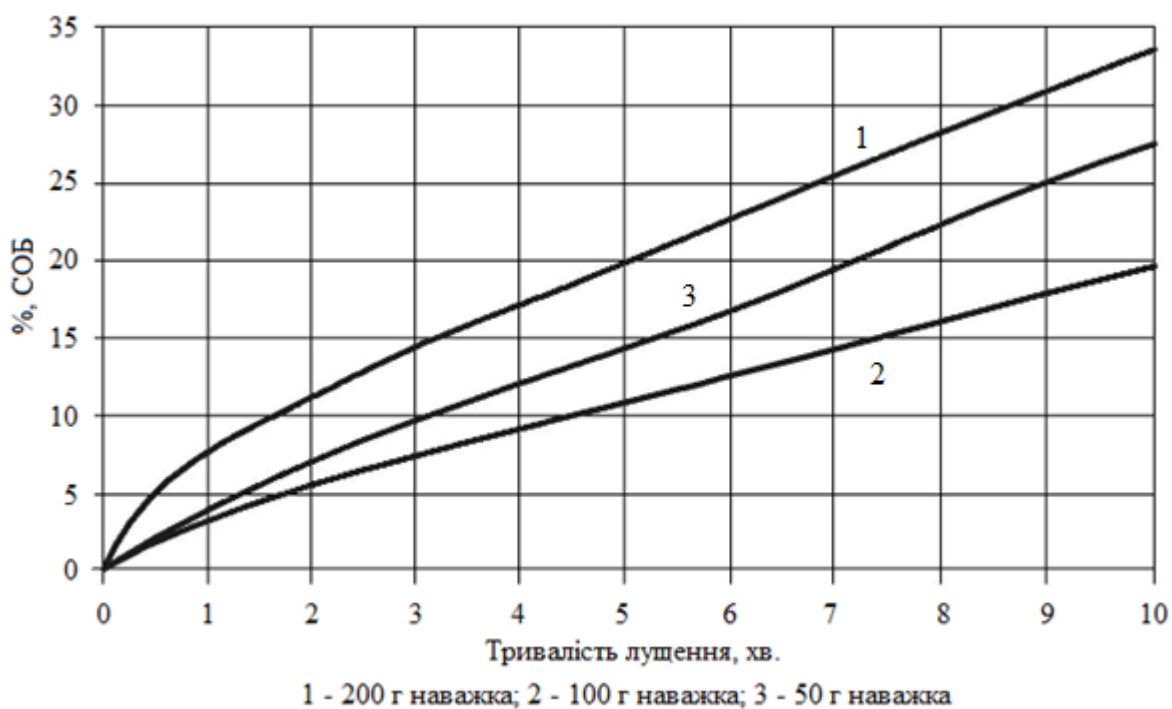


Рисунок 3.1 – Залежність маси знятих оболонок (% СОБ) від тривалості лушення зерна для наважок різної маси

Однак при лущенні 200 г наважки зерна процес лушення відбувається більш інтенсивно, при цьому виходить менше битого зерна й поверхня зернівки лущиться більш рівномірно, у порівнянні з 100 г і 50 г наважками. Це пов'язано з тим, що робоча камера лабораторної установки практично повністю заповнена зерною масою і відсутній удар. Зерно лущиться за рахунок тертя зернівок об поверхню робочих органів у луцильнику та одно об одне. Тому надалі при лущенні використовувалася 200 г наважка зерна пшениці.

3.2.2 Вплив інтенсивності лушення на енергію і здатність проростання зерна пшениці

Однією з ідей у виробництві хліба з диспергованого зерна пшениці є технологія виробництва хліба, яка забезпечує збереження практично всіх речовин, що містяться в цілому зерні, у тому числі й зародка, як джерела підвищеного вмісту білка і вітамінів.

Відомо, що при лущенні зерна відбувається часткове ушкодження, а надалі й видалення зародка [2]. З метою виявлення ступеню ушкодження зародка при

лущенні були визначені енергія і здатність проростання зерна (дослідження проводилися на пробі зерна пшениці №2, показники якості якого представлені в таблиці 3.1). Результати представлено в таблиці 3.2 і на рисунках 3.2, і 3.3.

Таблиця 3.2 – Вплив інтенсивності луцення зерна пшениці (% СОБ) на його енергію і здатність проростання

Тривалість луцення, хв.	% СОБ	Енергія проростання, %	Здатність до проростання, %
0,0	0,0	89	92
0,5	5,0	88	91
1,0	7,6	58	73
2,0	11,1	5	6
3,0	14,3	2	5
4,0	17,1	1	4

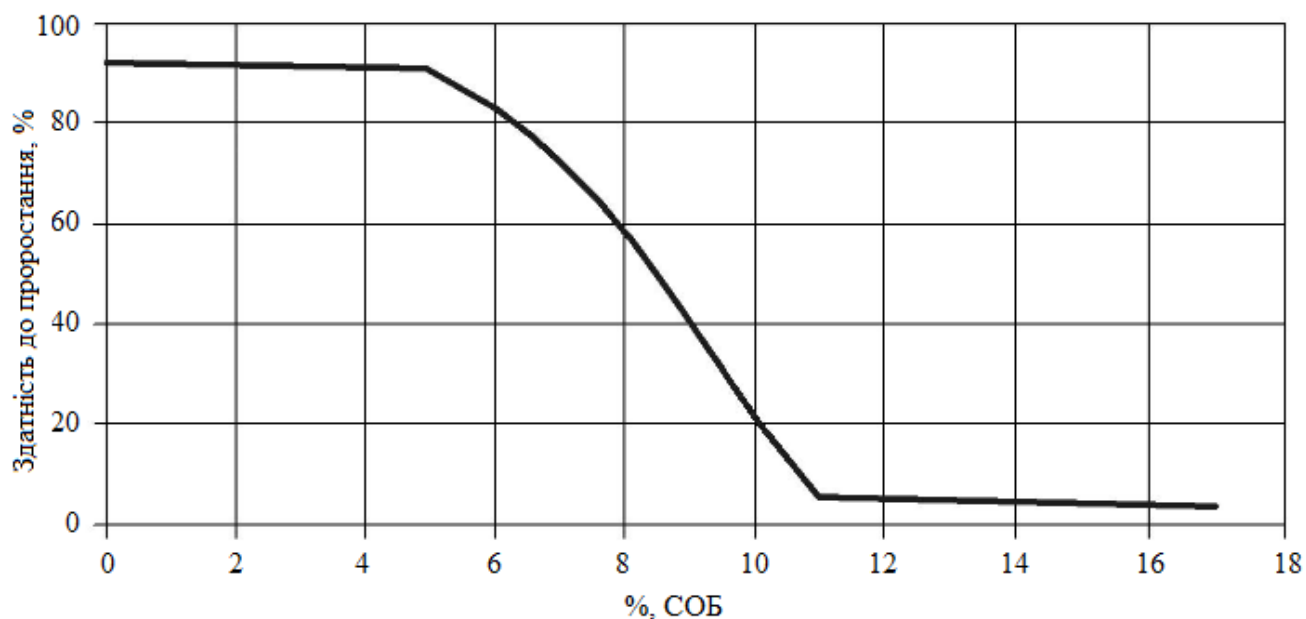


Рисунок 3.2 – Залежність здатності проростання зерна пшениці від маси знятих оболонок (% СОБ)

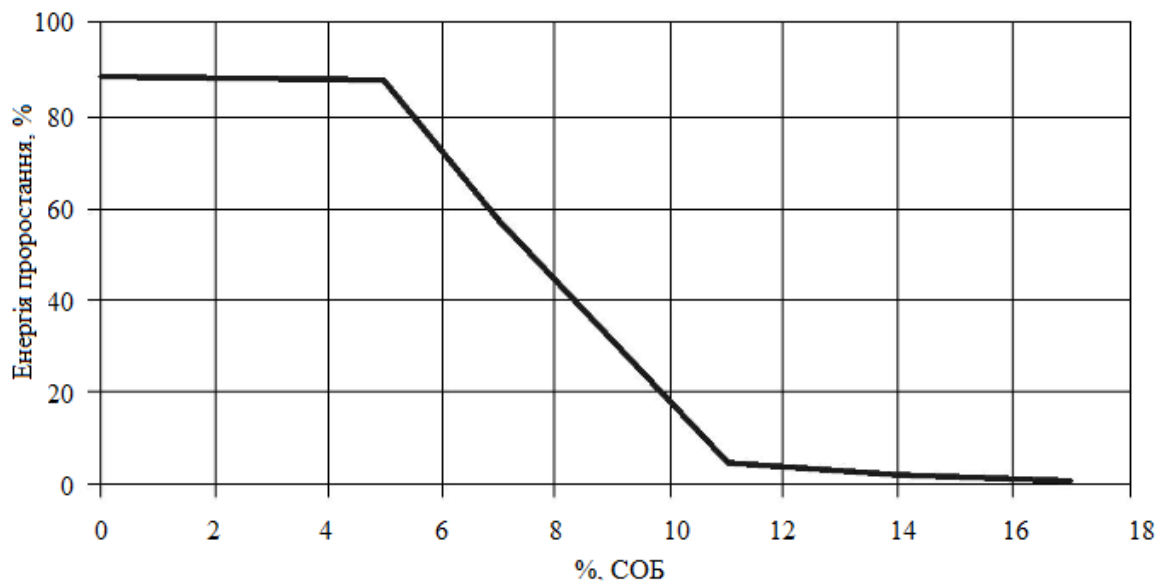


Рисунок 3.3 – Залежність енергії проростання зерна пшениці від маси знятих оболонок (% СОБ)

Як видно з даних табл. 3.2 і рисунків 3.2, 3.3 лушення зерна більше 10 % приводить до майже повної втрати життєздатності зерна, що говорить про сильне ушкодження або видалення зародка. Тому кількість знятих оболонок зерна пшениці при виробництві хліба з диспергованого зерна повинно становити не більше 5 – 6 %.

3.2.3 Вплив ступеня лушення зерна пшениці на якість хліба з диспергованого зерна

Лабораторна випічка здійснювалася відповідно до методики, описаної в розділі 2. Дослідження з вивчення впливу маси знятих оболонок на показники якості хліба проводилися на пробі №2. Результати представлено в таблиці 3.3 і на рисунках 3.4 та 3.5.

Із представлених даних видно вплив кількості знятих оболонок на питомий об'єм і пористість хліба з диспергованого зерна пшениці. Так, проби хліба, виготовлені з нелущеного зерна, мали низькі показники пористості (61 %) і питомого об'єму (2,1 см³/г). При цьому найбільше значення наведених хлібопекарських показників мали проби хліба, виготовлені із зерна при 7 % знятті оболонок (пористість – 68 %, питомий об'єм – 2,6 см³/г). Аналіз структурно-

механічних властивостей м'якушки хліба (таблиця 3.3) показав, що ступінь лущення зерна пшениці впливає на показник стиснення. Так, у проб хліба виготовлених з нелущеного зерна м'якушка була щільнішою і мала низьке значення стиснення, рівне 42 од. пенетрометра АП-4/2. Органолептична оцінка досліджуваних проб хліба підтвердила цю особливість. Крім того, необхідно відзначити, що зі збільшенням ступеня лущення зерна, м'якушка хліба ставала світлішою.

Таблиця 3.3 – Вплив маси знятих оболонок (% СОБ) на показники якості хліба з диспергованого зерна пшениці

Найменування показника		Показники якості хліба при % СОБ							
		0	3	4	5	6	7	8	9
Питомий об'єм хліба, см ³ /г		2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,6	2,4	2,5
Вологість, %		45	44	45	45	45	45	46	46
Кислотність, град.		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Пористість, %		61	61	62	64	66	68	65	65
Структурно-механічні властивості м'якушки	Стиснення од. пенетрометра	42	42	41	44	47	50	43	45
	Пластичність од. пенетрометра	32	30	29	32	35	36	30	34
	Пружність од. пенетрометра	10	12	12	11	11	14	13	11
	Відносна пластичність, %	76	71	71	74	74	72	70	75
	Відносна пружність, %	24	29	29	26	25	28	30	25

На підставі проведених досліджень можна зробити висновок про те, що лущення поліпшує якість хліба з диспергованого зерна пшениці і зберігає найбільш значимі частини зернівки з погляду її харчової і біологічної цінності. Маса знятих оболонок зерна не повинна перевищувати 5 – 6 %.

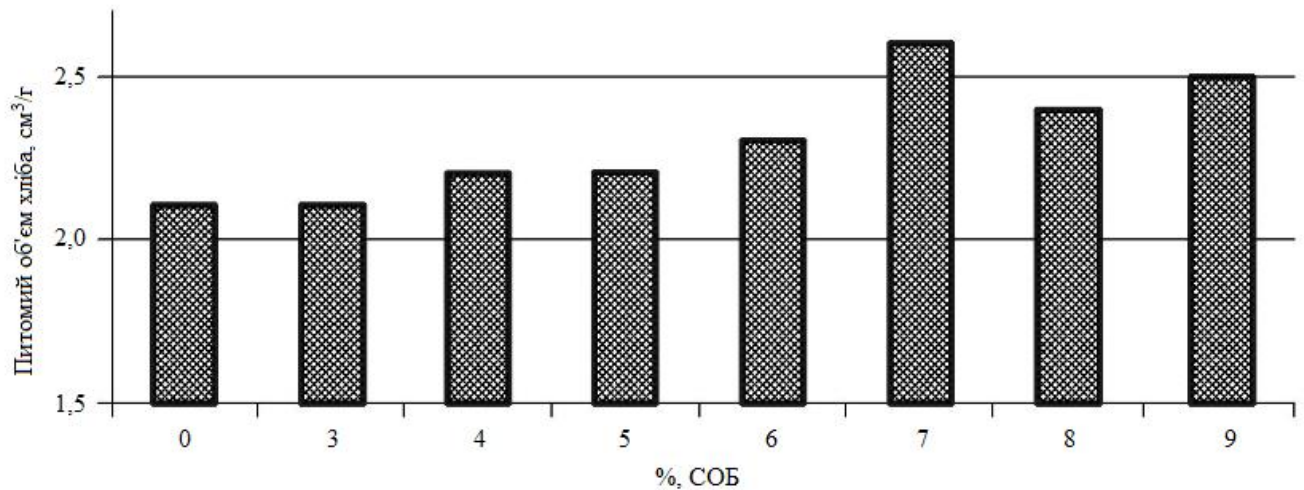


Рисунок 3.4 – Залежність питомого об'єму хліба від маси знятих оболонок (% СОБ) зерна пшениці

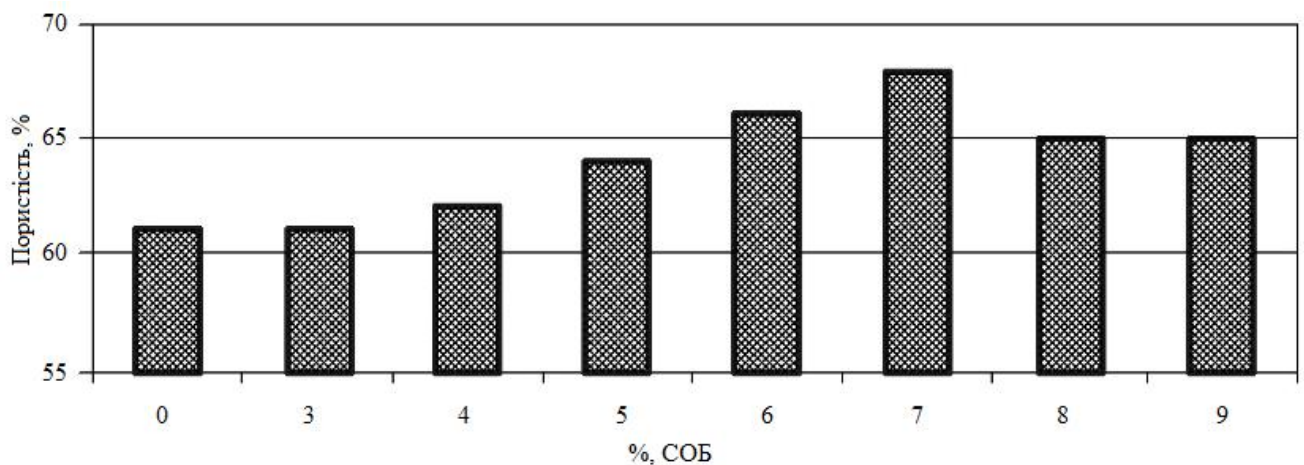


Рисунок 3.5 – Залежність пористості хліба від маси знятих оболонок (% СОБ) зерна пшениці

3.2.4 Дослідження вологого способу лушення

Вологе лушення здійснювалося на оригінальній установці зібраної на базі апарата для відмивання клейковини МОК. Принципова схема установки вологого лушення (УВЛ) і методика проведення лушення представлено в розділі 2.

Зерно в процесі лушення також і зволожується. Вода досить швидко проникає в порожнечі між поздовжніми й поперечними шарами плодової оболонки, внаслідок чого, зменшуються і без того слабкі зв'язки між ними. Відбувається відшаровування поздовжнього шару. Далі в результаті гідромеханічного впливу робочих органів (пальців і напрямних) і води,

поздовжній шар плодової оболонки частково дробиться і відділяється від зерна [2].

Поперечний шар плодової оболонки має міцні зв'язки з наступним шаром насінної оболонки, тому його відділення відбувається в основному в результаті тертя зерна об пальці. Так як зернівки пшениці не є тілами правильної сферичної форми, відділення поперечного шару відбувається нерівномірно по поверхні зерна. Більш інтенсивно відбувається лущення спинки зерна, і в першу чергу тієї її частини, яка прилягає до зародка. Зазначена нерівномірність лущення, спостерігається і при сухому способі лущення, не тільки перешкоджає повному зняттю всіх покривів зерна, але й обмежує можливість видалення навіть однієї плодової оболонки. Тому доцільність процесу лущення настає в момент, коли на спинці частини зерна оголюється алейроновий шар.

Лущення проводилося в інтервалі від 2 до 60 хвилин для проб зерна пшениці № 1 і № 2, показники якості яких представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.4 – Результати лущення зерна пшениці на УВЛ

Тривалість лущення, хв	Проба №1		Проба №2	
	% СОБ	Вологість зерна, %	% СОБ	Вологість зерна, %
2	1,5	26,1	1,3	25,2
4	1,9	27,3	1,7	6,1
6	2,5	28,8	2,0	27,7
8	3,1	29,4	2,5	28,4
10	3,9	30,0	3,1	29,0
20	7,1	31,3	6,2	30,5
30	7,8	33,2	6,9	32,3
40	8,7	35,8	7,7	34,7
50	10,5	37,6	10,3	36,1
60	12,1	38,7	12,0	37,2

Аналізуючи дані таблиці 3.4 можна зробити висновок про те, що до 20 хвилин інтенсивність лущення (% СОБ) досить стабільна, а різниця в масі знятих оболонок для даних проб зерна становить близько 1 %. Але потім % СОБ

поступово знижується. Дану обставину можна пояснити тим, що вода спочатку заповнює порожнечі, що перебувають у плодовій оболонці. Тим самим оболонка стає пластичною й легко відділяється від зернівки при луценні в результаті впливу робочих органів луцильника, забезпечуючи тим самим досить високе первинне значення % СОБ.

Поряд із цим видно, що луцення на УВЛ забезпечує істотне збільшення вологості (з 10 хвилини кінцева вологість зерна становить 30 %), тому що в процесі луцення вода механічним шляхом втирається в зерно. Однак, зернівка, навіть при такій високій вологості тривалий час (до 12-ти годин) залишається досить твердою, що не дозволяло подрібнювати зерно, відразу ж після луцення.

3.2.5 Порівняльна характеристика способів луцення зерна пшениці для виробництва хліба з диспергованого зерна

На підставі результатів представлених у розділі 3.2.1, з метою визначення впливу способу луцення зерна на його хлібопекарські показники якості (таблиця 3.5), була проведена випічка хліба з диспергованого зерна пшениці: нелущеного, лущеного на SATAKE і на УВЛ зі ступенем луцення 2 % і 7 %.

Таблиця 3.5 – Вплив способу луцення зерна і маси знятих оболонок (% СОБ) на якість хліба

Найменування показника	Режим і тип луцення					
	Нелущене зерно	SATAKE 2% СОБ	SATAKE 5% СОБ	SATAKE 7% СОБ	УВЛ 7% СОБ	
Вологість, %	42,8	44,5	45,3	44,7	43,9	
Кислотність, град	1,6	2,0	1,9	2,1	1,9	
Пористість, %	55	65	65	69	68	
Питомий об'єм, см ³ /г	1,6	1,9	2,2	2,4	2,7	
Структурно-механічні властивості м'якушки, од. пенетрометра	Стиснення	16	17	26	37	39
	Пластичність	10	10	15	27	29
	Пружність	6	7	10	10	10

З даних таблиці 3.5 видно, що проби хліба, виготовлені з нелущеного зерна мали найнижчі показники пористості і питомого об'єму, у порівнянні із хлібом приготовленим із лущеного зерна. При вологому способі з 7 % ступенем лущення зерна пшениці, виготовлений з нього хліб має найбільші значення об'єму і пористості. Дані висновки так само підтверджує аналіз структурно-механічних властивостей м'якушки хліба на пенетрометрі. Найбільш щільна м'якушка в пробі хліба, виготовленій з нелущеного зерна (мінімальне значення $\Delta H_{пруж.}$), а проби хліба виготовлені із лущеного зерна відрізнялися більш еластичною м'якушкою.

У теж час, необхідно відзначити, що витрати електроенергії на лущення на УВЛ в 4 рази більше, ніж на SАТАКЕ, а з урахуванням необхідності подальшого сушіння продуктів лущення, то витрата електроенергії ще більше зростає.

3.3 Вплив режимів диспергування зерна пшениці на реологічні властивості диспергованої зернової маси

Процес здрібнювання визначає текстуру диспергованої маси і відповідно текстуру тіста і якість хліба. Замочування здійснювалося при температурі води 20 °С, а тривалість замочування зерна пшениці становило 24 години. У дослідженні використовувалася проба №1, показники якості якої зазначено в таблиці 3.1.

Для одержання різних видів диспергованих мас застосовувалися різні набори ножів і матриць, які по черзі встановлювалися на валу шнека диспергатора (табл. 3.6).

Аналізуючи варіанти диспергування наведені в таблиці 3.6, можна зробити висновок про те, що при диспергуванні змінювались тільки ріжучі елементи другої пари системи ніж-матриця. Дана обставина пояснюється тим, що при проведенні попередньої серії експериментів по диспергуванню не було встановлено значимого впливу елементів першої й третьої ріжучої пари системи ніж-матриця на реологічні властивості одержуваних ДЗМ.

Таблиця 3.6 – Варіанти диспергування

Найменування		Номер варіанту			
		1	2	3	4
I пара	Ніж, кількість лез	3	3	3	3
	Діаметр отворів в матриці, мм	4	4	4	4
II пара	Ніж, кількість лез	8	12	8	12
	Діаметр отворів в матриці, мм	4	4	3	3
III пара	Ніж, кількість лез	12	12	12	12
	Діаметр отворів в матриці, мм	3	3	3	3

Для оцінки впливу режимів диспергування на реологічні властивості ДЗМ застосовувалися методики, описані в розділі 2.

На рисунку 3.6 показані графіки залежності реологічних властивостей ДЗМ від варіанта диспергування. З даних видно, що різні набори ножів і матриць по-різному впливають на пластичні властивості ДЗМ.

Можемо стверджувати, що коефіцієнт пластичності тіла збільшується зі збільшенням кількості лез ножа і зменшується зі збільшенням діаметра отворів у матриці.

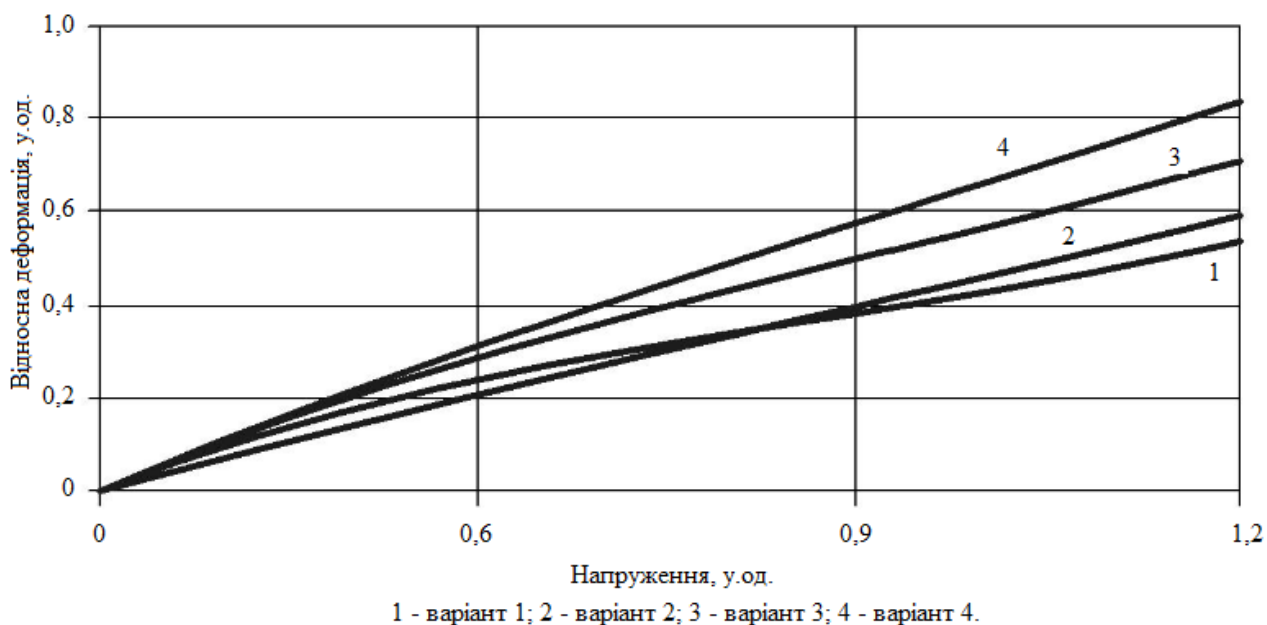


Рисунок 3.6 – Вплив режимів диспергування зерна пшениці на реологічні властивості одержуваної диспергованої зернової маси

З метою визначення впливу різних варіантів диспергування зерна пшениці на показники якості одержуваного хліба, були проведені лабораторні випічки. Найкращі показники якості має хліб, виготовлений з диспергованого зерна пшениці при першому варіанті здрібнювання.

Отримані дані при випічці хліба обробили за допомогою пакета програм «MATSTAT». Результати обробки представлено в таблиці 3.7.

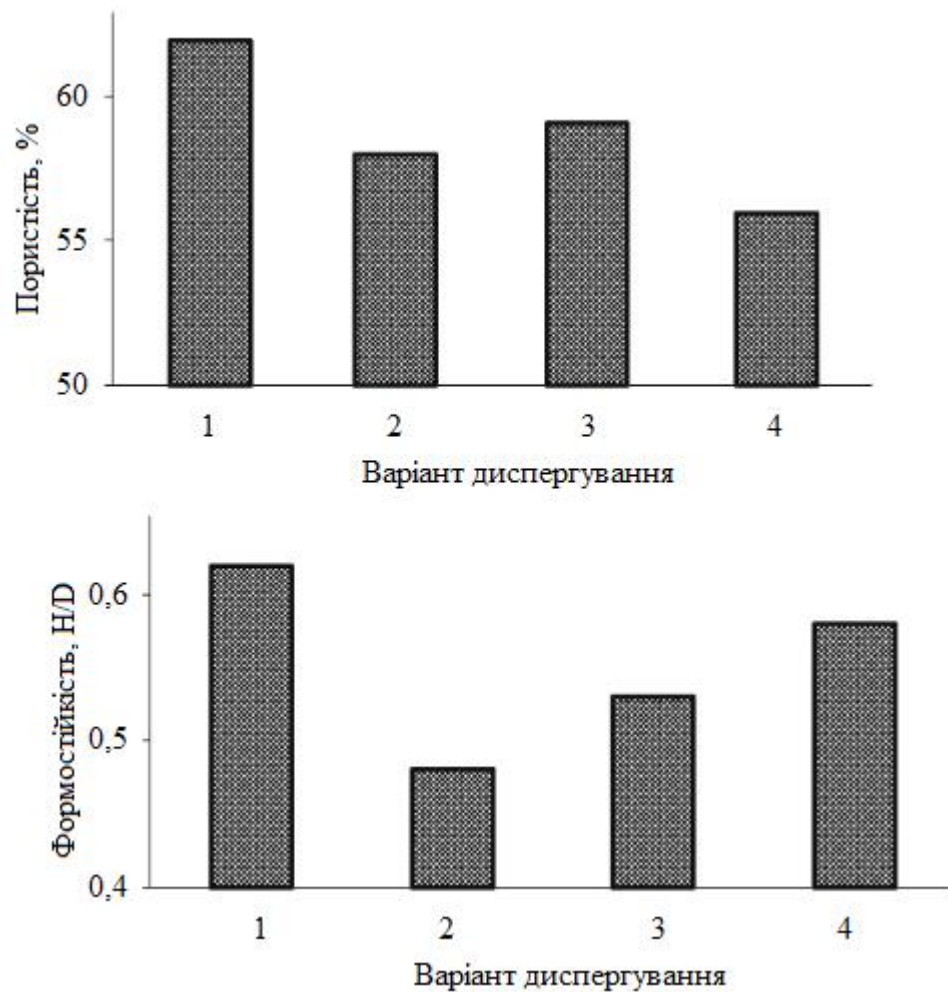


Рисунок 3.7 – Вплив варіанта диспергування зерна пшениці на пористість і формостійкість хліба, виготовленого з диспергованого зерна

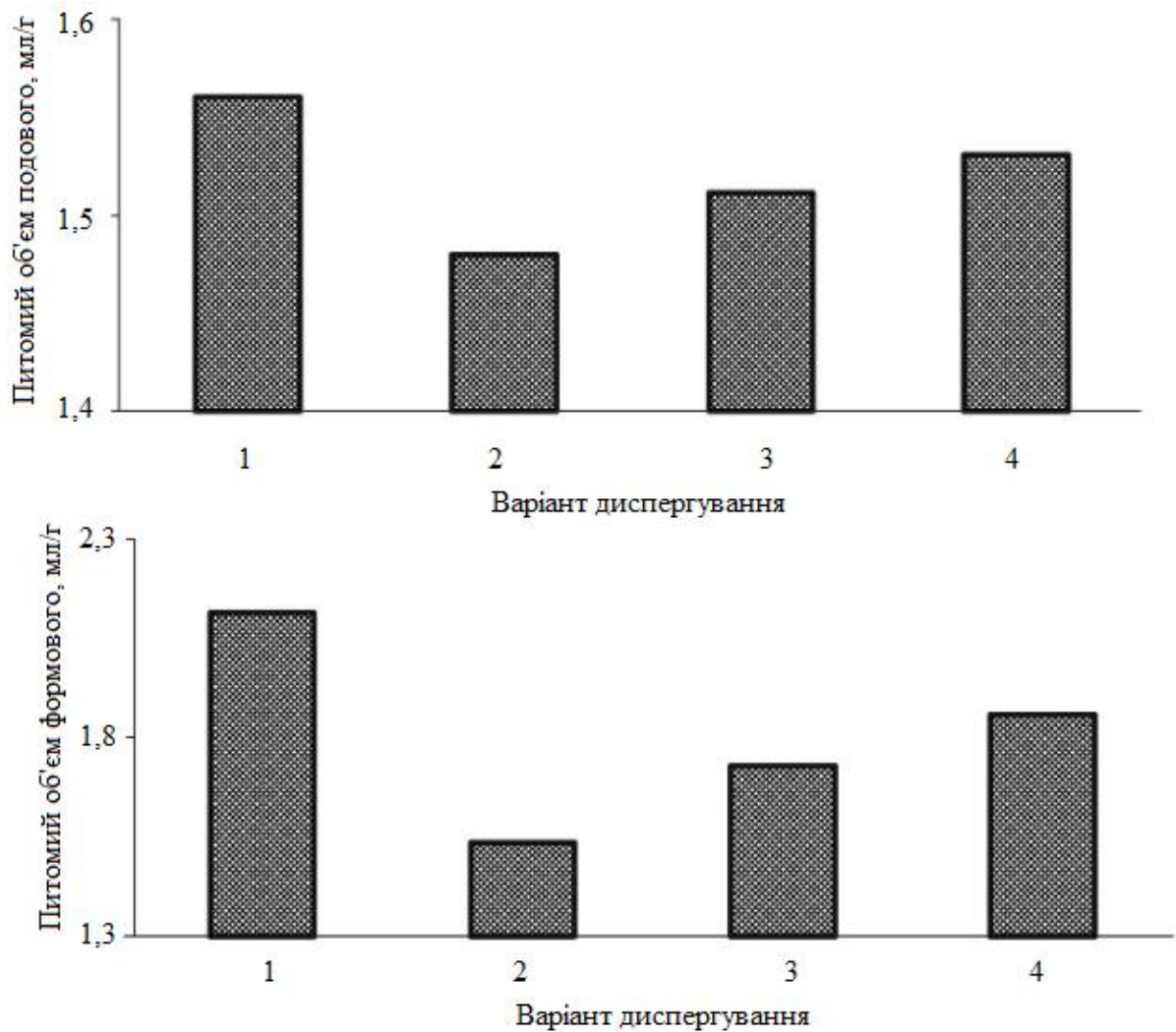


Рисунок 3.8 – Вплив варіанта диспергування зерна пшениці на питомий об'єм хліба, виготовленого з диспергованого зерна

Аналіз яких показав, що існує зворотна лінійна залежність пористості і формостійкості ($\frac{H}{D}$) від кількості лез ножа (n) з коефіцієнтом кореляції $r = -0,81 \pm 0,19$ і $r = -0,86 \pm 0,14$ відповідно і формостійкості від коефіцієнта пластичності (η) з коефіцієнтом кореляції $r = -0,71 \pm 0,29$. При цьому коефіцієнт η оберненопропорційний розміру діаметру отворів у матриці (\emptyset). Тому для підвищення показників якості хліба з диспергованого зерна пшениці (насамперед пористості і формостійкості) необхідно встановлювати в другий ступені системи ніж-матриця, ножі з меншою кількістю лез (тобто кількістю ріжучих поверхонь) і матриці з більшим діаметром отворів.

Таблиця 3.7 – Кореляційна таблиця залежності параметрів диспергування (кількість лопат ножа – n , діаметр отворів у матриці – \emptyset , коефіцієнт пластичності – η) і показників якості хліба, виготовленого з диспергованого зерна пшениці

Найменування	n	\emptyset	η	$V_{\text{nut.под.}}$	$V_{\text{nut.ф.}}$	Пористість	H / D
n	$\frac{1,00^*}{0,00}$	$\frac{0,00}{1,00}$	$\frac{0,59}{0,41}$	$\frac{-0,54}{0,46}$	$\frac{-0,61}{0,39}$	$\frac{-0,81}{0,19}$	$\frac{-0,86}{0,14}$
\emptyset		$\frac{1,00}{0,00}$	$\frac{-0,80}{0,20}$	$\frac{-0,15}{0,85}$	$\frac{-0,13}{0,87}$	$\frac{-0,12}{0,88}$	$\frac{0,29}{0,71}$
η			$\frac{1,00}{0,00}$	$\frac{-0,16}{0,84}$	$\frac{-0,22}{0,78}$	$\frac{-0,36}{0,64}$	$\frac{-0,71}{0,29}$
$V_{\text{nut.под.}}$				$\frac{1,00}{0,00}$	$\frac{0,99}{0,01}$	$\frac{0,93}{0,07}$	$\frac{0,77}{0,23}$
$V_{\text{nut.ф.}}$					$\frac{1,00}{0,00}$	$\frac{0,96}{0,04}$	$\frac{0,82}{0,18}$
Пористість						$\frac{1,00}{0,00}$	$\frac{0,91}{0,09}$
H / D							$\frac{1,00}{0,00}$

*Чисельник – коефіцієнт кореляції; знаменник – рівень значимості.

У таблиці 3.8 представлені результати витрати електроенергії і продуктивності диспергатора при тих же варіантах диспергування. З даних табл. 3.8 видно, що при першому варіанті набору ножів і матриць була встановлена найменша витрата електроенергії і зафіксована найбільша продуктивність.

Таблиця 3.8 – Вплив варіантів диспергування зерна пшениці на витрату електроенергії і продуктивність диспергатора ЛЗ-08

Показники	Варіант №1	Варіант №2	Варіант №3	Варіант №4
Витрата електроенергії, Вт·год/кг	2,88	3,72	4,06	5,04
Продуктивність, кг/год.	144	144	132	103

Проведене дослідження дозволяє стверджувати, що для одержання хліба з

диспергованого зерна пшениці з найкращими показниками якості хліба, необхідно використовувати ножі з найменшою кількістю лез і матриці з діаметром отворів 4 мм. При цьому використання даного набору ножів і матриць (варіант №1) дозволяє підвищити продуктивність диспергатора на 10 – 40 % при зменшенні в 1,3 – 1,7 рази витрати електроенергії на подрібнення.

Висновки за розділом

Лущення зерна пшениці суттєво поліпшує показники якості хліба з диспергованого зерна пшениці;

Встановлено, що більш рівномірне лущення відбувається при вологому способі (на УВЛ). Однак, сухий спосіб лущення (на SАTАKЕ) є кращим у порівнянні з вологим, як з економічної точки зору, так і з технічної (більш просте застосовуване устаткування). При цьому збільшення вологості зерна при вологому способі лущення не дозволяє в достатній мірі інтенсифікувати процес водопоглинання зерна, що дозволило б скоротити процес замочування. Крім того, при вологому способі лущення зерна додатково потрібні витрати на сушіння продуктів лущення;

Ступінь лущення зерна пшениці не повинна перевищувати 5 – 6 %. Основним подрібнювальним устаткуванням при виробництві хліба з диспергованого зерна пшениці є диспергатор. Процес здрібнювання зерна – диспергування, відбувається за рахунок деформації різання. Після диспергування, зерно являє собою тістоподібну масу з вологістю 40 – 45 %.

Розроблена методика, що дозволяє оцінювати реологічні властивості диспергової зернової маси за коефіцієнтом пластичності.

Встановлений вплив ступеня лущення, температури води при замочуванні і тривалості замочування зерна пшениці на реологічні властивості диспергової зернової маси.

Встановлено, що істотний вплив на якість хліба виготовленого з диспергованого зерна пшениці виявляють ріжучі елементи другої пари

диспергування.

Для одержання хліба з диспергованого зерна пшениці гарної якості необхідно встановлювати в другій парі ріжучих елементів диспергування – ніж з восьми лезами і матрицю з 4 мм діаметром розміру отворів у ній.

Застосування рекомендованого набору ножів і матриць дозволяє підвищити продуктивність диспергатора на 20 – 25 % при зниженні витрати електроенергії на подрібнення в 1,3 – 1,7 рази.

4 ПЕРЕВІРКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перевірка результатів досліджень проводилася в навчальній лабораторії кафедри харчових технологій Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Для проведення експериментальний досліджень було взято пробу зерна пшениці з наступними показниками якості табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники якості зерна пшениці

Найменування показника	Значення показника
Тип	IV
Скловидність, %	57
Вологість, %	12,2
Натура, г/л	785
Маса 1000 зерен, г	31,2
Кількість клейковини, %	26
Якість клейковини, од. ІДК/група	80/II
Число падіння, с	275
Прохід через сито 1,7×20, %	1,8
Смітна домішка, %	0,1
Зернова домішка, %	0,9

Хліб з диспергованого зерна пшениці вироблявся масою 300 г. Рецептuru тіста і параметри технологічного приготування хліба наведено в таблиці 4.2.

Набори ножів і матриць при зазначених варіантах диспергування відповідають параметрам робочого органа диспергатора, які наведено в таблиці 3.6. Дані по продуктивності диспергатора і витратам електроенергії при диспергуванні зерна пшениці представлено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.2 – Параметри технологічного процесу і рецептура сировини при приготуванні хліба з диспергованого зерна пшениці

Параметри технологічного процесу і найменування сировини	Номер проби			
	№1	№2	№3	№4
Тривалість замочування, год.	20			
Температура води при замочування, °С	20			
Зерно пшениці дисперговане за варіантом, №	1	2	3	4
Дріжджі хлібопекарські пресовані, кг	3,0			
Цукор, кг	4,0			
Сіль кухонна харчова, кг	1,5			
Вода, л	За розрахунком			
Тривалість бродіння, год.	1,5			
Вологість тіста, %	44 – 48			

Таблиця 4.3 – Результати витрати електроенергії і продуктивності диспергатора ЛЗ-08 при різних варіантах подрібнення зерна пшениці при виробництві хліба

Показники	Варіант №1	Варіант №2	Варіант №3	Варіант №4
Витрата електроенергії, Вт·год/кг	2,94	3,85	3,97	4,75
Продуктивність, кг/год.	166	160	151	115

Параметри замісу, дозрівання тіста, остаточного вистоювання тістових заготовок і випікання хліба були однакові при виготовленні всіх проб хліба.

Якість хліба з диспергованого зерна пшениці оцінювалась через 16 – 18 год після випікання за фізико-хімічними показниками, передбаченими ДСТУ, а також проводили органолептичну оцінку. Результати випічок представлено в таблиці 4.4.

Порівняльний аналіз приготовленого хліба при різних варіантах диспергування показав, що фізико-хімічні і органолептичні показники якості досліджуваних зразків були близькі. Однак, хліб, приготовлений при першому варіанті диспергування за зовнішнім виглядом, смаковими якостями, станом м'якушки, а також за показниками пористості, питомого об'єму і формостійкості

був краще, ніж інші проби хліба.

Таблиця 4.4 – Показники якості хліба з диспергованого зерна пшениці

Найменування показника	Значення показників			
	Проба №1	Проба №2	Проба №3	Проба №4
Вологість, %	43,0	42,6	43,7	44,0
Кислотність, град.	2,5	2,6	2,5	2,6
Питомий об'єм, см ³ /г	2,2	1,6	1,8	1,9
Пористість, %	70	57	65	60
Формостійкість H/D	0,63	0,53	0,60	0,62
Зовнішній вигляд	Нормальний			
Характер корки	Шорстка, без тріщин та надривів, випукла			
Стан м'якушки: - колір	Світло-коричневий з жовтуватим відтінком	Світло-коричневий з сіруватим відтінком		Світло-коричневий
- характер	Пропечений, не липкий, не вологий на дотик, еластичний			Сухий, достатньо еластичний
- пористість	Середня, досить рівномірна, середньої товщини та тонкостінна	Дрібна і середня, досить рівномірна і тонкостінна	Крупна та середня, досить рівномірна	Дрібна і середня, досить рівномірна і тонкостінна
Смак	Притаманний даному виду хліба, без стороннього присмаку та запаху			
Запах				

Висновки за розділом

В результаті виробничого виготовлення хліба з диспергованого зерна пшениці було відзначено, що:

- хліб, масою 0,3 кг, приготовлений з диспергованого зерна пшениці, відповідав вимогам до показників якості хлібобулочних виробів,

регламентованим у ДСТУ 7517:2014 Хліб із пшеничного борошна;

- при першому варіанті диспергування витрата електроенергії на подрібнення зерна пшениці в 1,3 – 1,6 рази нижче, ніж при інших варіантах, при збільшенні продуктивності диспергатора до 30 %;

- по фізико-хімічних і органолептичних показниках зразки хліба приготовлені з диспергованого зерна пшениці при різних варіантах подрібнення мали близькі значення. Однак, за зовнішнім виглядом, а також за показниками пористості, питомого об'єму і формостійкості хліб, приготовлений при першому варіанті диспергування, був кращим, ніж при інших варіантах;

- виробництво хліба з диспергованого зерна пшениці, особливо із застосуванням рекомендованих режимів подрібнення, дозволяє зменшити витрати праці на виготовлення хліба шляхом зниження його собівартості за рахунок відсутності необхідності виробництва борошна, тим самим ефективніше використовувати виробничі площі.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці

Для забезпечення безпеки та здоров'я працівників на підприємствах, що спеціалізуються на виробництві хлібобулочних виробів, рекомендуємо створити план безпеки праці для операторів лінії з виробництва хліба (див. рис. 5.1). У цьому плані враховані загальні вимоги до експлуатації технологічного обладнання лінії, спрямовані на забезпечення безпеки та здоров'я працівників.

<p style="text-align: center;">1. Загальна інформація</p> <p>Дана картка безпеки праці розроблена для робітників цеху з виробництва хлібобулочних виробів підприємств всіх форм власності.</p> <p>Важливо! Обов'язково ознайомитись з інформацією цієї картки перед виконанням робіт.</p>	<p style="text-align: center;">2. Опис робочого місця</p> <p>Посада: апаратник лінії з виробництва хліба.</p> <p>Місце роботи: цех з виробництва хлібобулочних виробів всіх форм власності.</p> <p>Робочій час: 1 зміна (8:00-20:00) 2 зміна (20:00-8:00)</p>
<p style="text-align: center;">3. Заходи безпеки</p> <p>До роботи допускаються особи, що досягли 18-річного віку та пройшли відповідний інструктаж з ОП і медичний огляд.</p> <p>Заборонено приступати до роботи в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння. В разі поганого самопочуття негайно повідомити майстра цеху.</p> <p>Уважно готувати робоче місце, дотримуватись правил охорони праці. Обов'язково використовувати засоби індивідуального захисту при виконанні робіт з налагодженням роботи сепаратора</p>	
<p style="text-align: center;">4. Надзвичайні ситуації</p> <p>1) Пожежа: негайно повідомити про це відповідні служби та натиснути на пожежну сигналізацію. Використовувати вогнегасник або інші засоби пожежогасіння, якщо ви натрапили на невелике загоряння та можете безпечно його загасити.</p> <p>2) Аварія: негайно повідомити про це відповідні служби та керівництво. Уникайте зони аварії та слідуйте вказівкам служб безпеки.</p> <p>3) Травма: негайно повідомити про це відповідні служби та керівництво. Зверніться до медичного працівника або запросіть медичну допомогу, якщо потрібно.</p>	
<p style="text-align: center;">5. Потенційні ризики</p> <p>а) зерновий та борошняний пил, б) можливість травмування внаслідок дії рухомих частин обладнання, в) ризик пожежі.</p>	<p style="text-align: center;">6. Контакти екстрених служб</p> <p>Черговий: вн.т. 42-78-15 Пожежна служба: 101 Екстрена медична допомога: 103 Служба екстреної допомоги: 112</p>

Рисунок 5.1 – Карта безпеки апаратника лінії з виробництва хліба

5.2 Утилізація відходів виробництва

Досліджуване виробництво викидає забруднюючі речовини у вигляді органічного пилю в атмосферу через витяжні системи, а також використовує стічні води для задоволення побутових та виробничих потреб. У цих стічних водах містяться різноманітні домішки, які змінюють їхній початковий хімічний склад і фізичні властивості [15].

Для уникнення порушень технічних умов був розроблений комплекс заходів, спрямований на зменшення забруднення повітряного середовища. Місця, де відбувається виділення пилоподібних речовин, оснащені вбудованими вентиляційними укриттями, різними типами навісів та пристроями для відсмоктування. Технологічні процеси, пов'язані із утворенням пилю (наприклад, операції завантаження, розмелювання, дозування та транспортування сипучих матеріалів), включають в себе аспірацію та гідропригнічення – розпилення води на джерела пилю.

На підприємстві частину відходів видаляють шляхом включення їх до стічних вод, тоді як інша частина викидається у вигляді твердих відходів у контейнери для сміття. Після цього підприємство організовує транспортування промислових відходів до спеціальних місць для їхньої утилізації.

Висновки за розділом

У даному розділі кваліфікаційної роботи була розроблена карта безпеки праці для оператора лінії з виробництва хліба на підприємствах, спеціалізованих на виробництві хлібобулочних виробів. Також визначено методи утилізації відходів виробництва.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення дослідження

Дослідження проводяться з метою обґрунтування технології диспергування зерна пшениці при виробництві хлібобулочних виробів. Економічні розрахунки, що здійснюються для оцінки результатів отриманих досліджень, спрямовані на визначення ефективності та доцільності проекту, що стосується технологічних процесів підготовки та здрібнювання зерна при виробництві хліба з диспергованого зерна пшениці, з орієнтацією на отримання хліба високої якості.

Таблиця 6.1 включає перелік робіт, які передбачено в ході дослідження для обґрунтування технології диспергування зерна пшениці при виробництві хлібобулочних виробів.

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1	2	3
1-2	Вибір запропонованого напрямку наукових досліджень	2
2-3	Літературний пошук та написання літературного огляду	21
3-4	Розробка плану науково-дослідних робіт	4
4-5	Розробка методик проведення наукових досліджень	3
5-6	Підготовка дослідних зразків зерна пшениці	2
6-7	Підготовка експериментального устаткування	15
7-8	Дослідження впливу показників якості зерна пшениці на реологічні властивості диспергової маси	2
7-9	Дослідження процесу сухого лушення зерна пшениці на якість отриманого продукту	3
7-10	Дослідження процесу вологого лушення зерна пшениці на якість отриманого продукту	4
7-11	Дослідження впливу режимів диспергування зерна пшениці на реологічні властивості диспергової зернової маси	5
8-12	Обробка результатів експериментальних дослідження	1
9-12		1
10-12		1
11-12		2
12-13	Підготовка матеріалу для публічного оприлюднення	7
13-14	Написання публікації	7

Графічне відображення ходу виконання етапів дослідної роботи приведено на рис. 6.1.

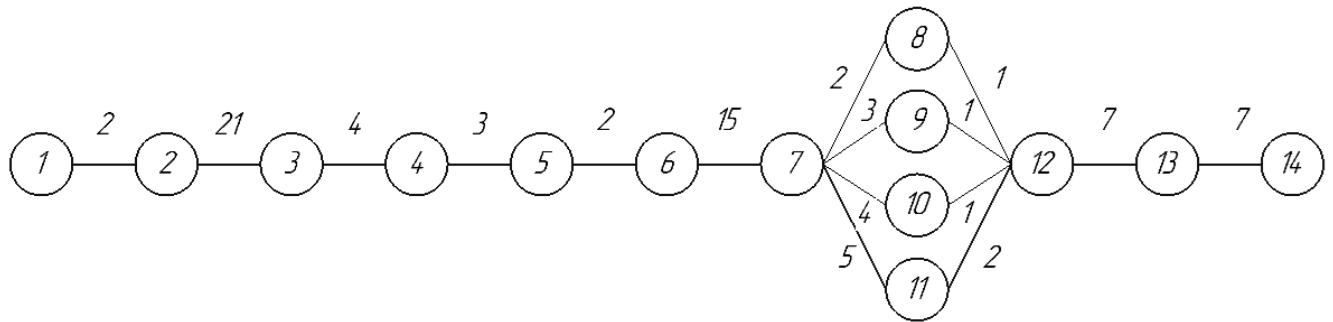


Рисунок 6.1 – Сітьовий графік проведення науково-дослідної роботи

Використовуючи сітьовий графік, знаходять повний шлях – тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої.

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-12-13-14}^1 = 2 + 21 + 4 + 3 + 2 + 15 + 2 + 1 + 7 + 7 = 64;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-12-13-14}^2 = 2 + 21 + 4 + 3 + 2 + 15 + 3 + 1 + 7 + 7 = 65;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-12-13-14}^3 = 2 + 21 + 4 + 3 + 2 + 15 + 4 + 1 + 7 + 7 = 66;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-11-12-13-14}^4 = 2 + 21 + 4 + 3 + 2 + 15 + 5 + 2 + 7 + 7 = 68$$

У нашому випадку величина критичного шляху складає 68 днів, це є четвертий шлях.

6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

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

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Зерно пшениці, кг	20	5,30	106,00
Всього			106,00

Результати розрахунку заробітної плати учасників дослідження наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн.	Середньочасовий заробіток, грн.	Кількість людино-годин	Сума, грн.
Дипломний керівник	8300	49,40	15	741,00
Всього				741,00

Нарахування на заробітну плату складають:

$$H = \frac{741,00 \cdot 22}{100} = 163,02 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

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

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

T – час роботи на установці, год.;

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

Витрати електроенергії на роботу диспергатора:

$$E_1 = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 12 \cdot 1,68 = 27,22 \text{ грн.}$$

Витрати електроенергії на роботу духово шафи:

$$E_2 = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 8 \cdot 1,68 = 26,61 \text{ грн.}$$

Витрати електроенергії на роботу персонального комп'ютера:

$$E_3 = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 180 \cdot 1,68 = 299,38 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії складуть:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 = 27,22 + 26,61 + 299,38 = 353,21 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію устаткування розраховуємо за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (6.3)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн.;

Φ – вартість устаткування, грн.;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість днів у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Диспергатор	1526,50	15	2	1,25
Духова шафа	2278,00	15	1	0,94
Персональний комп'ютер	11920,00	24	22,5	176,35
Всього				178,54

Накладні витрати становлять:

$$\frac{(741,00 \cdot 80)}{100} = 592,80 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	106,00
Заробітна плата	741,00
Нарахування на заробітну плату	163,02
Електроенергія	353,21
Амортизація	178,54
Накладні витрати	592,80
Всього	2134,57

Аналіз показав, що на першому місці стоять витрати на заробітну плату і накладні витрати.

6.3 Розрахунок вартості дослідження

Ціна досліджень розраховується за формулою:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.4)$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн.;

C – витрати на дослідження, грн.;

P – нормативна рентабельність ($P = 30$), %.

$$Ц = 2134,57 + \frac{30 \cdot 2134,57}{100} = 2774,94 \text{ грн.}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 2774,94 грн.

Висновки за розділом

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та накладні витрати, які складають 741,00 грн та 592,8 грн. Ціна досліджень становить 2774,94 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено, що більш раціональним є сухий спосіб лушення (на SATAKE) і є кращим у порівнянні з вологим, як з економічної точки зору, так і з технічної (більш просте застосовуване устаткування). При цьому збільшення вологості зерна при вологому способі лушення не дозволяє в достатній мірі інтенсифікувати процес водопоглинання зерна, що дозволило б скоротити процес замочування. Крім того, при вологому способі лушення зерна додатково потрібні витрати на сушіння продуктів лушення;

Визначено оптимальні режими лушення зерна за яких ступінь лушення зерна пшениці не повинен перевищувати 5 – 6 %. Основним подрібнювальним устаткуванням при виробництві хліба з диспергованого зерна пшениці є диспергатор. Процес здрібнювання зерна – диспергування, відбувається за рахунок деформації різання. Після диспергування, зерно являє собою тістоподібну масу з вологістю 40 – 45 %.

Розроблена методика, що дозволяє оцінювати реологічні властивості диспергової зернової маси за коефіцієнтом пластичності.

Визначено оптимальні параметри диспергатора, а саме для одержання хліба з диспергованого зерна пшениці гарної якості необхідно встановлювати в другій парі ріжучих елементів диспергування – ніж який має 8 лез і матрицю з 4 мм діаметром розміру отворів у ній. Застосування рекомендованого набору ножів і матриць дозволяє підвищити продуктивність диспергатора на 20 – 25 % при зниженні витрати електроенергії на подрібнення в 1,3 – 1,7 рази.

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та накладні витрати, які складають 741,00 грн та 592,8 грн. Ціна досліджень становить 2774,94 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. Довідник : навч. посіб. / 2-е вид., перероб. і допов. Київ, «ПрофКнига», 2019. 580 с.
2. Новікова О. В. Технологія виробництва хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів : навч. посіб. Вид. 2-ге, перероб. та допов. Київ : Ліра-К, 2018. 538 с.
3. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів : навч. посіб. / за ред. чл.-кор. В.І. Дробот. Київ, Кондор-Видавництво, 2015. 972 с.
4. Самохвалова О.В., Кучерук З.І., Олійник С.Г. Харчові технології. Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів : навч. посіб. Харків, ФОП Бровін О.В., 2019. 284 с.
5. Дробот В. І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв : Навчальний посібник. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 341 с.
6. Технологічні розрахунки у хлібопекарському виробництві / [В. Г. Юрчак, Л. Ю. Арсенєва, В. М. Махинько та ін.]; за ред. В. І Дробот. – К. : Кондор, 2010. – 439 с.
7. 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 :
8. S. Kamiloglu et al. 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

9. 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.
10. H.S. Kim et al. A study on quality characteristics and optimized recipe of muffin with added acai berry powder *Journal of the Korean Society of Food Culture* (2016)
11. Гвоздєв О.В., Ялпачик Ф.Ю., Олексієнко В.О. *Машини та обладнання хлібопекарського виробництва: Підручник / О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, В.О. Олексієнко. – К.: Вища освіта, 2010. — 307 с.: іл.*
12. *Технологія борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів: навч. посіб. / за заг. ред. Г.М. Лисюк. Київ, Університетська книга, 2023. 466 с.*
13. *Удосконалення технології хліба житньо-пшеничного з використанням шротів зародків зернових культур та плодів шипшини. Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії. Лапицька Н.Д. Харків: ДБТУ, 2020. 245 с.*
14. *Новікова О.В. Технологія виробництва хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів. В 2-х книгах. Київ : Світ книг, 2019. 376 с.*
15. *Годунова Л.Ю. Повышение пищевой ценности хлебобулочных изделий применением побочных продуктов мукомольного производства: Автореф. дис. .. канд. техн. наук. – Киев, 2004. – 23 с.*
16. *Дробот В.И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности – Киев: Урожай, 1988. – 151с.*
17. *Демидко О. Розширення асортименту хлібобулочних виробів оздоровчого спрямування / О. Демидко, Н. Шаповалова // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ 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.*
18. *2. Капрельянц Л.В. Функціональні продукти / Л.В. Капрельянц, К.Г. Іоргачова. – Одеса. Видавництво: 2003, – 116 с.*

19. Українець А.І. Технологія оздоровчих харчових продуктів / А.І. Українець, Г.О. Сімахіна – К.:НУХТ, 2009. – 52с.
20. Науменко, О., Полонська, Т., & Гетьман, І. (2021). Функціональні інгредієнти в хлібопеченні. Продовольчі ресурси, 9(16), 135-143.
21. 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).
22. Назар М.І. Удосконалення технології хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Київ, 2018. 22 с.
23. 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.
24. 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.
25. Обеснюк, О. О. Хлібобулочні вироби функціонального призначення. ББК 65.9 (4укр)-55 Н 35, 2015, 59.
26. Лазарева, Т. А.; Благий, О. С. Перспективи використання високобілкової рослинної сировини у виробництві хлібобулочних виробів. Склад організаційного комітету конференції Голова оргкомітету, 2021, 104.
27. 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.
28. https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/7307/1/Innovatsiyni%20tekhnohohiyi%20khliba_LP_2017.pdf.
29. https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/25676/1/t1_15.05.19-147-148.pdf.
30. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/7392/1/palivoda.pdf>.
31. http://www.vtei.com.ua/doc/2020/24_104.pdf#page=183.

32. https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/9108/1/gorbatuk_lo.pdf.
33. <https://card-file.ontu.edu.ua/items/ae5f925a-9741-449a-9d75-a11c7e649dff>.
34. <https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a3982dab-9e5f-4dc4-882d-c9783fcc36af/content>.
35. https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/17892/1/Konspekt_lekcij_Bez_vidhodni_tehnologiji_konservnyh_vyrobnycyv.pdf.
36. https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1339/3/kvmnrkthkmvih_uvep.pdf.
37. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/455/3/751.pdf>.
38. https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/35368/1/181_Haidashch_uk%20Bohdan%20Mykhailovych.pdf.
39. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/20610/1/sword%202015.pdf>.
40. <http://vestnik2079-5459.khpi.edu.ua/article/view/264787>.
41. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/37612/1/1.pdf>
42. <https://core.ac.uk/download/pdf/270038417.pdf>
43. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/14898/1/Pyvgmv.pdf>
44. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/15427/1/makaroni.pdf>
45. https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/17892/1/Konspekt_lekcij_Bez_vidhodni_tehnologiji_konservnyh_vyrobnycyv.pdf
46. https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1339/3/kvmnrkthkmvih_uvep.pdf.
47. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/455/3/751.pdf>.
48. https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/35368/1/181_Haidashch_uk%20Bohdan%20Mykhailovych.pdf.
49. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/20610/1/sword%202015.pdf>.
50. <http://vestnik2079-5459.khpi.edu.ua/article/view/264787>.