

**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 технології виробництва продуктів швидкого приготування із зерна твердої пшениці**

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

\_\_\_\_\_ Данило БАЙДАК

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Віталій КОШУЛЬКО

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Олексій СТАСЬ

Дніпро 2024

**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)

«26» грудня 2023 р.

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

Байдак Данилу Ігоровичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва продуктів швидкого приготування із зерна твердої пшениці».  
Керівник роботи: Кошулько Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» грудня 2023 року № 4085.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 12 лютого 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: 1 Технологія виробництва продуктів швидкого приготування із зернових. 2 Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Виробництво круп'яних продуктів. 2 Матеріали і методи досліджень. 3 Експериментальна частина. 4 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Стан питання. 2 Мета і задачі досліджень. 3 Матеріали і методи досліджень.  
4 Результати експериментальних досліджень. 5 Кошторис витрат на проведення досліджень. 6 Загальні висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Посада, прізвище та ім'я консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|---------------------------------------|----------------|------------------|
|        |                                       | завдання видав | завдання прийняв |
| 1 – 3  | доцент КОШУЛЬКО Віталій               | 26.12.2023     | 12.02.2024       |
| 4      | доцент КОШУЛЬКО Віталій               | 26.12.2023     | 12.02.2024       |
| 5      | доцент КОШУЛЬКО Віталій               | 26.12.2023     | 12.02.2024       |

7. Дата видачі завдання 26 грудня 2023 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи               | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1     | Вступ   | 27.12-31.12.23                | виконано |
| 2     | Виробництво круп'яних продуктів                   | 01.01-08.01.24                | виконано |
| 3     | Матеріали і методи досліджень                     | 09.01-15.01.24                | виконано |
| 4     | Експериментальна частина                          | 16.01-29.01.24                | виконано |
| 5     | Охорона праці та захист навколишнього середовища  | 30.01-01.02.24                | виконано |
| 6     | Організаційно-економічна частина                  | 02.02-06.02.24                | виконано |
| 7     | Загальні висновки та бібліографія                 | 07.02-08.02.24                | виконано |
| 8     | Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу | 09.12.2024                    | виконано |

**Здобувач вищої освіти**

(підпис)

Данило БАЙДАК

**Керівник роботи**

(підпис)

Віталій КОШУЛЬКО

## РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології виробництва продуктів швидкого приготування із зерна твердої пшениці»

**Кваліфікаційна робота містить:** 77 с., 15 рис., 28 табл., 55 літературних джерел посилань.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виробництва продуктів швидкого приготування із зерна пшениці, а саме зернових пластівців.

**Предмет дослідження** – встановлення ефективності виробництва продуктів швидкого приготування із зерна пшениці та визначення їх показників якості.

**Метою роботи** є розробка раціональної ресурсозберігаючої технології виробництва зернових пластівців, що швидко розварюються, а також деяких її варіантів стосовно конкретних умов різних виробництв.

Борошно традиційно одержують із зерна пшениці та жита, для виробництва крупи використовують 8 і більше зернових та бобових культур. При переробці зерна на борошно та крупу практично завжди ми зустрічалися з явною невідповідністю кількості отриманих продуктів та їх якістю. Нерівномірний розподіл поживних та біологічно активних речовин у зернівці призводить до того, що, отримуючи продукти з добрими споживчими якостями, втрачають значну частину білка, вітамінів, мінеральних речовин у побічні продукти та відходи.

Таке положення особливо характерне для зерна пшениці як м'якої, так і твердої. З особливо цінної твердої пшениці виробляють борошно для виробництва макаронних виробів, а також пшеничну (Полтавську) номерну крупу. Вихід таких продуктів при вмісті ендосперму в зернівці близько 80 – 85 % становить за необхідної їх якості, як правило – 60 – 65 %.

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

*Пшениця, водно-теплова обробка, відволоження, пропарювання, процес, мікронізація, температура, тривалість, технології, ефективність, продукт швидкого приготування.*

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП   | 7  |
| 1 ВИРОБНИЦТВО КРУП'ЯНИХ ПРОДУКТІВ   | 9  |
| 1.1 Технологія виробництва продуктів із пшениці   | 9  |
| 1.2 Технологія виробництва пластівців із різних круп'яних культур   | 10 |
| 1.3 Вплив підготовки зерна на якість пластівців   | 13 |
| 1.4 Гідротермічна обробка пшениці   | 16 |
| 1.5 Вплив ГТО на фізико- та біохімічні показники продуктів із пшениці   | 17 |
| 1.6 Норми якості швидкокорозварювальної крупи і пластівців з пшениці, що виробляються в Україні і за кордоном | 19 |
| 1.7 Інфрачервоне опромінення харчових продуктів   | 20 |
| Висновки до розділу   | 21 |
| 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ   | 23 |
| 2.1 Матеріали досліджень  | 23 |
| 2.2 Методи дослідження  | 23 |
| 2.3 Визначення якості пластівців  | 24 |
| 2.4 Характеристика динамометричного приладу   | 25 |
| 2.5 Характеристика лабораторної ІЧ-установки  | 26 |
| Висновок до розділу   | 28 |
| 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА  | 29 |
| 3.1 Вплив зволоження на показники якості пластівців   | 29 |
| 3.2 Вплив тривалості відволоження на якість пластівців  | 32 |
| 3.3 Вплив тривалості пропарювання на характеристику пластівців  | 34 |
| 3.5 Отримання пластівців із крупи з різним виходом  | 36 |
| 3.7 Експериментальне дослідження процесу обробки зерна ІЧ-випромінюванням                                     | 45 |
| 3.8 Порівняльні показники якості пластівців, отриманих за різними   |    |

|   |           |
|---|-----------|
| варіантами технологій                                     | 51        |
| 3.9 Методи інтенсифікації розробленої технології          | 52        |
| 3.10 Інтенсифіковані технології виробництва пластівців    | 53        |
| 3.11 Зберігання круп'яних продуктів                       | 55        |
| Висновки до розділу                                       | 57        |
| <b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</b> | <b>58</b> |
| 4.1 Розробка карти безпеки праці                          | 58        |
| 4.2 Утилізація відходів виробництва                       | 60        |
| Висновки до розділу                                       | 61        |
| <b>5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b>                 | <b>62</b> |
| 5.1 Організація проведення дослідження                    | 62        |
| 5.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження          | 64        |
| 5.3 Розрахунок вартості дослідження                       | 67        |
| Висновки до розділу                                       | 68        |
| <b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>                                  | <b>69</b> |
| <b>БІБЛІОГРАФІЯ</b>                                       | <b>71</b> |

## ВСТУП

Як відомо, основну частину вуглеводів, білка, вітамінів групи В – В<sub>1</sub> і РР населення України отримує споживаючи продукти із зерна різних культур – борошно та крупу.

Борошно традиційно одержують із зерна пшениці та жита, для виробництва крупи використовують 8 і більше зернових та бобових культур. При переробці зерна на борошно та крупу практично завжди ми зустрічалися з явною невідповідністю кількості отриманих продуктів та їх якістю. Нерівномірний розподіл поживних та біологічно активних речовин у зернівці призводить до того, що, отримуючи продукти з добрими споживчими якостями, втрачають значну частину білка, вітамінів, мінеральних речовин у побічні продукти та відходи.

Таке положення особливо характерне для зерна пшениці як м'якої, так і твердої. З особливо цінної твердої пшениці виробляють борошно для виробництва макаронних виробів, а також пшеничну (Полтавську) номерну крупу. Вихід таких продуктів при вмісті ендосперму в зернівці близько 80 – 85 % становить за необхідної їх якості, як правило – 60 – 65 %.

Це свідчить про явно недостатній рівень використання зерна для харчових цілей.

У той же час підвищення виходу, як борошна так і крупи, призводять до істотного зниження споживчих властивостей.

Крім того, низький вихід борошна та крупи суттєво підвищує вартість як крупи, так і макаронних виробів із борошна.

Вища ступінь використання зерна засобами сучасної технології можлива, але це призводить, як зазначалося вище, до зниження споживчої цінності товарів.

Поставлене завдання є дуже актуальним і його вирішення матиме наукове та господарське значення.

Такими продуктами можуть бути зернові пластівці, одержувані за більш досконалою технологією, що забезпечує повніше використання можливостей зерна як по їх виходу, так і харчовій цінності.

Основною метою дослідження стало: розробити раціональну ресурсозберігаючу технологію виробництва зернових пластівців, що швидко розварюються, а також деяких її варіантів стосовно конкретних умов різних виробництв.

Відповідно до поставленої мети було визначено такі конкретні завдання дослідження:

- запропонувати раціональну технологію вироблення пластівців із твердої пшениці;
- встановити оптимальні режими основних операцій технології зволоження, відволоження, пропарювання, лущення зерна, плющення крупи;
- вивчити вплив реологічних властивостей зерна та крупи на якість одержуваної готової продукції – зернових пластівців;
- вивчити закономірності впливу на реологічні властивості крупи основних операцій гідротермічної обробки;
- обґрунтувати можливість використання інтенсивних методів енергопідведення: високих параметрів пропарювання та ІЧ-обробки зерна та крупи на ефективність плющення останньої в пластівці;
- розрахувати кошторис витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва продуктів швидкого приготування із зерна пшениці, а саме зернових пластівців.

Предмет дослідження – встановлення ефективності виробництва продуктів швидкого приготування із зерна пшениці та визначення їх показників якості.



## 1 ВИРОБНИЦТВО КРУП'ЯНИХ ПРОДУКТІВ

### 1.1 Технологія виробництва продуктів із пшениці

Пшенична крупа – зерна пшениці, цілі або колоті, повністю звільнені від зародка та частково від плодових та насінневих оболонок та зашліфовані [12].

Крупи «Полтавську» та «Артек» виробляють із твердої пшениці (Дурум) [3].

«Полтавська» крупа – ціле або подрібнене зашліфоване ядро пшениці з більшим або меншим залишком алейронового шару та насінневих оболонок і поділяється на чотири номери, з яких № 1 і 2 – великі крупинки подовженої або овальної форми, № 3 і 4 – дрібні крупинки куля [12].

Крупа Артек характеризується проходом сита з отворами 01,5 мм і сходом металотканного сита №063. Вирівняність крупи має бути не менше 80 % [12].

Технологічна схема підготовки зерна пшениці до переробки включає етапи очищення зерна від домішок, його ГТО та попереднього луцення.

Процес очищення зерна від домішок практично не відрізнятиметься від аналогічного процесу на борошномельних підприємствах: повітряно-ситовий сепаратор, каменевіддільник, трієри і вівсюговідбірник, в розсіві виділяють дрібне зерно розміром 1,7×20 мм.

ГТО полягає у зволоженні зерна теплою водою з температурою 40 °С до 14,5 – 15 %. Тривалість 0,5 – 2 години.

Луцення проводять на двох системах оббивальних машин з абразивною робочою поверхнею. Окружні швидкості бичів на 1-й системі 16 м/с, на 2-й – 14 м/с, ухил бичів відповідно 10 і 8 %.

Луценну пшеницю направляють на шліфування (три системи) і полірування (три системи) з проміжним провіюванням після 2-ї шліфувальної та 2-ї полірувальної систем і проміжним просіюванням після 3-ї шліфувальної системи [9].

## 1.2 Технологія виробництва пластівців із різних круп'яних культур

Один із суттєвих недоліків більшості видів крупи – відносно велика тривалість варіння. Тому у багатьох країнах крупу у вигляді, як вона виробляється в Україні, крім рису, мало використовують для домашнього приготування.

Найчастіше за кордоном круп'яні продукти виготовляють у вигляді різних пластівців, що вимагають або не потребують варіння. Пластівці, що вимагають варіння, виготовляють із вівса, ячменю, пшениці, рису, кукурудзи, жита, гречки.

На вітчизняних підприємствах переважно виробляють вівсяні пластівці. Як правило, пластівці виготовляють із готової крупи, наприклад перлової, як в умовах харчових комбінатів, так і на підприємствах хлібопродуктів. За основу зазвичай приймають технологію виготовлення вівсяних пластівців з деяким коригуванням параметрів основних операцій, якими є ГТО (гідротермічна обробка) крупи і її плющення. Саме ці операції визначають якість пластівців [12].

Не всяка крупа має гарні технологічні властивості, так, у процесі пропарювання, зволоження, сушіння часто спостерігається комкування крупи, що вимагає її розпушення та просіювання. При плющенні частинок, що злиплися, утворюються пластівці з незадовільним товарним виглядом.

Крім того, при виробництві пластівців з крупи пшеничної або перлової, отримують продукти з відносно низькою харчовою цінністю, так як вихід крупи при її виробництві становить лише 55 – 65 %, що веде до її збіднення білком, вітамінами, мінеральними та іншими біологічно активними речовинами (93).

Нині на вітчизняному ринку поруч із традиційними вівсяними пластівцями «Геркулес» і «Екстра» з'явилися пластівці, вироблені з інших культур [18].

На підставі роботи [33] розроблена універсальна технологія виробництва пластівців з ячменю, пшениці та жита з підвищеним виходом із застосуванням оригінального способу ГТО не крупи, а безпосередньо зерна. Перевага цього способу в тому, що, перш за все, при такій обробці не відбувається злипання зерен, крупа, що

отримується, не дробиться при луценні зерна, не потрібно додаткової обробки крупи перед плющенням. При луценні зерна оболонки відокремлюються більш рівномірно по всій поверхні зернівки, що дозволяє підвищити вихід крупи – напівфабрикату, а це, у свою чергу, сприяє збільшенню вмісту поживних та біологічно активних речовин у крупі та отриманих з неї пластівцях [13].

За запропонованою технологією можна отримувати пластівці з виходом до 80 % з ячменю, до 95 % – з пшениці та жита (відносно очищеного зерна). Вихід пластівців визначається залежно від їхнього призначення. При максимально можливому виході ячмінних пластівців повністю видаляються квіткові плівки, при необхідності одержати рафінований продукт (з меншим вмістом плодових, насінневих оболонок і алейронового шару). Вихід пластівців, звісно, має бути знижений.

Житні пластівці типу вівсяних пластівців «Геркулес» повинні вироблятися з крупи, яка може бути отримана шляхом луцення зерна жита в машинах типу А1-ЗШН-3. Дослідженням встановлено, що пластівці можна виробляти і з нелущеного зерна жита, однак їх зовнішні переваги невисокі, тому під час вироблення пластівців навіть із високим вмістом волокнистих речовин доцільно видалити до 5 % оболонок. В інших випадках пластівці можна виробляти з лущеного зерна з будь-яким виходом [23, 24].

При підвищенні ступеня зволоження і тривалості очищення зерна можливе отримання кращих пластівців, але для цього потрібні потужніші машини.

Гідротермічна обробка зерна простіша, ніж крупи. Після зволоження крупу необхідно постійно перемішувати в процесі очищення, для цього потрібні спеціальні ємності з пристроями, що перемішують.

Крім того, плющена зволожена крупа іноді прилипає до вальців, що не спостерігається при плющенні крупи, отриманої із зерна, що пройшло гідротермічну обробку.

Як засіб підвищення пластичності крупи застосували її попереднє зволоження з наступним відволоженням [41].

Крупу з вихідною вологістю 11 % зволожували до вологості 15 – 22 %, відволожували, пропарювали, підсушували, охолоджували і плющили в пластівці.

Таким чином, на лінії виробництва вівсяних пластівців можна отримувати пшеничні пластівці, але в технологічну схему необхідно включити попереднє зволоження та відволожування крупи. Параметри процесу можуть бути уточнені в залежності від наявного на підприємстві обладнання [26].

За кордоном також виробляють крупу, що швидко розварюється, крупу зі скороченим часом варіння, крупу, що не вимагає варіння і пластівці. Продуктивність лінії виробництва пшеничних пластівців становить 72 т/добу. [9].

У Франції, США, Австралії, Японії розроблено методи прискорення розварюваності довговарних видів круп із пшениці та інших злакових культур.

Більшість із запропонованих методів зводиться до ГТО зерна або крупи та подальшого її плющення, щоправда гідротермічна обробка відбувається при невисоких параметрах зволоження (до  $W = 15 - 22\%$ ) та відволожування з подальшою короткою експозицією пропарювання.

Спосіб отримання швидкорозварюваних круп, розроблений у Великій Британії, передбачає зволоження лушення зерна до вологості 20 – 40 %, пропарювання – 10 – 30 хв, плющення, сушіння пластівців при температурі 63 °С до вологості 10 % (40).

У США запатентований наступний спосіб виробництва круп, що швидко розварюються. Для зниження тривалості теплової обробки перед вживанням зерна пшениці зволожують у водному розчині 1 – 3 %-ого хлористого натрію з додаванням 0,1 – 5,0 % розчину лугу, вологість зерна повинна бути 40 – 65 %. Зволожене зерно або сушать до вологості 10 % або швидко заморожують рідким азотом і зберігають, або сушать до вологості 20 – 30 % і зберігають в охолоджену вигляді при температурі 4 °С [11].

Західна дослідницька лабораторія США запропонувала складний спосіб отримання пшеничної крупи трьох видів, що розварюється протягом 5, 15 і 25 хвилин.

Було також розроблено три технологічні прийоми обробки крупи:

- скарифікація – порушення цілісності поверхні готової продукції шляхом її шліфування абразивними робочими органами;
- спучування в струмені гарячого повітря;
- скарифікація з наступним спучуванням [39].

За кордоном мають великий попит пластівці, в т.ч. пшеничні. Зерно пшениці очищають, кондиціонують до певної вологості, злегка сплющують між гладкими вальцями для кращого проникнення вологи та покращення смакових властивостей. Далі її варять, додають сіль, цукор. Зварене зерно висушують до вологості 15 – 20 % і відволожують протягом 24 – 72 годин. Потім його плющать у пластівці, підсмажують у тостері, охолоджують і пакують [30].

В Англії виробляють пластівці з пшениці, готові до вживання. Зерно пшениці вологістю 10 % протягом 15 хвилин обробляють у вертикальному тостері з робочими секціями, що обертаються, при температурі 327 °С. Потім охолоджують холодною водою і плющать у верстаті. Товщина пластівців не перевищує 0,64 мм [37].

Всі способи отримання круп, що швидко розварюються, складні і тривалі. Більшість їх включає варіння очищеного від домішок зерна, або інтенсивні методи теплової обробки (використання тостерів, пропарювання протягом 10 – 30 хв., заморожування), що є досить енерго- і трудомісткими процесами.

### 1.3 Вплив підготовки зерна на якість пластівців

Процес вироблення круп складається з послідовного ряду операцій, кожна з яких певним чином впливає на склад і властивості продуктів [17].

При виробництві зернових пластівців або плющеної крупі найважливішою операцією є плющення вихідної крупі у плющильних або вальцьових верстатах [50].

При плющенні крупі в пластівці, вони повинні бути однакової товщини, містити мінімальну кількість крихти і муки, бути достатньо міцними, щоб не кришитися при зберіганні, перевезеннях, перезатарюванні в дрібну тару. Ці умови

можуть бути дотримані лише за хорошої підготовки крупи, найбільш важливою ланкою якої є ГТО.

Відомо багато способів такої обробки, наприклад, пропарювання крупи перед плющенням при виробництві пластівців «Геркулес» або «Екстра», спосіб, що включає також зволоження, відволожування, пропарювання, підсушування крупи при виробництві ячмінної, пшеничної та горохової швидкорозварювальної крупи і т.д. [44].

Для вироблення швидкорозварювальної пшеничної крупи були рекомендовані наступні технологічні етапи підготовки крупи до плющення: зважування і контрольне просіювання сировини, зволоження, первинне відволожування, пропарювання вологої крупи, вторинне відволожування, плющення упаковка [43].

Контрольне просіювання сировини здійснюють у розсіювачах або крупосортувальниках для забезпечення високої вирівняності крупи за розмірами. Зволоження крупи здійснюють у зволожувальних апаратах до вологості 25 – 27 %. Відволожування крупи після зволоження, щоб уникнути її злипання, проводять у бункерах з ворушниками або в шнеках при мінімальній швидкості обертання лопатей. Тривалість відволожування – 40 хв. Пропарювання крупи здійснюють у шнекових пропарювачах безперервної дії при тиску пари 0,1 МПа та експозиції пропарювання 3 хв. Вологість крупи після пропарювання має становити 28 – 29 %.

Пропарена крупа проходить процес вторинного відволожування протягом 30 – 40 хв. Після вторинного відволожування крупу підсушують до вологості 23 – 25 %.

Плющення крупи проводять у плющильних верстатах або вальцьових верстатах з відношенням швидкостей вальців 1:1. При використанні вальцьових верстатів тримають наступний режим роботи: кількість рифлів – 10 на 1 см; ухил рифлів – 8 %, розташування рифлів – сп/сп. Для плющення можна використовувати гладкі вальці. Плющення здійснюють при встановлених проміжках 2 – 5 мм. Плющену крупу висушують до вологості трохи більше 14 % [53].

При відносно раціональних режимах зволоження та пропарювання технологія має суттєвий недолік – коротка тривалість відволожування та пропарювання. Гідротермічної обробки піддають крупу, що призводить до певних труднощів процесу. Внаслідок злипання крупи в процесі відволожування та пропарювання необхідно встановлювати бункери з ворушниками або шнеки з мінімальною швидкістю обертання лопаток та шнекові пропарювачі безперервної дії.

Пропонується також технологія, заснована на ГТО зерна, після луцення якого виходить крупа – напівфабрикат. Подальше плиття можливе без додаткової обробки [28, 37].

ГТО істотно змінюються структурно-механічні властивості крупи, зростає, насамперед, її пластичність, необхідна для отримання продуктів високої якості [12, 48].

Вироблення пластівців потрібної товщини визначається величиною робочого проміжку між вальцями, але ці величини неоднозначні. Товщина пластівців, що вийшли після вальців, поступово збільшується в результаті релаксації напруги, викликаній пресуванням. Дослідним шляхом можуть бути визначені коефіцієнти відновлення товщини пластівців які являють собою відношення товщини пластівців після відновлення та величини робочого проміжку  $D$  [42].

Коефіцієнт відновлення залежить як від властивостей вихідного продукту та способів підготовки, а й від величини міжвальцьового проміжку. Зі зменшенням проміжку коефіцієнт відновлення підвищується.

При різних способах підготовки можлива обробка окремих зерен, викликана не тільки їх різною якістю, а й нерівномірним зволоженням, яке вирівнюється в процесі відволожування, нерівномірним пропарюванням, сушінням і т. д.

Суттєвіший вплив на утворення великих пластівців надає зволоження зерна з подальшим тривалим . Вміст великих пластівців вище, ніж за інших способів підготовки. Але одночасно при плющенні утворюється багато крихти і муки, хоч і менше, ніж при одному пропарюванні. Крім того, великі пластівці дуже неміцні і

мають підвищену крихкість. У цьому випадку ядро набуває високої пластичності, але невисокої міцності.

В результаті пропарювання зволоженого зерна суттєво змінюється розмірний склад пластівців: знижується вміст великих пластівців, а також крихти та борошна. Крихкість пластівців знижується. Пропарювання зміцнює структуру ядра, зусилля для пресування стають більшими, коефіцієнт відновлення також зростає. Слід зазначити різницю у властивостях зерна різних культур. Якщо властивості зерна пшениці та жита досить близькі, то властивості ячменю дещо відмінні. Коефіцієнт відновлення ячмінних пластівців нижче, ніж у пластівців із зерна інших культур. Це свідчить про нижчу пружність і більш високу пластичність зерна ячменю [12, 14].

#### 1.4 Гідротермічна обробка пшениці

Гідротермічна обробка зерна – це важливий етап підготовки зерна до переробки. В результаті ГТО покращуються технологічні властивості зерна: полегшується відділення оболонки при луценні, знижується дрібність ядра, покращуються споживчі властивості крупи (зменшується тривалість її варіння, каша стає більш розсипчастою, внаслідок інактивації ферментів підвищується стійкість крупи при зберіганні) [12, 24].

Вибір методу ГТО залежить від асортименту продукції, впливу режиму обробки зміну зовнішнього вигляду крупи тощо.

Технологія виробництва сортового борошна заснована на вибіркового подрібненні ендосперму та оболонки зерна. Оболонки, володіючи великим опором подрібненню, дробляться меншою мірою, ніж ендосперм, і чим більша різниця їх властивостей міцності, тим ефективніший наступний поділ. У сухого зерна відмінність у властивостях міцності ендосперму і оболонки менше, ніж у зволоженого, тому перед розмелом його необхідно зволожувати.



Зволоження є основою так званої гідротермічної обробки, тобто. обробки водою та теплом. Існує кілька способів обробки: холодне, гаряче та швидкісне кондиціювання. Найбільш поширене холодне кондиціювання як найбільш просте і досить ефективне.

Після зволоження волога поступово проникає у зерно. Спочатку вона зосереджена в оболонках. Проникаючи в ендосперм, волога сприяє його розміцненню. Так як вологість зовнішніх і внутрішніх шарів ендосперму різна, вони набухають нерівномірно, що викликає напружений стан матеріалу. В результаті при досягненні критичних значень напруги в ендоспермі починається утворення мікротріщин. Тріщини є капілярами, за якими волога проникає всередину зернівки і роблять ефект розклинення[14].

Інакше змінюються властивості оболонок. З підвищенням вологості вони пластифікуються, знижується їхня крихкість. Це відбувається внаслідок набухання полісахаридів – геміцелюлоз, клітковини та легніну [14].

Кондиціювання зерна, при підготовці його до помелу, призводить до підвищення виходу та якості сортового борошна [14].

У круп'яному виробництві використовують режими гідротермічної обробки, створені задля досягнення пластифікації ядра.

Способи гідротермічної обробки зерна круп'яних культур досить різноманітні, їх вибір залежить від будови зерна, асортименту продукції, від того, як впливають режими обробки на зміну зовнішнього вигляду крупи, пластифікацію ядра [12].

Найбільш поширені два способи ГТО: перший включає операції пропарювання, сушіння та охолодження; другий – зволоження та відволоження.

### 1.5 Вплив ГТО на фізико- та біохімічні показники продуктів із пшениці

Гідротермічна обробка зерна круп'яних культур – вплив на зерно водою (паром) та теплом для спрямованої зміни його технологічних властивостей, створення

оптимальних умов процесу виробництва, підвищення виходу крупи, стійкості при зберіганні та покращення її харчових та смакових властивостей [20].

У практиці переробки низки культур (гречки, вівса, гороху, кукурудзи, пшениці) гідротермічна обробка набула широкого поширення на круп'яних підприємствах України [47].

Зерно є пружно-в'язкопластичним і в той же час складним капілярно-пористим колоїдним тілом, в якому, при зволоженні або пропарюванні і подальшому сушінні, відбуваються не тільки фізико-механічні, але і глибокі біохімічні процеси [20].

Гідротермічна обробка круп'яних культур, впливаючи на аналітичні частини зерна, повинна привести їх у такий стан, при якому підвищується міцність ендосперму, а плівок зменшується. Це покращує технологічні властивості зерна, дозволяє знизити дрібність ядра при луценні, шліфуванні та інших процесах його переробки, а біохімічні зміни, що відбуваються одночасно, підвищують споживчі переваги крупи за збереження її біологічної цінності [20, 33].

При ГТО круп'яних культур відбувається помітна зміна співвідношення різних фракцій білка. Найбільш чутливі альбуміни та глобуліни. Значно змінюються властивості крохмалю. В більшості круп'яних культур спостерігається зниження в'язкості водно-борошняних суспензій. Це зумовлено модифікацією крохмалю під впливом вологості, температури та тиску. Помітно підвищується атакованість крохмалю  $\alpha$ -і  $\beta$ -амілазами. В результаті часткового гідролізу крохмалю у крупі підвищується вміст декстринів та цукрів. Помітно змінюється і ліпідний комплекс круп, зокрема уповільнюється окислення ліпідів.

Крупа після гідротермічної обробки краще зберігається. Це є зниженням активності ферментів зерна, і навіть майже повним знищенням мікрофлори при жорстких режимах обробки [47].

1.6 Норми якості швидкорозварювальної крупи і пластівців з пшениці, що виробляються в Україні і за кордоном

Вимоги до пшеничних пластівців у стандартах різних країн близькі між собою.

Так, наприклад, один із європейських стандартів передбачає випуск пшеничних пластівців із пропареного зерна з вологістю не вище 14 %; вмістом оболонки – не більше 0,03 %; піску – 0,08 %; металевих домішок – 3 мг/кг; сміттевої домішки – 0,1 %; розплющених зерен інших злакових – 1 %; борошна та крупки – 2 %. Товщина пластівців має перевищувати 0,65 мм; вміст цілих пластівців має бути не менше 20 г на 100 г пластівців; кислотне число – не перевищувати 5 °.

Пшеничні пластівці кондитерські повинні бути за кольором золотистожовтими, на дотик маслянистими, мати солодкуватий злегка пекучий смак, мати приємний запах зерна [17]. Вологість таких пластівців має перевищувати 15 %; вміст золи – 5,5 %; вміст мінеральних домішок не повинен перевищувати 0,10 %; обмежувальні норми металевих домішок характеризуються тим, що вміст часток з розмірами понад 100 мкм не повинен бути вищим за 0,04 %. Вміст білка не повинен бути меншим за 21 % у сухій речовині, а кислотність – не перевищувати 18 °. Зернистість пластівців характеризується тим, що прохід через сито з боковою стороною отвору 850 мкм не повинен перевищувати 10 %.

Пшеничні пластівці кондитерські підсмажені повинні мати золотисте забарвлення, бути рівномірно підсмаженими без пересмажування, мати характерний запах і приємний солодкуватий смак з горіховим присмаком. Вологість їх має перевищувати 15 %; вміст мінеральних домішок – 0,10 % у сухій речовині; Обмежувальні норми металевих домішок характеризуються тим, що вміст частинок більше 100 мкм не повинен перевищувати 0,04 %, а зернистість тим, що просіювання через сито зі стороною отвору 850 мкм не повинно бути більше 20 %.

Пшеничні пластівці подрібнені (кормові) отримують при помелі пшениці. Зазначені пластівці повинні мати колір від жовтуватого до коричневого, чистий запах,

нормальний смак без кислуватого або гіркуватого присмаків, але може спостерігатися трохи пекучий присмак. Вологість таких пластівців має перевищувати 15 %; вміст золи – 5,5 % у сухій речовині; кількість мінеральних та металевих домішок не повинна бути більше 0,20 % у сухій речовині; зернистість пластівців характеризується тим, що прохід через млинове сито зі стороною отвору 850 мкм не повинен перевищувати 25 %, а кислотність – тим, що на титрування водної витяжки зі 100 г продукту має піти не більше 450 г КОН. Пластівці не повинні містити як домішки більше 40 % пшеничних висівок.

Також виробляють пшеничні пластівці, отримані шляхом розплющування на вальцях очищеного та лущеного зерна пшениці. Колір таких пластівців має бути світло-жовтий або жовтий з різними відтінками, смак та запах – властиві пшениці. Вологість пластівців має перевищувати 13,0 %; кислотність – 3,5 %; вміст пшеничного борошна після просіювання через сито з отворами розміром 0,18 мм – не більше 2,0 %; вміст не розплющених зерен пшениці та зерен інших колосових – не більше 0,5 %; вміст розплющених зерен інших культурних рослин – не більше 2,0 %; вміст органічної домішки – трохи більше 0,25 %, зокрема бур'янів, шкідливих здоров'ю – трохи більше 0,05 %; вміст золи, нерозчинної в 10 % HCl не повинен перевищувати 0,1 %.

### 1.7 Інфрачервоне опромінення харчових продуктів

Перед харчовою промисловістю стоїть завдання випуску виробів високої якості за умови ефективного використання нових фізичних методів обробки. Метод інфрачервоного (ІЧ) опромінення, що є одним із перспективних фізичних методів термообробки харчових продуктів, знаходить все більше застосування в різних галузях сучасної харчової промисловості: кондитерської, хлібопекарської, м'ясної, молочної та ін.

Інфрачервоне опромінення призводить до суттєвих змін хімічних, мікробіологічних та фізико-механічних властивостей зерна [38, 46, 52].

ІЧ – опромінення застосовується в таких технологічних процесах, як нагрівання, сушіння, термообробка зернової сировини, випікання, обсмажування. У багатьох роботах відзначається рентабельність застосування даного методу в харчовій промисловості, виявлено позитивний вплив ІЧ-обробки на харчові продукти [43].

ІЧ–випромінювання для термообробки зерна та зернових продуктів застосовується порівняно давно і є одним із поширених методів термообробки продуктів. За кордоном подібний процес відомий як «мікронізація».

Відомо застосування ІЧ–термообробки у виробництві швидкого приготування із зерна – круп і пластівців, що швидко розварюються [1, 2, 3].

Однією з цілей обробки є підвищення поживної цінності за рахунок клейстеризації крохмалю, іншою – скорочення часу традиційного процесу доведення зернопродуктів до готовності [16].

#### Висновки до розділу

Таким чином, аналіз літературних джерел показує, що на вітчизняних підприємствах здебільшого виробляють вівсяні пластівці, лише останнім часом почалося виробництво пластівців із різних культур (ячмінь, гречка, просо, пшениця, жито). За основу, при виготовленні пластівців, зазвичай приймають технологію виготовлення вівсяних пластівців з деяким коригуванням параметрів основних операцій, якими є ГТО крупи і її плющення. Саме ці операції визначають якість пластівців.

Пшеничні крупи займають не останнє місце в харчовому балансі населення України, проте технологія переробки пшениці у крупу має кілька серйозних недоліків:

- у процесі лущення та шліфування крупи значна кількість ендосперму з периферійних шарів найбагатших білком, вітамінами, мікроелементами тощо переходить у побічні продукти, що знижує харчову та біологічну цінність крупи;
- невисокі споживчі властивості круп'яних продуктів, у тому числі пшеничної крупи, що проявляються, головним чином, у великій тривалості її приготування.

Основною метою дослідження стало – розробити раціональну технологію виробництва зернових пластівців, що швидко розварюються, а також деяких її варіантів стосовно конкретних умов різних виробництв.

Відповідно до поставленої мети було визначено такі конкретні завдання дослідження:

- запропонувати раціональну технологію вироблення пластівців із твердої пшениці;
- встановити оптимальні режими основних операцій технології зволоження, відволоження, пропарювання, лущення зерна, плющення крупи;
- вивчити вплив реологічних властивостей зерна та крупи на якість одержуваної готової продукції – зернових пластівців;
- вивчити закономірності впливу на реологічні властивості крупи основних операцій гідротермічної обробки;
- обґрунтувати можливість використання інтенсивних методів енергопідведення: високих параметрів пропарювання та ІЧ-обробки зерна та крупи на ефективність плющення останньої в пластівці;
- розрахувати кошторис витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва продуктів швидкого приготування із зерна пшениці, а саме зернових пластівців.

Предмет дослідження – встановлення ефективності виробництва продуктів швидкого приготування із зерна пшениці та визначення їх показників якості.

## 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Матеріали досліджень

Дослідження виконані на зерні твердій пшениці II типу. Натура зерна 804 г/л, маса 1000 зерен 42 г, склоподібність 90 %, залишок на ситі з отворами розміром 2,5×20 мм – 84 %, 2,2×20 мм – 14,3 %, 2,0×20 мм – 1,5 %, 1,7×20 мм – 0,2 %, вологість зерна 11,7 %.

На зерні твердої пшениці з наступними показниками якості: натура зерна 798 г/л, маса 1000 зерен 40 г, склоподібність 85 %, залишок на ситі з отворами розміром 2,5×20 мм – 86 %, 2,2×20 мм – 9,8 %, 2,0×20 мм – 3,4 %, 1,7×20 мм – 0,8 %, вологість зерна 11,9 %, вміст бур'яної домішки – 0,3 %, вміст зернової домішки – 1,8 %.

Також на зерні твердої пшениці II з наступними показниками якості: натура зерна 789 г/л, маса 1000 зерен 39 г, склоподібність 74 %, залишок на ситі з отворами розміром 2,5×20 мм – 92 %, 2,2×20 мм – 4,2 %, 2,0×20 мм – 2,4 %, 1,7×20 мм – 1,4 %, вміст бур'яної домішки – 0,4 %, вміст зернової домішки – 2,0 %, вологість 12,0 %.

А також на зерні твердої пшениці з вологістю 12,1 % II типу. Натура зерна 795 г/л, маса 1000 зерен 41 г, склоподібність 78 %, залишок на ситі з отворами розміром 2,5×20 мм – 90 %, 2,2×20 мм – 6,4 %, 2,0×20 мм – 1,6 %, 1,7×20 мм – 1,0 %, вміст бур'яної домішки – 0,5 %, вміст зернової домішки – 2,0 %.

### 2.2 Методи дослідження

Аналітичні та структурно-механічні властивості зерна.

Відбір зразків та виділення наважок (ГОСТ 13586.3 – 83).

Визначення вологості (ГОСТ – 13586.5 – 85).

Визначення натури (ГОСТ 10840-64).

Визначення крупності та вирівняності (ГОСТ 10939-64).

Визначення маси 1000 зерен (ГОСТ 10842 – 89).

Визначення зольності (ГОСТ 10847 – 74).

Визначення склоподібності (ГОСТ 10897 – 76).

Проводилося очищення зерна від домішок та відбір дрібного зерна (прохід через сито з отворами розміром  $1,7 \times 20$  мм).

Лущення зерна здійснювали в лабораторній луцильно-шліфувальній установці ТМ-05 фірми «Satake».

Гідротермічна обробка проводилася на лабораторній установці, що складається з котла-пароутворювача, пропарювача, сушарки, в якій сушіння продуктів здійснювалася в щільному і киплячому шарі при температурі сушильного агента  $80 - 100$  °С, і охолоджувача – вентилятора.

Зміна вологості зерна та крупи при зволоженні та сушінні визначалося за приростом та втратою маси зразка.

Плющення крупи (надалі крупи–напівфабрикату) проводилося у вальцевому верстаті «Nagema» на гладких вальцях при відношенні швидкостей 1:1.

При вивченні впливу гідротермічною обробки на технологічні властивості крупи застосовувалися математичні методи планування експерименту [24].

### 2.3 Визначення якості пластівців

В отриманих після плющення пластівцях визначався гранулометричний склад шляхом просіювання пластівців на наборі сит з круглими отворами діаметром  $7,0 - 5,5 - 4,5 - 3,0$  мм. Сходи з перших двох сит відносились до великої фракції пластівців, прохід останнього сита до крихти та борошна.

Після визначення гранулометричного складу, всі фракції, крім проходу останнього сита, об'єднувалися та просіювалися на ситі з отвором  $3,0$  мм протягом 1 хвилини під дією механічних руйнівників (у цьому випадку гумових кульок).



Кількість одержуваного при цьому проході розглядалося як відносна величина крихкості пластівців.

Товщина пластівців вимірювалася штангенциркулем або мікрометром. Для цього було відібрано та виміряно 20 пластівців, розраховано середнє значення та знайдені наступні показники [40]:

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \\ v &= \frac{\sigma}{\bar{X}} = \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \end{aligned} \quad (2.1)$$

де  $\bar{X}$  – середнє значення;

$X_i$  – значення одиничного об'єкта;

$\sigma$  – квадратичне відхилення;

$n$  – загальне кількість пластівців;

$v$  – коефіцієнт варіації.

Споживчі властивості крупи та пластівців з пшениці оцінювалися за ГОСТ 275 - 79 методом пробної варки, яка проводилася наступним чином: виділялися наважки масою 100 г. і варилися у надмірній кількості води. При цьому вимірювався об'єм пластівців у склянці без води, з водою і після того, як були зварені. Засікався час варіння пластівців.

#### 2.4 Характеристика динамометричного приладу

Реологічні властивості крупи визначали на спеціально виготовленому динамометричному приладі, що дозволяє фіксувати навантаження та деформацію крупи, що складається з пристрої навантаження, одночасно регулюючого переміщення

навантажуючого пристрою, пружної пластини, на якій кріпиться опора, що служить основою для випробуваного зерна або крупи (рис.2.1).

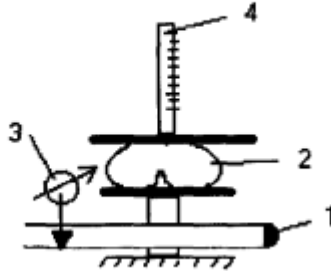


Рисунок 2.1 – Принципова схема експериментальної установки:

1– динамометр пружинний , 2 – зерно, 3 – індикатор динамометра,  
4 – мікрометричне пристрій навантаження.

Деформація відтарованої пластини використовується для визначення величини навантаження вартовим індикатором.

Деформація матеріалу визначається мікрометричним пристроєм навантаження, а індикатор показує його величину.

Релаксація напруги визначається мимовільною зміною показника індикатора, після швидкого навантаження до максимальної позначки відповідної 120 Н. Зміна показника індикатора фіксується у часі. Величина напруги представлена навантаженням у МПа, отриманої відношенням навантаження (Н) до площі перерізу частинки.

## 2.5 Характеристика лабораторної ІЧ-установки

Мікронізатор – установка для термообробки сипучих продуктів, зокрема, зерна, що використовується для нагрівання енергією ІЧ випромінювання.

Нагрів крупи проводився за допомогою дослідно-промислового блоку науково-виробничої фірми «ЕНТІС» (м. Київ), оснащеного серійними ІЧ-лампами розжарювання (кварцові галогенні лінійні типу КГТ-220-1000-1).

Зміна опроміненості досягалася зміною числа ламп та їх висоти над моношаром зерна. Величина опроміненості  $E_0$  визначалася спеціальним датчиком.

В якості датчика температури використовувалися термопари ХК діаметром 0,2 мм. Зміна температури у часі реєструвалася приладом КСП-4 в інтервалі 10 – 210 °С у масштабі 1 мм – 0,8 °С на паперовій стрічці. Час проходження пера самописця від 30 °С до 100 °С становив 0,8 с.

Час розігріву галогенних ламп до робочої температури не перевищував частки секунди (колірна температура спіралі при номінальній напрузі 2500 К).

Схема експериментального стенду на дослідження радіаційного нагріву харчових продуктів подана на рис. 2.2.

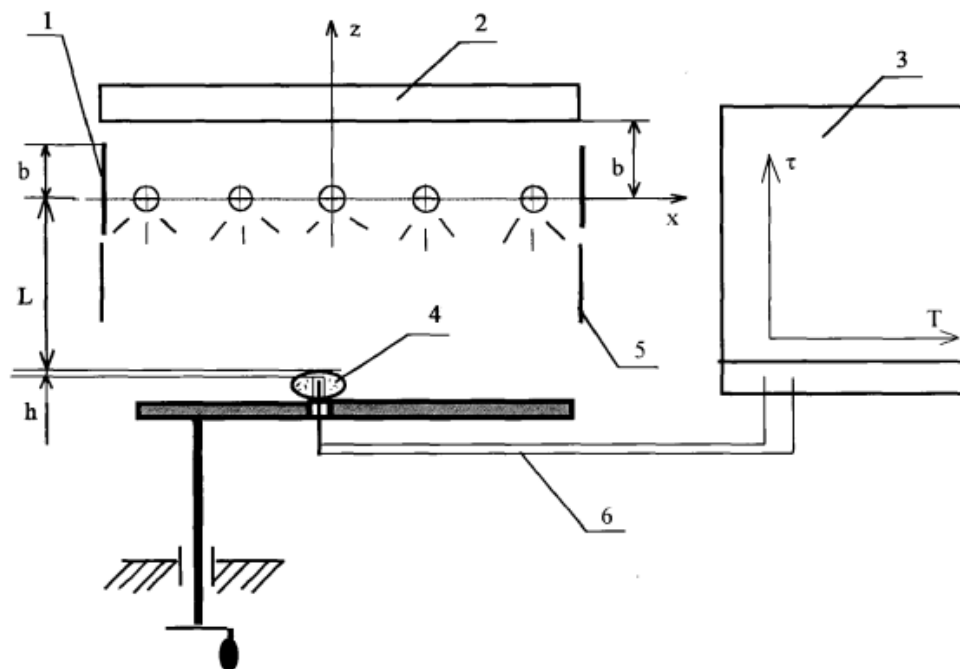


Рисунок 2.2 – Схема експериментальної ІЧ-установки:

- 1 – блок випромінювачів, 2 – верхній відбивач, 3 – самописець,  
4 – зерно, 5 – бічний відбивач ( екран ), 6 – термопара.

Як основний матеріал відбивача використовувався алюміній зі спеціальним покриттям (середній коефіцієнт відображення в діапазонах  $\lambda = 0,8 - 1,2$  мкм ,  $R = 0,85$ ).

#### Висновок до розділу

В запропонованому розділі кваліфікаційної роботи приведено характеристику матеріалів досліджень, охарактеризовано методи дослідження, а також приведено методику визначення якості пластівців, характеристику динамометричного приладу та характеристику лабораторної ІЧ-установки.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Вплив зволоження на показники якості пластівців

У рівноважному стані вся поглинена вода в зерні пов'язана фізико-хімічно, що має велике технологічне значення.

Невисока енергія зв'язку забезпечує швидке зміщення динамічної рівноваги слідом за зміною зовнішніх умов. Особливе значення має підвищення температури: при цьому відбувається «плавлення зв'язків» адсорбованих молекул води, а частина їх десорбується з активних центрів, утворюючи вільну воду. Однак, внаслідок структурних особливостей зерна, витягти цю воду в навколишню атмосферу важко; залишаючись в зерні, вільна (точніше – слабкозв'язана) вода впливає на фізико-хімічні властивості біополімерів, викликає підвищення гнучкості та рухливості бічних ланцюгів їх макромолекул. Завдяки розширенню міжмолекулярних проміжків знижується щільність і тверде зерно [17, 35].

Зволожене зерно має підвищену пластичність, менше дробиться при луценні. Внаслідок зволоження зовнішні оболонки частково відшаровуються і легко відокремлюються [12].

Вихідне зерно було зволожене з кроком 2,5 %: 20,0 – 22,5 – 25,0 – 27,5 – 30,0 %. Потім половину зволоженого зерна, відразу після відволоження протягом 12 годин, підсушували до вологості 20,0 – 22,5 – 25,0 – 27,5 – 30,0 % відповідно, лушили до виходу цілого ядра 90 % і плюшили. Другу половину наважки після зволоження та відволоження пропарювали протягом 5 хвилин при тиску пари 0,1 МПа. Далі так само підсушували і лушили.

Отримані після плющення пластівці підсушували до вологості 12 – 13 %.

Характеристика отриманих пластівців: гранулометричний склад і стійкість до механічного впливу (вміст великих пластівців, крихти та борошна) представлена на рисунку 3.1 та рисунку 3.2.

Основні позитивні зміни якості пластівців відбуваються при зволоженні зерна до вологості в діапазоні 22 – 27 %.

При відсутності пропарювання в технологічному ланцюжку при підвищенні вологості зерна підвищується вихід великих пластівців (схід сита  $\varnothing$  5,5 мм), досягаючи максимуму при вологості від 27 % до 60 %.

Кількість крихти і борошна (прохід сита  $\varnothing$  3,0 мм) у цих умовах дуже значна (17 – 20 %), хоча, залежно від вологості, коливання невеликі.

Пластівці виявилися дуже неміцними, тому що в результаті випробувань на крихкість кількість великих пластівців знизилася в кілька разів, а кількість крихти та борошна зростає до 40,0 %.

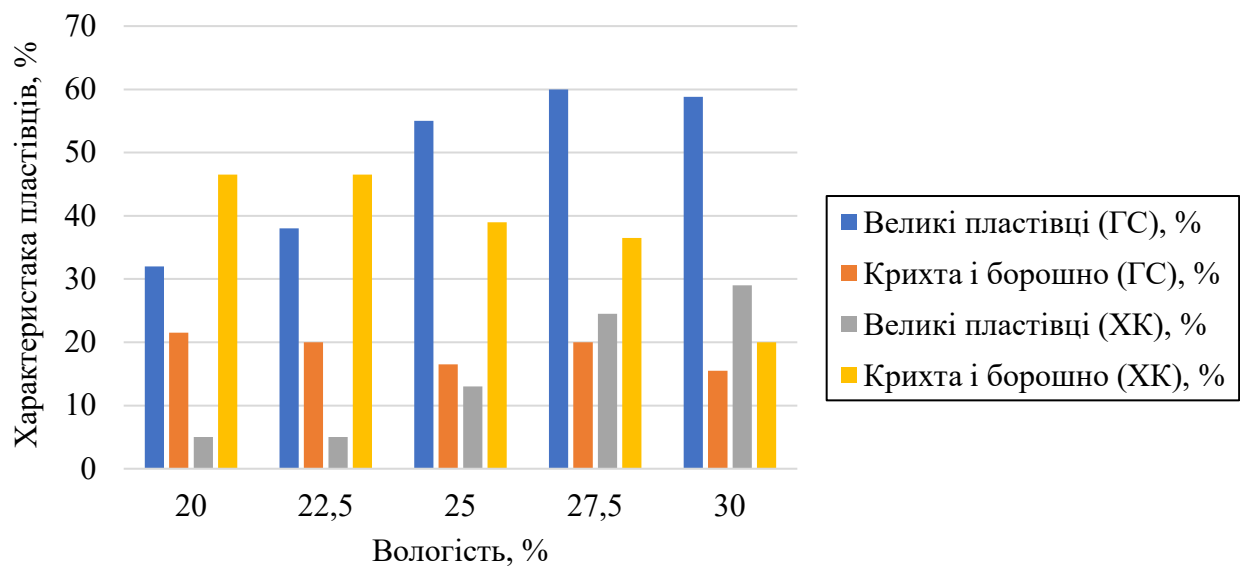


Рисунок 3.1 – Вплив зволоження на показники якості пластівців (без пропарювання)

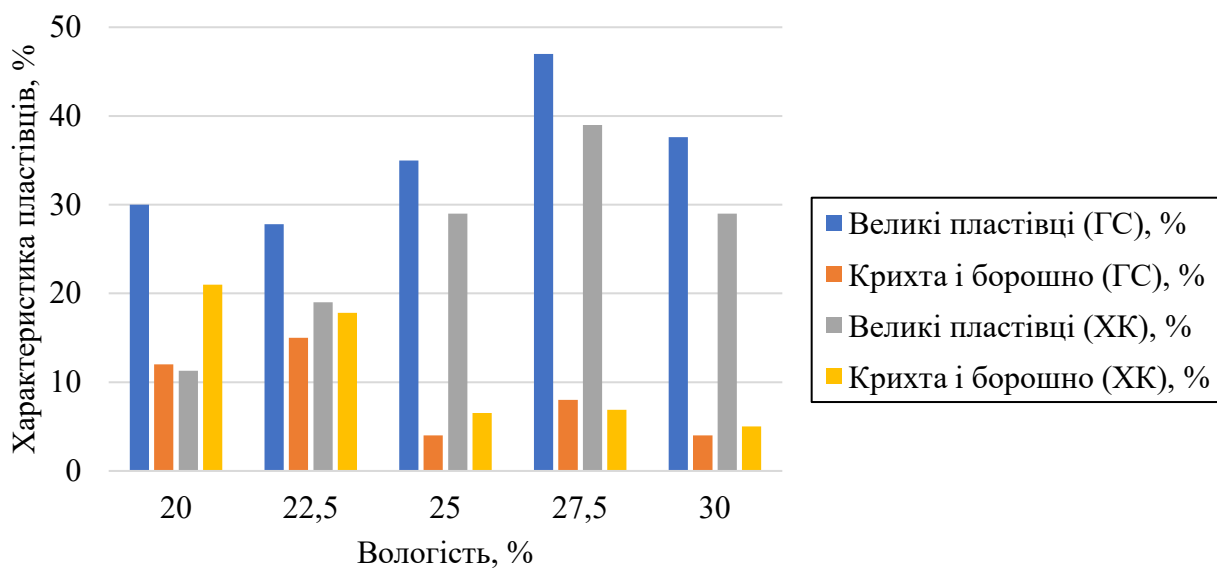


Рисунок 3.2 – Вплив зволоження на якість пластівців (з пропарюванням)

Пропарювання зволоженого зерна суттєво змінило вихід та крихкість пластівців. Кількість великих пластівців, зі зволоженням без пропарювання, знизилася, так як крупа після пропарювання плющиться в меншому ступені за рахунок більш високої пружності ендосперму, але кількість крихти та борошна при зволоженні зерна до вологості 25,0 – 27,5 % знизилася до 0,5 – 4,0 %.

Тривалість варіння пластівців, отриманих з пропареного зерна, підвищується, ймовірно, в результаті більшої товщини пластівців, хоча ця закономірність не завжди дотримується. Так, зі збільшенням вологості зерна збільшується тривалість приготування пластівців з 2,0 до 4,0 хв., а привар знижується з 6,7 до 5,0. Причому в діапазоні однієї вологості проведення пропарювання збільшує тривалість приготування та привар.

Пропарювання зерна надає вплив на консистенцію одержуваної каші: пластівці, непропареної крупи, розварювалися і втрачали форму, а з пропареної її зберігали.

### 3.2 Вплив тривалості відволоження на якість пластівців

Зволоження зерна у технології переробки зерна практично завжди супроводжується подальшим його відволоженням. Від тривалості відволоження залежить характер розподілу вологи з анатомічними частинами та шарами зернівки.

Цілком очевидно, що зі збільшенням тривалості відволоження зерна волога в зернівці розподіляється більше рівномірно, торкаючись як зовнішніх, так і внутрішніх шарів, тобто з часом весь ендосперм.

Слід припустити, що в процесі пропарювання зерна в цьому випадку буде зміцнюватися весь ендосперм.

Для перевірки цього припущення було поставлено експеримент з різною тривалістю відволоження зерна (0,5 – 3,0 – 6,0 – 12,0 – 18,0 – 24,0 годин), попередньо зволоженого до вологості 25,0 %. Після закінчення терміну відволоження зерно пропарювали протягом 5 хвилин при тиску пари 0,1 МПа, підсушували до вологості 25 %, лушили до виходу цілого ядра 90 %, плюшили і підсушували до кінцевої вологості 12 – 13 %.

Характеристика пластівців подана у таблиці 3.1.

Експериментальні дані вказують на те, що збільшення тривалості відволоження сприяє покращенню якості готового виробу. Відволоження протягом більш короткого часу недостатньо, так як волога не встигає проникнути всередину зернівки та рівномірно розподілитися у клітинах зерна.

Відволоження пшениці протягом 24,0 годин після зволоження дає максимальний вихід готової продукції: вихід великої фракції становив 66,0 %, крихти 2,0 %.



Таблиця 3.1 – Характеристика пластівців .

| №  | Зразок                            | Характеристика пластівців    |                   |                 | Товщина,<br>мм | Час<br>варіння,<br>хв. | Привар |
|----|-----------------------------------|------------------------------|-------------------|-----------------|----------------|------------------------|--------|
|    |                                   | Сито, $\varnothing$ , мм     | Гран. склад,<br>% | Крихкість,<br>% |                |                        |        |
| 1. | 2.                                | 3.                           | 4.                | 5.              | 6.             | 7.                     | 8.     |
| 1  | $\tau_{\text{віддв}} = 0,5$ год   | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 48,0<br>2,0       | 42,0<br>2,0     | 0,62           | 2,5                    | 6,3    |
| 2  | $\tau_{\text{віддв}} = 3,0$ год.  | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 52,0<br>2,0       | 48,5<br>3,5     | 0,64           | 3,5                    | 7,9    |
| 3  | $\tau_{\text{віддв}} = 6,0$ год   | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 45,5<br>3,5       | 42,5<br>3,5     | 0,67           | 3,5                    | 7,8    |
| 4  | $\tau_{\text{віддв}} = 12,0$ год  | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 50,0<br>2,0       | 47,5<br>2,5     | 0,68           | 3,5                    | 7,7    |
| 5  | $\tau_{\text{віддв}} = 18,0$ год. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 60,0<br>2,5       | 56,0<br>2,5     | 0,69           | 4,0                    | 7,5    |
| 6  | $\tau_{\text{віддв}} = 24,0$ год  | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 66,0<br>2,0       | 63,0<br>2,0     | 0,69           | 4,5                    | 7,1    |

На підставі отриманих результатів, можна зробити висновок, що зі збільшенням тривалості відволоження підвищується стійкість пластівців до механічних ушкоджень (відсоток незруйнованих великих пластівців зростає) і при варінні зберігається форма пластівців. Зі зниженням тривалості відволоження збільшувалася тривалість

приготування пластівців, а об'ємний привар знижувався. Пластівці втрачали форму, починали злипатися.

### 3.3 Вплив тривалості пропарювання на характеристику пластівців

Пропарювання додатково зволожує та прогріває зерно, пластифікує ядро, яке стає менше тендітним, менше дробиться при луценні та шліфуванні. Пластифікація ядра відбувається і в результаті окремих хімічних перетворень: клейстеризації деякої частини крохмалю, утворення невеликої кількості декстринів, що володіють клеючими властивостями, і т.д. [12].

При проведенні експерименту, вихідне зерно зволожували до вологості 20 і 25 %, відволожували 12 годин і пропарювали протягом 5 і 10 хвилин при тиску пари 0,1 МПа. Потім зерно підсушували до вологості 20 і 25 % відповідно, лущили до виходу цілого ядра 90 %. Отриману таким чином крупу плющили, потім пластівці підсушували до вологості 12 – 13 %.

Якість пластівців оцінювали гранулометричним складом і крихкістю (стійкість до механічних навантажень) (рисунок 3.3).

Збільшення тривалості пропарювання позитивно впливає на якість пластівців: збільшується вміст великих пластівців, зменшується вміст крихти, пластівці менш схильні до руйнування при механічному впливі.

Пропарювання змінює структуру крупи, викликає часткову клейстеризацію крохмалю та утворення декстринів, збільшує харчову цінність крупи, покращує смак пластівців і підвищує засвоюваність [20].



Рисунок 3.3 – Вплив тривалості пропарювання на характеристику пластівців.

3.4 Комплексний вплив зволоження, тривалості відволоження та пропарювання на характеристику пластівців.

Процес вироблення крупи складається з послідовного ряду операцій, кожна з яких певним чином впливає на склад та властивості одержуваного продукту.

У цій серії експериментів досліджували вплив сукупності основних операцій (зволоження, тривалість відволоження та пропарювання) на якість одержуваних пластівців (таблиця 3.2).

Гранулометричний склад та крихкість пластівців представлені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри операцій підготовки крупи до плющення .

| №  | Зволоження,<br>% | Відволожування,<br>год . | Пропарювання |        | Сушіння до<br>W,% | Лущення,<br>% |
|----|------------------|--------------------------|--------------|--------|-------------------|---------------|
|    |                  |                          | $\tau$ , хв  | P, МПа |                   |               |
| 1. | 20               | 12                       | 5            | од     | 22                | 90            |
| 2. | 20               | 12                       | 10           | од     | 22                | 90            |
| 3. | 20               | 6                        | 5            | од     | 22                | 90            |
| 4. | 20               | 6                        | 10           | ОД     | 22                | 90            |
| 5. | 25               | 12                       | 5            | од     | 27                | 90            |
| 6. | 25               | 12                       | 10           | од     | 27                | 90            |
| 7. | 25               | 6                        | 5            | од     | 27                | 90            |
| 8. | 25               | 6                        | 10           | од     | 27                | 90            |

Отриману таким чином крупу плющили, потім пластівці підсушували до кінцевої вологості 12 – 13 %.

### 3.5 Отримання пластівців із крупи з різним виходом

У процесі отримання крупи – напівфабрикату для крупи, що швидко розварюються , і пластівців, зерно, що пройшло гідротермічну обробку, підсушене і охолоджене, піддають луценню.

При луценні пшениці видаляються плодові оболонки, які при рекомендованих режимах гідротермічної обробки легко відокремлюються, частково видаляються насінні оболонки та зародок, торкається алейроновий шар. Луцення зерна супроводжується зниженням виходу цілої крупи за рахунок збільшення виходу борошна і частково дробленої крупи [12].

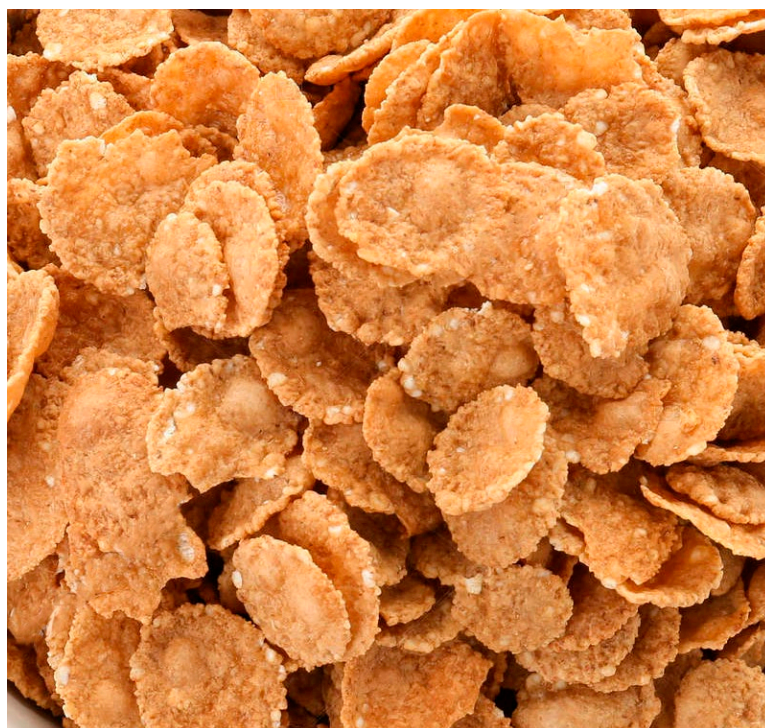


Рисунок. 3.4 – Пластівці з твердої пшениці

У першій серії експериментів досліджували якість пластівців з різним виходом, одержаних із зерна, підготовленого за оптимальними режимами, отриманими з результатів повного факторного експерименту.

Зерно зволожували до вологості 25,0 %, відволікали протягом 20 год, пропарювали 4,0 хвилини при тиску пари 0,1 МПа.

Пропарене зерно підсушували до вологості 25 % і лушили до виходу – 95 – 90 – 85 – 80 – 75 %.

Отриману крупу плющили в пластівці, які підсушували до вологості 12 – 13 %.

Потім досліджували вплив виходу крупи на кулінарну характеристику пластівців, гранулометричний склад та міцність (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 – Характеристика пластівців

| Вихід крупи | Характеристика пластівців |                |              | Тривалість варіння, хв. | Привар |
|-------------|---------------------------|----------------|--------------|-------------------------|--------|
|             | Сито, Ø мм                | Гран. склад, % | Крихкість, % |                         |        |
| 95 %        | схід 5,5                  | 49,0           | 18,7         | 4,0                     | 6,9    |
|             | прохід 3,0                | 7,0            | 13,2         |                         |        |
| 90 %        | схід 5,5                  | 37,0           | 10,4         | 4,0                     | 7,3    |
|             | прохід 3,0                | 12,0           | 23,0         |                         |        |
| 85 %        | схід 5,5                  | 21,3           | 6,7          | 4,0                     | 7,7    |
|             | прохід 3,0                | 15,0           | 18,9         |                         |        |
| 80 %        | схід 5,5                  | 14,9           | 2,1          | 4,0                     | 7,4    |
|             | прохід 3,0                | 19,8           | 35,7         |                         |        |
| 75 %        | схід 5,5                  | 7,3            | 2,0          | 4,0                     | 7,6    |
|             | прохід 3,0                | 30,5           | 39,0         |                         |        |

Аналіз отриманих результатів (таблиця 3.3) показує, як зі зменшенням виходу ядра в пластівцях збільшується вміст крихти та борошна, знижується міцність. Збільшення виходу крупи супроводжується збільшенням кількості незасвоєваних речовин: клітковини та пентозанів. Різний вихід цілого ядра не істотно впливає на тривалість варіння пластівців. Зварені пластівці, отримані з крупи з виходом 95 %, мають більш високу харчову цінність, ніж з крупи з виходом 75 %, покращується консистенція готового продукту (при виході 95 % пелюстки пластівців не склеювалися).

На другому етапі вивчили кінетику лущення крупи до різного виходу готового продукту та порівняли з кінетикою лущення крупи, отриманої за технологією виробництва пшеничного шліфованої крупи [53].

Схема підготовки крупи представлена таблиці 3.4. У першому варіанті зерно лущили згідно з Правилами..., до виходу цілого ядра 68 %, у другому варіанті – послідовно до виходу 90, 80 і 70 %.

Таблиця 3.4 – Параметри операцій підготовки крупи до плющення.

| №  | Зволоження,<br>% | Відволоження,<br>година | Пропарювання |        | Підсушування, % |
|----|------------------|-------------------------|--------------|--------|-----------------|
|    |                  |                         | $\tau$ , хв. | P, МПа |                 |
| 1. | 15               | 2                       | -            | -      | -               |
| 2. | 25               | 24                      | 5            | 0,1    | 25              |

### 3.6.Обробка зерна водою з близькою температурою до температури кипіння

Як відомо, швидкість проникнення води в зерно та її поширення по зернівці значною мірою залежить від її температури.

Від температури води залежить рівень нагріву зерна. Цей ступінь істотно відрізнятиметься у разі подачі в холодне зерно гарячої, навіть близької до температури кипіння, води або коли зерно занурюється в надлишок такої води, у тому числі в киплячу воду.

Природно, що в цьому випадку не тільки пришвидшуватиметься зволоження зерна, але й його гарний прогрів, що, безумовно, позначиться на тривалості процесів зволоження – відволоження. Навіть за короткої тривалості перебування зерна у киплячій воді слід очікувати істотних змін структурно-механічних властивостей матеріалу зерна.

Подібного способу обробки зерна при виробництві пластівців та інших видів продуктів, що швидко розварюються, в літературі нами не виявлено.

Крім того, цей спосіб обробки зерна, на наш погляд, не матиме складного технічного рішення.

Для підтвердження цих припущень було проведено ряд експериментів з підготовки зерна до плющення з використанням такої операції як обробка зерна водою з температурою близькою до температури кипіння протягом 5 – 20 хв.

Для цього з вихідного зерна було виділено чотири наважки, які кип'ятилися з різною тривалістю: 5, 10, 15 та 20 хвилин ( $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$  та  $p_4$  відповідно). В результаті такої обробки зерно сильно зволожувалося:  $p_1=31,0$  %,  $p_2=35,3$  %,  $p_3=39,0$  %,  $p_4=40,5$  %, тому далі його підсушували до вологості 25 %.

Потім зерно пропарювали при тиску пари  $P=0,1$  МПа протягом 5 хвилин, повторно підсушували до вологості 25 % і лушили до виходу ядра 90 %. Отриману крупу плющили, а отримані пластівці підсушували до вологості 12 – 13 %.

В отриманих пластівцях визначали вміст великої фракції та крихти (таблиця 3.5)

Таблиця 3.5 – Гранулометричний склад пластівців

| № | Зразок                           | Характеристика пластівців    |                |
|---|----------------------------------|------------------------------|----------------|
|   |                                  | Сито, $\varnothing$ , мм     | Гран. склад, % |
| 1 | кип'ятили<br>5 хв.<br>( $p_1$ )  | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 51,8<br>0,8    |
| 2 | кип'ятили<br>10 хв.<br>( $p_2$ ) | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 40,0<br>1,0    |
| 3 | кип'ятили<br>15 хв.<br>( $p_3$ ) | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 41,4<br>1,0    |
| 4 | кип'ятили<br>20 хв.<br>( $p_4$ ) | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 46,0<br>1,6    |



Пластівці були отримані при іншій серії параметрів (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 – Параметри операцій підготовки крупи до плющення

| № | Обробка киплячою водою, хв. | Темперування, хв. | Сушіння до W зерна, % | Пропарювання |        | Сушіння до W зерна, % |
|---|-----------------------------|-------------------|-----------------------|--------------|--------|-----------------------|
|   |                             |                   |                       | $\tau$ , хв. | P, МПа |                       |
| 1 | 5                           | 40                | 25                    | 3            | 0,1    | 25                    |
| 2 | 5                           | 40                | 25                    | 6            | 0,1    | 25                    |
| 3 | 10                          | 40                | 25                    | 3            | 0,1    | 25                    |
| 4 | 10                          | 40                | 25                    | 6            | 0,1    | 25                    |

Підготовлене зерно лушили до виходу цілого ядра 90 %, плющили у верстаті і підсушували до кінцевої вологості 12 – 13 %. Характеристика пластівців подана у таблиці 3.7.

Найбільший вміст великої фракції пластівців було отримано у зразку, який був поміщений у киплячу воду на 5 хвилин. Вміст крихти та борошно в ньому був найменшим.

Збільшення тривалості пропарювання з 3 до 6 хвилин та тривалості пропарювання в киплячій воді з 5 до 10 хвилин практично не впливає на вміст великої фракції, крихти та борошна, міцності пластівців.

Зі збільшенням тривалості пропарювання та витримання зерна у киплячій воді, знижується тривалість приготування та товщина пластівців.

Оптимальний варіант даної технології – витримка зерна в окропі 5 хвилин і пропарювання протягом 6 хвилин при тиску пари 0,1 МПа [22].

Таблиця 3.7 – Характеристика пластівців

| № | Зразок | Характеристика               |                   | пластівців      | Товщина<br>пластівців,<br>мм | Час<br>варіння,<br>хв. | Привар |
|---|--------|------------------------------|-------------------|-----------------|------------------------------|------------------------|--------|
|   |        | Сито, ø,<br>мм               | Гран.<br>склад, % | Крихкість,<br>% |                              |                        |        |
| 1 | 2      | 3                            | 4                 | 5               | 6                            | 7                      | 8      |
| 1 | 1      | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 62,0<br><br>2,0   | 58,0<br><br>2,0 | 0,66                         | 3,0                    | 5,5    |
| 2 | 2      | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 64,0<br><br>2,0   | 61,0<br><br>2,0 | 0,65                         | 3,0                    | 4,8    |
| 3 | 3      | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 63,0<br><br>2,0   | 58,0<br><br>2,0 | 0,62                         | 2,5                    | 6,3    |
| 4 | 4      | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 62,0<br><br>2,0   | 58,0<br><br>2,0 | 0,61                         | 2,5                    | 5,8    |

На підставі проведеної серії експериментів було запропоновано спосіб виробництва зернових пластівців, який передбачає обробку зерна водою з температурою близькою до температури кипіння протягом 5 – 10 хвилин з наступним відволоженням протягом 30 – 60 хвилин, підсушування до 23 – 25 %, пропарювання при тиску пари 0,1 – 0,2 МПа протягом 3 – 5 хвилин до вологості 25 – 27 % підсушування в «киплячому» шарі повітрям до вологості 23 – 25 %, охолодження до температури 20 – 25 градусів, лущення до виходу цілого ядра 90 %, плющення в пластівці. Готові пластівці підсушували до вологості 13 – 14 %.

Занурення очищеного від домішок зерна в киплячу воду протягом 5 – 10 хвилин необхідне для зволоження ядра і надання йому пластичності, зниження дроблення і

розм'якшення оболонки. Кип'ятіння зерна менше 5 хвилин не дає достатньої технологічної ефективності. При кип'ятінні понад 10 хвилин відбувається перезволоження зерна, що призводить до зайвих витрат енергії.

Здійснення відволоження протягом 30 – 60 хвилин необхідне рівномірного розподілу вологи всередині ендосперма. Тривалість відволоження менше 30 хвилин забезпечує рівномірного зволоження ядра, так як волога, що знаходиться в оболонках, не встигає проникнути всередину ендосперму. Проведення темперування понад 60 хвилин є недоцільним, так як збільшується тривалість процесу та потрібні великі ємності.

Отримані пластівці також характеризуються залишком на ситі 5,5 – 54,0 %, прохід сита 3,0 – 1,5 %; крихкість: схід сита 5,5 – 28 %, прохід сита 3,0 – 2,0 %. Тривалість варіння становить 2,5 – 3,0 хвилин; тривалість відновлення – 5,5 – 6,5 хвилин. Пластівці мають рівне жовто-бурштинове забарвлення, гарну форму. Дають розсипчасту структуру після варіння.

Тривалість процесу становить 2,5 години (рис 3.5).

На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що проведення темперування після обробки зерна водою з температурою близькою до температури кипіння і перед подальшим пропарюванням дає можливість отримати пластівці з хорошими показниками якості. В даному випадку пластівці були отримані з досить високим виходом великої фракції (58,0 – 62,0 %), низьким вмістом крихти та борошна (близько 2,0 %). Пластівці виявилися стійкими до механічного навантаження (вихід великих пластівців після визначення крихкості – 58,0 – 61,0%, а вміст крихти та борошна – 2,0 %).

Пластівці набувають хорошої форми, мають рівне бурштинове забарвлення, тривалість приготування становить 2,5 – 3,0 хв. Після варіння дають розсипчасту структуру.

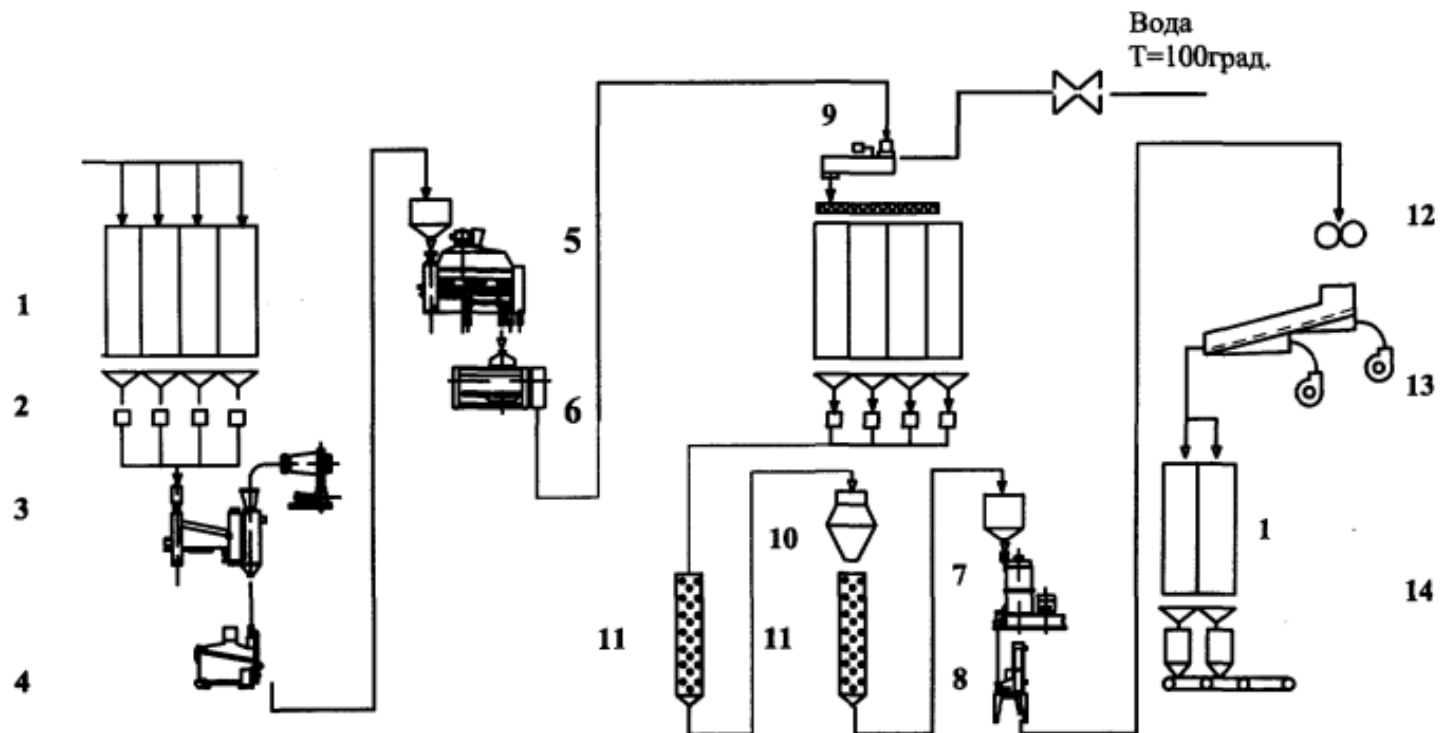


Рисунок 3.5 – Схема виробництва пластівців із зерна твердої пшениці, (обробка зерна окропом і пропарювання)

1 – силоси; 2 – дозатори; 3 – сепаратор; 4 – каменевідбірник; 5 – концентратор; 6 – трієр; 7 – ЗШН; 8 – аспіратор;

9 – зволожувач (занурення у киплячу воду); 10 – пропарювач; 11 – сушарка; 12 – плющилка; 13 – сушарка;

14 – фасування.

### 3.7 Експериментальне дослідження процесу обробки зерна ІЧ-випромінюванням

Одним із прогресивних способів нагрівання зернової сировини, з метою отримання високоякісного продукту, є інфрачервоне (ІЧ) опромінення. Цей метод термічної обробки зерна набув широкого поширення в США, Англії, Італії, Німеччині, Японії та інших розвинених країн і відомий під назвою «мікронізація». Встановлено, що цей спосіб теплової обробки зерна значно підвищує вміст декстринів у зерні, сприяє його знезараженню [45].

Оброблена крупа має високі органолептичні показники, структуру пористу. Внаслідок такої обробки тривалість варіння крупи може бути скорочена більш ніж на 50 %. Така крупа визначається як швидкокорозварювальна. Під дією ІЧ-нагрівання зерно набуває приємного смаку і запаху. Так як обробка відбувається за незначно короткий період часу, вміст протеїну в сухій речовині та амінокислотний склад не змінюються. Залишається постійним і вміст вітамінів, а вміст водорозчинних вуглеводів у порівнянні з необробленою крупою збільшується [45].

У широкому діапазоні вологості відносна зміна розмірів зерен після термообробки ІЧ випромінюванням практично залишається постійною. Припинення процесу ІЧ випромінюванням обумовлено утворенням відкритої пористої структури та релаксацією надлишкового внутрішнього тиску за рахунок фільтрації пари у зовнішнє середовище [37].

Було вивчено вплив на якість пластівців ІЧ-випромінювання за різних режимах гідротермічної обробки зерна (таблиця 3.8 і 3.9).

Таблиця 3.8 – Параметри операцій підготовки крупи до площення

| № | Зволоження, % | Відволоження,<br>год | Пропарювання |        | Сушіння до W, % | Відлущення,<br>вихід, % | ІЧ-обробка, с. |    | Відволоження,<br>год |
|---|---------------|----------------------|--------------|--------|-----------------|-------------------------|----------------|----|----------------------|
|   |               |                      | t, хв.       | P, МПа |                 |                         |                |    |                      |
| 1 | 23            | 24                   | 5            | 0,1    | 23              | 90                      | 30             | 45 | 0,25                 |
| 2 | 25            | 24                   | 5            | 0,1    | 25              | 90                      | 30             | 45 | 0,25                 |
| 3 | 29            | 24                   | 5            | 0,1    | 29              | 90                      | 30             | 45 | 0,25                 |
| 4 | 25            | 24                   | -            | -      | 25              | 90                      | 30             | 45 | 0,25                 |

Таблиця 3.9 – Вплив ІЧ-обробки на якість пластівців

| №   | Зразок           | Характеристика пластівців    |                   |                  | Час<br>варіння,<br>хв. | Привар |
|-----|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------|--------|
|     |                  | Сито, ø, мм                  | Гран. склад,<br>% | Крихкість,<br>%  |                        |        |
| 1   | 2                | 3                            | 4                 | 5                | 6                      | 7      |
| 1.  | W = 23%<br>30 с. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 30,0<br><br>14,0  | 8,0<br><br>23,0  | 2,0                    | 7,4    |
| 1.a | W = 23%<br>45 с. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 17,0<br><br>22,0  | 7,0<br><br>25,0  | 2,0                    | 6,2    |
| 2   | W = 25%<br>30 с. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 47,5<br><br>5,0   | 24,0<br><br>10,0 | 3,0                    | 7,1    |
| 2.a | W = 25%<br>45 с. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 31,0<br><br>13,0  | 12,0<br><br>17,0 | 2,5                    | 6,1    |
| 3   | W = 29%<br>30 с. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 47,0<br><br>3,0   | 40,0<br><br>3,0  | 4,0                    | 6,9    |

Продовження таблиці 3.9.

| 1   | 2                              | 3                            | 4                | 5               | 6   | 7   |
|-----|--------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|-----|-----|
| 3.a | W= 29%<br>45 с.                | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 49,0<br><br>2,0  | 36,0<br><br>5,0 | 3,0 | 8,3 |
| 4   | W = 23%<br>30 с. без<br>проп . | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 54,0<br><br>12,0 | 9,0<br><br>34,0 | 2,0 | 7,2 |
| 4.a | W = 23%<br>45 с. без<br>проп . | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 27,0<br><br>27,0 | 7,0<br><br>43,0 | 3,5 | 6,8 |

Збільшення тривалості впливу ІЧ-випромінювання з 30 до 45 с. призводить до пересушування зернівок, відбувається обвуглювання їхньої поверхні. Пластівці сильніше схильні до механічних руйнувань.

Збільшення вологості зерна, проведення пропарювання та ІЧ-обробка протягом 30 с призводять до збільшення великої фракції пластівців, зниження вмісту крихти та борошна, але призводять до збільшення тривалості приготування та зниження об'ємного привару.

В результаті ІЧ-обробки крупи відбувається підсушування зовнішніх шарів зернівок, в результаті чого крупа при плющенні частково втрачає пластичність і пластівці виходять крихкими. З метою підвищення міцності пластівців провели серію експериментів, де підвищували тривалість відволоження крупи після ІЧ-обробки з її подальшим пропарюванням (таблиця 3.10).

Зерно також зволожували до вологості 23, 25 і 29 %, відволожували протягом 24 годин, пропарювали протягом 5 хвилин при тиску пари 0,1 МПа підсушували до вологості 23, 25 та 29 % відповідно ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ). Далі згідно з таблицею 3.10.

Таблиця 3.10 – Параметри операцій підготовки крупи до плющення.

| № | Зразок         | Лущення до виходу, % | ГЧ-обробка, с. | Вологість після ГЧ-обробки | Відволожування, год. | Пропарювання |        | Вологість після пропарювання, % |
|---|----------------|----------------------|----------------|----------------------------|----------------------|--------------|--------|---------------------------------|
|   |                |                      |                |                            |                      | P, МПа       | τ, хв. |                                 |
| 1 | K <sub>1</sub> | 90                   | 30             | 21                         | 0,5                  | од           | 3      | 25                              |
| 2 |                | 90                   | 60             | 17,4                       | 0,5                  | 0,1          | 3      | 23                              |
| 3 | K <sub>2</sub> | 90                   | 30             | 20,6                       | 0,5                  | 0,1          | 3      | 26                              |
| 4 |                | 90                   | 60             | 17,3                       | 0,5                  | 0,1          | 3      | 22                              |
| 5 | K <sub>3</sub> | 90                   | 30             | 24,6                       | 0,5                  | 0,1          | 3      | 27                              |
| 6 |                | 90                   | 60             | 16,7                       | 0,5                  | 0,1          | 3      | 23                              |

Після пропарювання крупу охолоджували до температури 21 – 22 ° С і плющили в пластівці.

Проаналізувавши отримані пластівці, отримали такі результати (Таблиця 3.11).

Таблиця 3.11 – Характеристика пластівців

| № | Зразок             | Характеристика пластівців |                |              | Товщина, мм | Тривалість відновлення (залили окропом), хв. | Привар |
|---|--------------------|---------------------------|----------------|--------------|-------------|--|--------|
|   |                    | Сито, ø, мм               | Гран. склад, % | Крихкість, % |             |  |        |
| 1 | 2                  | 3                         | 4              | 5            | 6           | 7  | 8      |
| 1 | W=23%<br>ГЧ = 30с. | схід 5,5<br>прохід 3,0    | 39,0<br>1,5    | 33,5<br>2,0  | 0,72        | 3,0  | 6,2    |
| 2 | W=23%<br>ГЧ = 60с. | схід 5,5<br>прохід 3,0    | 14,5<br>11,5   | 6,5<br>14,5  | 0,59        | 4,0  | 7,7    |



Продовження таблиці 3.11

| 1 | 2                  | 3                            | 4           | 5           | 6    | 7   | 8   |
|---|--------------------|------------------------------|-------------|-------------|------|-----|-----|
| 3 | W=25%<br>ГЧ = 30с. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 32,3<br>1,5 | 26,0<br>4,0 | 0,72 | 3,5 | 5,3 |
| 4 | W=25%<br>ГЧ = 60с. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 34,0<br>2,0 | 20,8<br>5,0 | 0,65 | 4,5 | 6,7 |
| 5 | W=29%<br>ГЧ = 30с. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 26,0<br>1,5 | 23,8<br>1,5 | 0,74 | 3,5 | 6,7 |
| 6 | W=29%<br>ГЧ = 60с. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 31,5<br>2,0 | 22,5<br>2,5 | 0,65 | 4,5 | 7,1 |

При зволоженні зерна до вологості 23 % та обробки ГЧ-променями протягом 30 с. отримали найбільшу кількість великої фракції пластівців (до 39,0 %), найменший вміст крихти та борошна (порядку 1,5 %). Пластівці виявилися стійкими до механічного впливу: вміст великої фракції становив 33,5 %, а крихти та борошна – 2,0 %.

Збільшення тривалості ГЧ-обробки до 60 с різко знижує вихід великих пластівців до 14,5 %, збільшує вміст крихти та борошна до 11,5 %. Пластівці сильно кришилися внаслідок механічного навантаження.

Зі збільшенням вологості (при тривалості ГЧ-обробки 30 с) незначно знижується вихід великої фракції пластівців з 35,0 до 31,5 %, вміст крихти та борошна практично не змінюється. Після механічного впливу на пластівці залежність зберігається (таблиця 3.11).

Зі збільшенням тривалості ГЧ-обробки вміст великої фракції збільшується, але пластівці сильно руйнуються внаслідок механічного впливу.

Зі збільшенням вологості збільшується товщина пластівців. Збільшення тривалості ІЧ-обробки робить пластівці тоншими, але залежність від вологості залишається такою ж.

Тривалість приготування та привар також збільшуються зі збільшенням вологості та тривалості ІЧ-обробки.

У наступній серії експериментів ІЧ-обробці піддавали пропарене зерно. Зерно зволожували до вологості 23 і 29 %, відволожували протягом 24 годин, пропарювали, піддавали ІЧ-обробці, пропарювали, підсушували (таблиця 3.12).

Таблиця 3.12 – Схема підготовки крупи до плющення

| № | Зразок | Пропарювання |        | ІЧ-<br>обробка, с. | Пропарювання |        | Сушіння<br>до W,% |
|---|--------|--------------|--------|--------------------|--------------|--------|-------------------|
|   |        | P, МПа       | t, хв. |                    | P, МПа       | t, хв. |                   |
| 1 | W=23%  | од           | 5      | 30                 | 0,1          | 3      | 23                |
| 2 | W=23%  | од           | 5      | 60                 | 0,1          | 3      | 23                |
| 3 | W=29%  | 0,1          | 5      | 30                 | 0,1          | 3      | 29                |
| 4 | W=29%  | 0,1          | 5      | 60                 | 0,1          | 3      | 29                |

Потім зерно лушили до виходу цілого ядра 90 % і плющили в пластівці. Характеристика отриманих пластівців представлена таблиці 3.13.

Порівняльний аналіз результатів показує, що зі збільшенням вологості значно знижується вихід великої фракції пластівців. На вміст крихти та борошна підвищення вологості практично не впливає, але зі збільшенням вологості та тривалості ІЧ-обробки збільшується стійкість пластівців до механічного впливу. Товщина пластівців практично не змінюється. Зростає щільність пластівців.

Зі збільшенням вологості знижується тривалість приготування пластівців, але з підвищенням експозиції ІЧ-обробки час приготування збільшується, цим можна пояснити підвищення щільності матеріалу пластівців.

Крупа, оброблена ІЧ-випромінюванням, має високі органолептичні показники, пористу структуру.

Таблиця 3.13 – Характеристика пластівців

| № | Зразок             | Характеристика пластівців    |                 |                 | Товщина, мм | Тривалість відновлення, хв. |                | Привар |
|---|--------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------------------|----------------|--------|
|   |                    | Сито, ø, мм                  | Гран. склад, %  | Крихкість, %    |             | варили                      | залили окропом |        |
|   |                    |                              |                 |                 |             |                             |                |        |
| 1 | W=23%<br>ІЧ = 30с. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 39,5<br><br>2,5 | 29,5<br><br>3,5 | 0,65        | 4,5                         | 5,5            | 7,2    |
| 2 | W=23%<br>ІЧ = 60с. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 41,0<br><br>2,0 | 34,5<br><br>3,5 | 0,69        | 5,0                         | 6,0            | 7,0    |
| 3 | W=29%<br>ІЧ = 30с. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 27,8<br><br>1,0 | 21,8<br><br>2,5 | 0,68        | 4,0                         | 7,5            | 7,5    |
| 4 | W=29%<br>ІЧ = 60с. | схід<br>5,5<br>прохід<br>3,0 | 25,0<br><br>2,0 | 26,0<br><br>2,5 | 0,67        | 4,5                         | 8,0            | 6,7    |

Проведення ІЧ-обробки протягом 30 с збільшує вміст великої фракції пластівців, знижує кількість крихти та борошна. Збільшення тривалості ІЧ-обробки знижує міцність пластівців, збільшує тривалість приготування. Пластівці, отримані з крупи, обробленої ІЧ-випромінюванням, набувають приємного смаку і запаху.

3.8 Порівняльні показники якості пластівців, отриманих за різними варіантами технологій

Аналіз якості пластівців, отриманих за розробленими технологіями виробництва, дозволив виділити найкращі варіанти пластівців, отриманих за даними способами виробництва.

Зволоження до  $W=25\%$ , відволоження (12,0 – 24,0 год.), пропарювання ( $P=0,1$  МПа протягом 5 – 10 хв), підсушування до вологості 25 %, лушення до виходу цілого ядра 90 %, плющення, підсушування пластівців до кінцевої вологості 12 – 13 %.

Таблиця 3.14 – Характеристика пластівців

| Варіант                          | Сито, $\varnothing$ | Гран. склад, % | Крихкість, % | Товщина, мм | Час варіння, хв. | Привар |
|----------------------------------|---------------------|----------------|--------------|-------------|------------------|--------|
|                                  | схід                |                |              |             |                  |        |
| $W=25\%$                         | 5,5 мм              | 80,0           | 71,0         |             |                  |        |
| $\tau_{\text{відв}} 24,0$ год.   | прохід              |                |              | 0,41        | 1,5              | 4,9    |
| $\tau_{\text{проп}} \cdot 5$ ХВ. | 3,0 мм              | 2,5            | 3,0          |             |                  |        |

### 3.9 Методи інтенсифікації розробленої технології

Повторне пропарювання. Зволоження до  $W=25\%$  відволоження 14,0 год, пропарювання ( $P=0,1$  МПа протягом 5 – 10 хв), підсушування до вологості 25 %, повторне відволоження (2,0 год), пропарювання ( $P=0,1$  МПа протягом 5 – 10 хв), підсушування до вологості 27 – 29 %, лушення до виходу цілого ядра 90 %, плющення, підсушування пластівців до кінцевої вологості 12 – 13 %.

Таблиця 3.15. Характеристика пластівців.

| Сито, $\varnothing$ | Гран. склад, % | Крихкість, % | Товщина, мм | Час варіння, хв. | Привар |
|---------------------|----------------|--------------|-------------|------------------|--------|
| схід                |                |              |             |                  |        |
| 5,5 мм              | 76,5           | 70,8         |             |                  |        |
| прохід              |                |              | 0,46        | 3,5              | 6,7    |
| 3,0 мм              | 2,3            | 2,4          |             |                  |        |

Пропарювання парою. Зволоження до  $W=28\%$ , відволожування (24,0 год), пропарювання парою ( $P=0,1$  МПа протягом 5,0 хв), підсушування до вологості 26

%, лушення до виходу цілого ядра 90 %, плющення, підсушування пластівців до кінцевої вологості 12 – 13 %.

Таблиця 3.16 – Характеристика пластівців

| Сито, ø       | Гран. склад, % | Крихкість, % | Товщина, мм |
|---------------|----------------|--------------|-------------|
| схід 5,5 мм   | 62,0           | 49,0         |             |
| прохід 3,0 мм | 1,0            | 2,5          | 0,62        |

Темперування та додаткове пропарювання перед плющенням. Зволоження до  $W=25$  %, відволоження (20,0 год), пропарювання ( $P=0,1$  МПа протягом 4,0 хв), Темперування (20 хв), сушіння (до  $W=25$  %), лушення до виходу цілого ядра 90 %, пропарювання ( $P=0,1$  МПа протягом 3,0 хв), температурування (20 хв), сушіння (до  $W=25$  %), плющення, підсушування пластівців до кінцевої вологості 12 – 13 %.

Таблиця 3.17 – Характеристика пластівців

| Сито, ø       | Гран. склад, % | Крихкість, % | Товщина, мм |
|---------------|----------------|--------------|-------------|
| схід 5,5 мм   | 73,8           | 62,3         |             |
| прохід 3,0 мм | 3,7            | 5,2          | 0,52        |

### 3.10 Інтенсифіковані технології виробництва пластівців

Пропарювання з наступним температуруванням і повторним пропарювання. Очищене зерно, пропарювання (тиск пари 0,1 МПа протягом 5 хв), температурування протягом 2,0 год, повторне пропарювання (тиск пари 0,1 МПа протягом 5 хв), підсушування до вологості 25 %, лушення до виходу цілого ядра 90 %, плющення, підсушування готових пластівців до  $W=12 - 13$  %.

Таблиця 3.18 – Характеристика пластівців.

| Зразок     | Характеристика пластівців |                   |                  | Товщина<br>пластівців,<br>мм | Час<br>варіння,<br>хв. | Привар |
|------------|---------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|------------------------|--------|
|            | Сито, $\varnothing$       | Гран.<br>склад, % | Крихкість<br>, % |                              |                        |        |
| 3,5 години | схід 5,5<br>мм            | 63,0              | 35,0             | 0,51                         | 2,5                    | 7,5    |
|            | прохід<br>3,0 мм          | 3,0               | 10,0             |                              |                        |        |

Обробка зерна окропом. Обробка зерна окропом (5,0 хв), температуру (40 хв), пропарювання (тиск пари 0,1 МПа протягом 5 хв), підсушування до вологості 25 %, лушення до виходу цілого ядра 90 %, плющення, підсушування готових пластівців до = 12 – 13 %.

Таблиця 3.19 – Характеристика пластівців

| Зразок  | Характеристика              |                     |                 | Товщина<br>пластівців,<br>мм | Час<br>варіння,<br>хв. | Привар |
|---------|-----------------------------|---------------------|-----------------|------------------------------|------------------------|--------|
|         | Сито, $\varnothing$ ,<br>мм | Гран.<br>склад<br>% | Крихкість,<br>% |                              |                        |        |
| 5,0 хв. | схід<br>5,5                 | 64,0                | 61,0            | 0,65                         | 3,0                    | 4,8    |
|         | прохід<br>3,0               | 2,0                 | 2,0             |                              |                        |        |

Обробка зерна ІЧ-випромінюванням. Зволоження до  $W=23$  %, відволоження (24,0 год.) → пропарювання ( $P=0,1$  Мпа протягом 5,0 хв.), температуру (20 хв), підсушування до  $W = 23$  %, лушення до виходу цілого ядра 90 %, ІЧ-обробка, відволоження (0,5 год), пропарювання ( $P = 0,1$  Мпа в протягом 3,0 хв), охолодження до  $t = 21 - 22$  °С, плющення, підсушування пластівців до кінцевої вологості 12 – 13 %.

Таблиця 3.20 – Характеристика пластівців

| Зразок             | Характеристика пластівців   |                   |                  | Товщина,<br>мм | Тривалість<br>відновлення<br>(залили<br>окропом), хв. | Привар |
|--------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|----------------|---|--------|
|                    | Сито, $\varnothing$ ,<br>мм | Гран.<br>склад, % | Крихкість<br>, % |                |   |        |
| W=23%<br>ГЧ = 30с. | схід<br>5,5                 | 39,0              | 33,5             | 0,72           | 3,0   | 6,2    |
|                    | прохід<br>3,0               | 1,5               | 2,0              |                |   |        |

На підставі аналізу отриманих даних виробництва пшеничних пластівців, можна зробити висновок, що найбільш оптимальною є перша схема, що передбачає зволоження, відволоження, пропарювання, підсушування, лущення зерна з подальшим плющенням в пластівці.

Пара 0,1 МПа протягом 5 – 10 хв. Підсушування круп перед плющенням до вологості 27 %.

### 3.11 Зберігання круп'яних продуктів

Кислотність зерна, крупи та пластівців є важливим показником їхньої якості. Вона може бути показником свіжості зерна і продуктів із нього, так як із збільшенням тривалості зберігання кислотність, як правило, підвищується.

Вологотермомеханічна обробка круп'яної сировини викликає інактивацію ліпази та ліпоксигенази, що в значно попереджає гідроліз жиру та утворення речовин, що надають готовим продуктам прогірклий запах і смак.

Аналіз кислотності досить об'єктивно характеризує якісні зміни екструдатів при зберіганні.

Дослідження проводили на зразках вихідної сировини, крупи і пластівців, підготовлених у різний спосіб, упакованих у папір і що зберігалися в кімнатних умовах (таблиця 3.21).

Таблиця 3.21 – Вплив зберігання на кислотність

| №<br>п/п | Найменування<br>продукту | Кислотність, 0 |         |            |            |            |
|----------|--------------------------|----------------|---------|------------|------------|------------|
|          |                          | 0              | 2 тижні | 1,5 місяця | 2,5 місяці | 5,5 місяці |
| 1        | Зерно                    | 5,3            | 5,3     | 5,3        | 5,3        | 5,3        |
| 2        | Крупа (Правила)          | 3,2            | 3,8     | 3,8        | 3,8        | 3,9        |
| 3        | вихід 90%                | 4,0            | 4,6     | 4,8        | 4,8        | 4,9        |
| 4        | вихід 80%                | 4,5            | 4,5     | 5,0        | 5,0        | 5,1        |
| 5        | вихід 70%                | 4,2            | 5,0     | 5,2        | 5,1        | 5,2        |
| 6        | Крупа (п) 100 °          | 3,0            | 4,0     | 3,8        | 4,6        | 4,6        |
| 7        | Крупа (п) 60 °           | 3,7            | 4,7     | 3,6        | 4,6        | 4,6        |
| 8        | Крупа (б/п) 100°         | 3,4            | 3,8     | 4,0        | 4,6        | 4,6        |
| 9        | Крупа (б/п) 60°          | 4,1            | 4,4     | 3,8        | 4,6        | 4,6        |
| 10       | Пластівці (п) 100°       | 5,0            | 4,8     | 4,8        | 5,4        | 5,4        |
| 11       | Пластівці (п) 60°        | 4,8            | 4,0     | 5,4        | 5,4        | 5,4        |
| 12       | Пластівці (б/п)          | 5,8            | 5,0     | 5,0        | 5,4        | 5,4        |
| 13       | Пластівці (б/п) 60°      | 5,4            | 4,6     | 5,0        | 5,2        | 5,3        |

З результатів, поданих у таблиці 3.21 видно, що через 14 діб зберігання кислотність крупи зростає на 0,3 – 0,6 °, а через 1,5 місяці і до 5,5 місяця спочатку зростає і потім мало змінюється. Причому кислотність крупи, отриманої за правилами [33], значно нижче крупи, отриманої за технологією, що вивчається. Тоді як кислотність пластівців за перші тижні знизилася, а потім практично не змінювалася.

Таким чином, на підставі вищевикладеного, можна зробити висновок про те, що крупа з виходом 90 % багата на мінеральні та інші речовини, необхідні для організму людини, ніж крупа з виходом 80 і 70 %. У пластівцях, отриманих з крупи з виходом 90 % міститься більше поживних та біологічно активних речовин, ніж у пластівцях, вироблених з крупи з виходом 80 % і 70 %. В результаті гідротермічної обробки та механічного впливу в пластівцях підвищується вміст водорозчинних речовин, в основному за рахунок декстринів.

Отримані пластівці стійкі у процесі зберігання. Показано, що протягом півроку основний показник, за яким оцінюються зміни у продуктах – кислотність – практично не змінювалася.



## Висновки до розділу

Показано, що раціональні параметри операцій можуть перебувати в порівняно широкому діапазоні зволоження зерна, його відволоження та пропарювання, що дозволяє використовувати різні варіанти технологічних схем переробки зерна на пластівці.

Експериментальними дослідженнями, визначено раціональні параметри технологічних операцій: зволоження до вологості 25 – 27 %, тривале відволожування протягом 16 – 24 годин, пропарювання при тиску пари 0,1 МПа протягом 5 – 10 хв. або при тиску пари 0,2 МПа – до 5 хв, підсушування зерна перед луценням до вологості 25 – 27 %, луцення до виходу крупи 90 %, плющення і підсушування пластівців до кінцевої вологості 12 – 13 %.

Показано, що темперування зерна після пропарювання протягом 20 хвилин, а також повторне пропарювання крупи – напівфабрикату при низьких параметрах пари перед плющенням підвищує кількість великої фракції пластівців і збільшує їх міцність.

Розроблено технологічний процес виробництва пластівців, що не потребують варіння, на основі поєднання основної технології із включенням обробки отриманої крупи – напівфабрикату ІЧ-випромінюванням. Об'єднання цих операцій дозволяє отримати готові до вживання пластівці з виходом, одержуваних при зволоженні (23 – 25 %), відволожування (23 – 24 год.) і пропарюванні зерна ( $P = 0,1$  МПа,  $t = 5$  хв.), з наступною ІЧ-обробкою одержаної крупи перед плющенням. Даний спосіб забезпечує за рахунок першої частини технології високий вихід крупи, яка в результаті подальшої обробки ІЧ-випромінюванням протягом 30 – 60 с. не вимагає варіння перед вживанням.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Розробка карти безпеки праці

Правила забезпечення безпеки праці на об'єктах зернового виробництва регламентуються різноманітними законодавчими та нормативними актами, зокрема ДСТУ, СНіП, Законом України «Про пожежну безпеку», ДНАОП і ДБН.

Усю повноту відповідальності за забезпечення безпеки праці в ТОВ «Стас і К» несе керівник служби охорони праці. Згідно з Положенням про охорону праці на підприємствах, роботодавець зобов'язаний створити на кожному робочому місці в усіх структурних підрозділах умови праці, які відповідають вимогам нормативного законодавства, і забезпечити додержання вимог законодавства, що регулює права працівників у галузі охорони праці [29].

Працівники служби охорони праці мають право звертатися до роботодавця з вимогою про притягнення до відповідальності працівників, які порушують вимоги охорони праці, вимагаючи застосування відповідних санкцій, передбачених законодавством, таких як дисциплінарне стягнення або інші заходи, спрямовані на забезпечення дотримання вимог охорони праці.

Однак слід зазначити, що роботодавець має право скасувати розпорядження, видане фахівцем з охорони праці. Остаточне рішення про прийняття або скасування розпорядження належить до компетенції роботодавця.

Вживані заходи ТОВ «Стас і К» у сфері охорони праці, сприяють створенню безпечних умов праці та дотриманню вимог Закону «Про охорону праці».

Для полегшення контролю за дотриманням правил охорони праці для працівників зерновиробництва створені картки з охорони праці (рис. 4.1).

|   |   |
|---|---|
| <p><b>1. Загальна інформація</b></p> <p>Дана картка безпеки праці розроблена для робітників цеху з виробництва круп'яних виробів ТОВ «Стас і К».</p> <p><b>Важливо!</b> Обов'язково ознайомитись з інформацією цієї картки перед виконанням робіт.</p>  | <p><b>2. Опис робочого місця</b></p> <p>Посада: апаратник лінії з виробництва макаронних виробів.</p> <p>Місце роботи: Цех з виробництва круп виробів ТОВ «Стас і К», лінія виробництва ріжок).</p> <p>Робочій час: 1 зміна (8:00-20:00)<br/>2 зміна (20:00-8:00)</p> |
| <p><b>3. Заходи безпеки</b></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><b>4. Надзвичайні ситуації</b></p> <p>1) <b>Пожежа:</b> 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) <b>Аварія:</b> негайно повідомити про це відповідні служби та керівництво. Уникайте зони аварії та слідуйте вказівкам служб безпеки.</p> <p>3) <b>Травма:</b> негайно повідомити про це відповідні служби та керівництво. Зверніться до медичного працівника або запросіть медичну допомогу, якщо потрібно.</p> |   |
| <p><b>5. Потенційні ризики</b></p> <p>а) зерновий та борошняний пил,<br/>б) можливість травмування внаслідок дії рухомих частин обладнання,<br/>в) ризик пожежі.</p>  | <p><b>6. Контакти екстрених служб</b></p> <p>Черговий: вн.т. <b>42-78-15</b></p> <p>Пожежна служба: <b>101</b></p> <p>Екстрена медична допомога: <b>103</b></p> <p>Служба екстреної допомоги: <b>112</b></p>  |

Рисунок 4.1 – Картка безпеки праці для працівників ТОВ «Стас і К»

Останнім часом на підприємстві ТОВ «Стас і К» впроваджується практика активного розроблення та використання карток безпеки праці для працівників на кожній посаді. Навіть для адміністративного персоналу розробляються відповідні картки. Розробка та впровадження таких карток сприяють підвищенню рівня охорони праці на підприємстві, а також зменшенню ризику травматизму та виникнення професійних захворювань.

## 4.2 Утилізація відходів виробництва

Щоб оцінити еколого-економічну ефективність діяльності ТОВ «Стас і К» з точки зору зменшення антропогенного впливу на навколишнє середовище можна розглядати наступні коефіцієнти викидів:

- викиди забруднюючих речовин в атмосферу;
- викиди забруднюючих речовин у стічні води;
- утворення твердих відходів; 4. використання сировини та ресурсів;
- використання сировини та ресурсів.

З погляду можливого впливу на здоров'я населення, аналіз забруднюючих речовин свідчить, що найвищий ризик представляють викиди пилю та стічних вод.

Переробка лузги на брикетоване паливо є найбільш вигідним і перспективним способом утилізації відходів круп'яного виробництва. Сьогодні брикети, виготовлені з відходів сільського господарства, широко використовуються як паливо для твердопаливних котлів. Компанії можуть виробляти готове до використання брикетоване паливо шляхом високоякісного пресування лушпиння. Пресування лушпиння стає чудовою альтернативою для джерел енергії і допомагає ТОВ «Стас і К» частково покрити свої енергетичні потреби.

Згідно з регіональним звітом про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області, опитані підприємства є одними з основних промислових організацій регіону, які мають вплив на навколишнє середовище. У цьому контексті виникає необхідність екологізації виробництва, спрямованої на зменшення антропогенного тиску на природу та розвиток через ефективні інструменти екологічної політики.

## Висновки до розділу

Було визначено, що повну відповідальність за забезпечення охорони праці несе головний інженер з охорони праці. З метою систематизації стандартів безпеки була розроблена картка для працівників підприємств з виробництва зерна та продуктів його переробки. Це дозволило підвищити рівень безпеки на підприємствах та знизити ризик травматизму і професійних захворювань.

## 5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Організація проведення дослідження

На сьогоднішній день асортимент продукції зернової галузі залишається практично незмінним, а якість виробленого зерна – низькою. Круп'яна промисловість в основному займається первинною переробкою зернової сировини. Основною метою даного дослідження є розробка ресурсозберігаючої раціональної технології виробництва швидкорозварюваних зернових пластівців та її варіантів для конкретних умов різних галузей промисловості.

Економічні розрахунки, проведені для встановлення обґрунтованості роботи, спрямовані на оцінку отриманих результатів та вивчення доцільності реалізації проекту, спрямованого на розробку технології виробництва швидкорозварюваних продуктів. Основною метою проекту є покращення якості та споживчих властивостей продукції.

Проведення досліджень передбачало витрати матеріальних ресурсів на гідротермічну обробку зерна, включаючи придбання обладнання, амортизацію, закупівлю дослідних зразків зерна, витрати на оплату праці та електроенергію. Найвитратнішим з них є дослідження впливу гідротермічної обробки на біохімічні властивості зерна та вміст водорозчинних речовин, як показано в таблиці 5.1.

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

| Шифр робіт $i-j$ | Найменування робіт  | Тривалість робіт $t_{ij}$ , днів |
|------------------|---|----------------------------------|
| 1                | 2   | 3                                |
| 1-2              | Вибір напрямку наукових досліджень                                | 1                                |
| 2-3              | Літературний пошук та постановка проблематики                     | 10                               |
| 3-4              | Складання плану виконання досліджень                              | 2                                |
| 4-5              | Розробка методики проведення досліджень                           | 2                                |
| 5-6              | Підготовка дослідних зразків зерна ячменю                         | 2                                |
| 6-7              | Підготовка та налаштування устаткування для проведення досліджень | 25                               |

| 1     | 2  | 3  |
|-------|--|----|
| 7-8   | Визначення впливу ВТО на технологічні та структурно-механічні властивості зерна пшениці      | 3  |
| 7-9   | Визначення впливу параметрів ІЧ-опромінення на показники якості та на вихід пластівців       | 8  |
| 7-10  | Визначення впливу поєднання ВТО та ІЧ-опромінення на показники якості та на вихід пластівців | 12 |
| 7-11  | Розробка технологічної схеми отримання пластівців швидкого приготування із зерна пшениці     | 10 |
| 8-12  | Аналіз та обробка результатів дослідження  | 1  |
| 9-12  |  | 1  |
| 10-12 |  | 3  |
| 11-12 |  | 2  |
| 12-13 | Обробка результатів експериментальних даних  | 6  |
| 13-14 | Підготовка матеріалів досліджень до публікації та оприлюднення                               | 8  |
| 14-15 | Формування демонстраційного матеріалу  | 6  |

Під час реалізації проекту було побудовано мережевий графік, який дає можливість ефективно управляти ходом виконання робіт (див. рис. 5.1).

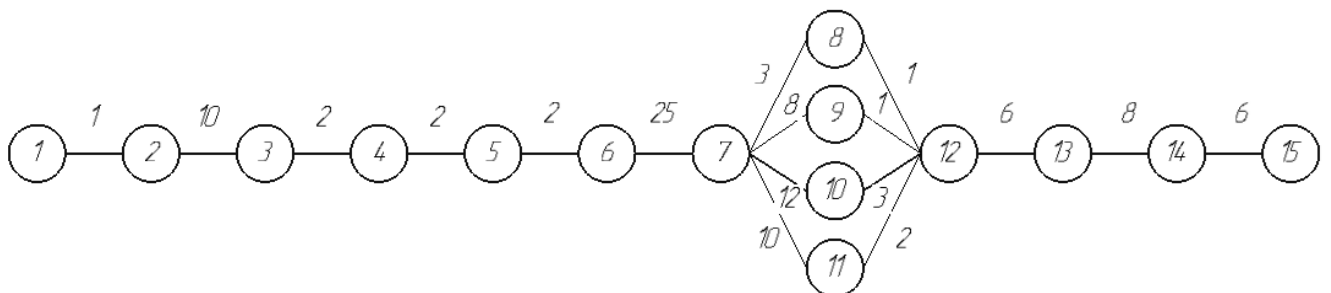


Рисунок 5.1 – Мережевий графік проведення НДР

Сітьовий графік визначає повний шлях, який являє собою тривалість послідовних робіт від початку до кінця дослідження.

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-12-13-14-15}^1 = 2 + 14 + 3 + 3 + 2 + 22 + 2 + 1 + 4 + 5 + 4 = 62;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-12-13-14-15}^2 = 2 + 14 + 3 + 3 + 2 + 22 + 3 + 1 + 4 + 5 + 4 = 63;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-12-13-14-15}^3 = 2 + 14 + 3 + 3 + 2 + 22 + 4 + 1 + 4 + 5 + 4 = 64;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-11-12-13-14-15}^4 = 2 + 14 + 3 + 3 + 2 + 22 + 8 + 2 + 4 + 5 + 4 = 69.$$

Шлях з найбільшою тривалістю називається критичним шляхом. У цьому випадку критичним є четвертий шлях, який займає 69 днів.

## 5.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати на проведення дослідження визначаються шляхом розрахунку кошторису. Ці витрати включають у себе вартість матеріалів, електроенергії, заробітної плати, амортизації та накладних витрат.

Витрати на основні та допоміжні матеріали розраховуються за такою формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot C_1, \quad (5.1)$$

де  $m_1$  – кількість витраченого  $i$ -го матеріалу;

$C_1$  – – ціна одиниці  $i$ -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку матеріальних витрат наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

| Найменування, одиниці | Кількість | Ціна, грн | Сума, грн |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Зерно пшениці, кг     | 100       | 3,20      | 320,00    |
| Всього                |           |           | 320,00    |

Розрахунок оплати праці учасників дослідження визначають шляхом множення середньої погодинної оплати праці працівника на кількість відпрацьованих годин. Розрахункові показники наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

| Посада       | Середньомісячний заробіток, грн | Середньочасовий заробіток, грн | Кількість людино-годин | Сума, грн |
|--------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------|-----------|
| Керівник НДР | 8300                            | 49,40                          | 15                     | 741,00    |
| Всього       |                                 |                                |                        | 741,00    |



У розрахунок податку на заробітну плату входить єдиний соціальний податок у розмірі 22 %. Ця сума входить до загального фонду оплати праці:

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

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (5.2)$$

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).

Затрати енергії на сушильну шафу:

$$E_1 = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 8 \cdot 1,68 = 26,61 \text{ грн.}$$

Споживання енергії, необхідної для роботи комп'ютера:

$$E_2 = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 360 \cdot 1,68 = 598,75 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на водно-теплову та ПЧ-обробку:

$$E_3 = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 1,68 = 60,48 \text{ грн.}$$

Загальні затрати електроенергії:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 = 26,61 + 598,75 + 60,48 = 658,84 \text{ грн.}$$

Амортизація обладнання, що використовується в наукових дослідженнях, розраховується за такою формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (5.3)$$

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.

Результати розрахунків амортизації наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

| Устаткування                               | Вартість, грн | Річна норма амортизації, % | Тривалість роботи, днів | Витрати на амортизацію, грн |
|--|---------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Установка для ІЧ-обробки зерна             | 6850,00       | 10                         | 1                       | 1,88                        |
| Персональний комп'ютер                     | 12090,00      | 24                         | 45                      | 357,73                      |
| Установка для водно-теплової обробки зерна | 7500,00       | 10                         | 2                       | 4,11                        |
| Всього                                     |               |                            |                         | 363,72                      |

Накладні витрати, пов'язані з обслуговуванням і управлінням виробництвом, покривають витрати на оплату праці обслуговуючого та управлінського персоналу. Вони включають витрати, пов'язані з обслуговуванням обладнання, і становлять 80 % фонду оплати праці:

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

Кошторисну вартість дослідження наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Кошторис витрат на проведення дослідження

| Витрати                        | Сума, грн. |
|--------------------------------|------------|
| Основні матеріали              | 320,00     |
| Заробітна плата                | 741,00     |
| Нарахування на заробітну плату | 163,02     |
| Електроенергія                 | 658,84     |
| Амортизація                    | 363,72     |
| Накладні витрати               | 592,80     |
| Всього                         | 2839,38    |

Згідно з аналізом, основними витратами були заробітна плата та рахунки за електроенергію.

### 5.3 Розрахунок вартості дослідження

Оскільки науково-дослідна діяльність належить до категорії фундаментальних досліджень, ціни встановлювали з урахуванням витрат на дослідження та рентабельності:

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

де  $Ц$  – вартість дослідження, грн;

$C$  – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 2839,38 + \frac{30 \cdot 2839,38}{100} = 3691,19 \text{ грн.}$$

Вартість дослідження склала 3 691,19 грн.

## Висновки до розділу

За період дослідження найбільшими статтями витрат були витрати на оплату праці та електроенергію, які склали 741,00 і 658,84 грн. відповідно. З урахуванням стандартної норми прибутку в 30%, загальні витрати на дослідження склали 3 691,19 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розроблено ресурсозберігаючу технологію виробництва продуктів швидкого приготування із зерна твердої пшениці з підвищеним виходом та харчовою цінністю, а також високими споживчими перевагами.

Встановлено раціональний вихід готового продукту – зернових пластівців близько 90 % (з розрахунку на очищене зерно), при цьому пластівці мають найбільш привабливий вигляд, рівномірний гранулометричний склад, малий вміст крихти та борошна (прохід сита 03,0 мм не більше 2 – 3 %) , тривалість варіння чи відновлення протягом 3 – 4 хвилин.

Уточнено параметри основних операцій у результаті технологічних експериментів, а також дослідження реологічних властивостей, отриманого перед плющенням напівфабрикату ( лущення зерна).

Показано, що раціональні параметри операцій можуть перебувати в порівняно широкому діапазоні зволоження зерна, його відволоження та пропарювання, що дозволяє використовувати різні варіанти технологічних схем переробки зерна на пластівці.

Експериментальними дослідженнями, визначено раціональні параметри технологічних операцій: зволоження до вологості 25 – 27 %, тривале відволожування протягом 16 – 24 годин, пропарювання при тиску пари 0,1 МПа протягом 5 – 10 хв. або при тиску пари 0,2 МПа – до 5 хв, підсушування зерна перед лущенням до вологості 25 – 27 %, лущення до виходу крупи 90 %, плющення і підсушування пластівців до кінцевої вологості 12 – 13 %.

Показано, що темперування зерна після пропарювання протягом 20 хвилин, а також повторне пропарювання крупи – напівфабрикату при низьких параметрах пари перед плющенням підвищує кількість великої фракції пластівців і збільшує їх міцність.

Розроблено технологічний процес виробництва пластівців, що не потребують варіння, на основі поєднання основної технології із включенням обробки отриманої крупи – напівфабрикату ІЧ-випромінюванням. Об'єднання цих операцій дозволяє

отримати готові до вживання пластівці з виходом, одержуваних при зволоженні (23 – 25 %), відволожування (23 – 24 год.) і пропарюванні зерна ( $P = 0,1$  МПа,  $t = 5$  хв.), з наступною ІЧ-обробкою одержаної крупи перед плющенням. Даний спосіб забезпечує за рахунок першої частини технології високий вихід крупи, яка в результаті подальшої обробки ІЧ-випромінюванням протягом 30 – 60 с. не вимагає варіння перед вживанням.

За період дослідження найбільшими статтями витрат були витрати на оплату праці та електроенергію, які склали 741,00 і 658,84 грн. відповідно. З урахуванням стандартної норми прибутку в 30%, загальні витрати на дослідження склали 3 691,19 грн.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Сирохман І.В. Безпечність і якість харчових продуктів (проблеми сьогодення) : підручник. Львів : Вид-во Львів. торг.-екон. ун-ту, 2019. 394 с.
2. Черевко О.І. та ін.. Методи контролю якості харчової продукції: Навч. посібник для студ. вищих навч. закл. технол. спец. Харк. держ. Університет харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2005. 230 с.
3. Жемела Г.П., Бараболя О.В. Технологія борошномельного та круп'яного виробництва: навчальний посібник для студентів вищих агротехнологічних навчальних закладів / Г.П. Жемела, О.В. Бараболя – Полтава: 2011. – 292 с.
4. Мерко І.Т., Моргун В.О. Наукові основи і технологія переробки зерна: підручник для студентів вищих навчальних закладів / І.Т. Мерко, В.О. Моргун – Одеса: Друк, 2001. – 348с.
5. Інноваційні методи обробки продовольчої сировини / С.Ю. Миколенко, О.В. Гончарова, А.М. Пугач, А.В. Купченко, В.С. Кошулько, Я.В. Гезь: Монографія. Дніпро: Журфонд, 2017. 224 с.
6. Подпрятков Г.І., Скалецька Л.Ф. Технологія виробництва борошна, крупи та олії. – К.: Видавництво НАУ, 2000. – 200 с.
7. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.
8. Димань Т.М., Мазур Т.Г. Безпека продовольчої сировини: підручник. Київ: ВЦ «Академія». 2011. 520 с.
9. Мерко І.Т. Технології мукомельного і круп'яного виробництва [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів / І.Т. Мерко. – Вид. 2-ге, перероб. та допов. – Одеса : Друк. дім, 2010. – 472 с.
10. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. – К.: Віпол, 1998. – 164 с.

11. Шатенко Є. І., Соц С.М. Технологія круп'яного виробництва. – К.: Освіта України, 2010. – 272 с.
12. Kovalova O., Pivovarov O., & Koshulko, V. Effect of plasma-chemically activated aqueous solutions on the process of disinfection of food production equipment. *Food Science and Technology*. 2022. 16 (3). P. 61-70. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2392>
13. Маковецька Ю. Сучасне керування відходами відповідно до принципів циркулярної економіки. Посібник курсу ZWA deep level, 2021. 140 с. Режим доступу: <https://zerowastekharkiv.org.ua/wp-content/uploads/2021/12/posybnic-лекciye-book-5.pdf>.
14. Відходи та безвідходне виробництво в харчовій промисловості : наук.-допом. бібліогр. покажч. двома мовами 1956 – 2020 рр. / [упоряд. І. М. Мельничук]; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. Київ, 2021. 110 с. Режим доступу: [http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/34268/1/Waste\\_and\\_waste-free\\_production\\_in\\_the\\_food\\_industry.pdf](http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/34268/1/Waste_and_waste-free_production_in_the_food_industry.pdf).
15. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, В.П. Олексюк, О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 288с.
16. Самойчук К.О., Паляничка Н.О., Верхованцева В.О. Технологічне обладнання галузі: конспект лекцій. Мелітополь: видавничо-поліграфічний центр
17. Дудяк І. Д., Туз М. С. Технологія виробництва борошна, круп і комбікорму : методичні рекомендації щодо виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти ступеня «магістр» спеціальності 201 «Агрономія» денної форми навчання. Миколаїв, 2015. 139 с.
18. Aliiev Elchyn, Gavrilenko Alexander, Tesliuk Hennadii, Tolstenko Alexander, Koshul'ko Vitaliy (2019). IMPROVEMENT OF THE SUNFLOWER SEED SEPARATION PROCESS EFFICIENCY ON THE VIBRATING SURFACE. *ACTA PERIODICA TECHNOLOGICA (APTEFF)*, 50, 12 – 22. DOI: <https://doi.org/10.2298/APT1950012A> (Scopus).



19. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253657> (Scopus).

20. Землеробська механіка. Інноваційні технології харчових виробництв / А.С. Кобець, С.П. Сокол, А.М. Пугач, Ю.О. Чурсінов, О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко, О.С. Ковальова, В.С. Калина, В.С. Кошулько, Д.О. Тимчак, Н.А. Сова, К.А. Худайбердієва. Дніпро: «Свідлер А.Л.». 2022. Том 4. 460 с. (наукова монографія, ISBN 978-617-627-174-1).

21. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова, В.С. Кошулько. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с. (посібник, ISBN 978-617-95201-3-6).

22. Чурсінов Ю. О., Ковальова О. С., Калина В. С., Пилипенко Г. О., Хомик Н. І., Lehmann Ch. Аналітичне дослідження перспективи процесів автоматизації прийому, оцінки якості та закладання зерна на зернопереробних підприємствах. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 1. С.93-107. DOI: <http://dx.doi.org/10.31388/2078-0877-20-1-82-92>

23. Poliakova N.A., Vedmedeva, E.V. (2016). Inheritance of Anthocyanin Coloration Trait in Pericarp of Sunflower Seeds. *HELIA*. P. 81–90. DOI: 10.1515/helia-2016-0005

24. Clien C., Chiang, Y. P., Pomeranz, Y. (1989). Image analysis and characterization of cereal grains with a laser range finder and camera contour extractor. *Cereal Cliem*. № 6. P. 466-470.

25. Kovalova, O., Vasylieva, N., Haliasnyi, I., Gavrish, T., Dikhtyar, A., Andrieieva, S., Didukh, N., Balandina, I., Obolentseva, L., Hireenko, N. (2023). Development of buckwheat groats production technology using plasma-chemically

activated aqueous solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (11 (126)), 59–72. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290584>

26. Kovaliova, O., Vasylieva, N., Stankevych, S., Zabrodina, I., Mandych, O., Hontar, T., Haliasnyi, I., Kotliar, O., Yanchyk, O., Bogatov, O. (2023). Development of a technology for the production of germinated flaxseed using plasma-chemically activated aqueous solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (124)), 6–19. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284810>

27. Ronge R. V., Sardeshmukh, M. M. (2014). Comparative analysis of Indian wheat seed classification. *Icacci'14*. P. 937-942.

28. Pivovarov O.A., Kovaleva O.S., Chursinov J.O. Prevention of biofouling of industrial reverse water supply systems by plasma water treatment // 3<sup>rd</sup> International Scientific and Technical Internet Conference “Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources”. Book of Abstracts. - Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2020. P. 50-52.

29. Чурсінов Ю.О., Ковальова О.С., Калина В.С., Головня Н.В., Ковальчук Є.О. Метод отримання харчових білкових добавок з сока зелених рослин. Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини: матеріали ІХ Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. Прага: Oktan Print s.r.o., 2020. С. 16.) DOI: <https://doi.org/10.46489/FAHM-01>

30. Lockett James F. (1982). Univeisal sorting apparatus. Патент США, кл. В 07 С. 5/342, НКІ 209/564, N4344539. Заявл. 05.05.78, N 903050. Опубл. 17.08.82.

31. Kovalova O.S., Chursinov Yu.O., Kofan D.D. Research of hydrothermal processing of dry barley malt. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2018. Vol.18, Issue 4. P.13-18. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v18i4.1190>

32. Ghodsevali A., Vafaei, A. (2008). Studying of physical properties of sunflower in Golestan province. The fifth conference of agricultural machinery and mechanization, Mashad, Iran, 306 p.

33. Pivovarov O., Kovaliova O., Koshulko V. Effect of plasmochemically activated aqueous solution on process of food sprouts production. *Ukrainian Food*

Journal. 2020. Volume 9. Issue 3. P. 575-587. DOI: <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2020-9-3-7>

34. Kovaliova O., Pivovarov O., Koshulko V. Study of hydrothermal treatment of dried malt with plasmochemically activated aqueous solutions. Food science and technology. 2020. Vol. 14, Issue 3. P. 113-121 DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v14i3.1799>

35. Identification of patterns in the production of a biologically-active component for food products / O. Kovaliova, Yu. Tchursinov, V. Kalyna, V. Koshulko, E. Kunitsia, A. Chernukha, O. Bezuglov, O. Bogatov, D. Polkovnychenko, N. Grigorenko. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2/11 ( 104 ) 2020. P.61-68. DOI: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200026>

36. Чурсинов Ю.А., Ковалева Е.С., Кошулько В.С., Калина В.С., Пришедько В.М. Биоактивация зерна с использованием фруктовых кислот. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 2. С. 26-28. DOI: <http://dx.doi.org/10.30850/vrsn/2020/2/26-28>

37. Khodabakhshian R., B. Emadi, M. H. Abbaspour Fard. (2009). Aerodynamic properties of sunflower seed, kernel and its hull affected by moisture content and size, azargol variety as a case study. International Agricultural Engineering Conference, Bangkok, Thailand.

38. Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Lukyanov, I., Dobrovolsky, V., Yurchenko, O., Chekan, O., Dedilova, T., & Musiienko, Y. (2021). Revealing changes in the technical parameters of the teat cup liners of milking machines during testing and production conditions. EUREKA: Physics and Engineering, (6), 102-111. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.002056>

39. Kozachenko O., Aliiev E., Sedykh K. Results of investigation of the spring shank disc harrow performance. U.P.B. Sci. Bull., Series D, Vol. 83, Issue 4, 2021. 123–140. [https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev\\_docs\\_arhiva/rezabf\\_492985.pdf](https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/rezabf_492985.pdf)

40. Kovalova, O., Vasylieva, N., Stankevych, S., Zabrodina, I., Haliasnyi, I., Gontar, T., Kotliar, O., Gavrish, T., Gill, M., Karatieieva, O. (2023). Determining the effect of plasmochemically activated aqueous solutions on the bioactivation process of

sea buckthorn seeds. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (122)), 99–111. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.275548>

41. Aliiev E., Pavlenko S., Aliieva O., Morhun O. Accelerated biothermal composting of manure-compost mixture. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science*, 2021, XXXII (2): 169–181. DOI: 10.15159/jas.21.30

42. Aliiev E., Paliy A., Kis V., Paliy A., Petrov R., Plyuta L., Chekan O., Musiienko O., Ukhovskiy V., Korniiien L. (2022). Establishing the influence of technical and technological parameters of milking equipment on the efficiency of machine milking. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (115)), 44–55. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.251172

43. Kovaliova O, Pivovarov O, Vasyliieva N, Koshulko V. Obtaining of rice malt with the use of plasma-chemically activated aqueous solutions. *Food science and technology*.2022;16(4):64-76. <https://doi.org/10.15673/fst.v16i4.2542>

44. Singh K.K. Physical properties of sunflower seeds / K.K. Singh, T.K. Goswami // Physical properties of cumin seed. *J. Agric. Eng.* – 1996 – Vol. 64 – P. 93-98.

45. Autio, Karin, and Ann-Charlotte Eliasson. Rye starch. *Starch*. Academic Press, 2009. 579-587.

46. Міждержавний стандарт 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови». К. : Держспоживстандарт України, 2006. 14 с.

47. Національний стандарт ISO 6820:2004. Борошно пшеничне та житнє. Загальні настанови щодо розроблення хлібопекарських випробувань (ISO 6820-1985, IDT) / Л... Гуленко (пер.і наук.-техн.ред.). - Офіц. вид - К. : Держспоживстандарт України, 2006. - IV, 6с.

48. Батуріна А. П. Експертиза товарів: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] / А. П. Батуріна, І. В. Ємченко. К. : Центр навчальної літератури, 2004. 320 с.

49. Бабюк А.В. Безпека харчування: сучасні проблеми./ О.В.Макарова, Л.В. Рогозинський, О.Є Федорова. Посібник-довідник. Чернівці: Книги ЧЧІ, К.: 2005. 456с

50. Домарецький В. А. Технологія харчових продуктів: підруч. / В. А. Домарецький, А. І. Українець. Київ: НУХТ, 2003. 768 с.
51. Назаренко В. О., Юдічева О. П., Жук В. А. Формування якості товарів. Частина 1. Навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури, 2012. – 386 с.
52. Основи фізіології харчування : підручник / Н. В. Дуденко, Л.Ф. Павлоцька, В. С. Артеменко, М. В. Кривоносов, І. С. Кратенко. Х. :Торнадо, 2003. 407 с.
53. Одарченко М.С. Основи охорони праці: підручник. Х.: СтильІздат, 2017. 334 с.
54. Нікітченко О. Ю. Конспект лекцій з дисципліни “Промислова екологія” (для студентів 3 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки 6.170202 “Охорона праці”). Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х.: ХНАМГ, 2013. 164 с.
55. Павленко О.С. Методичні рекомендації до виконання розділу «Організаційно-економічна частина» дипломної роботи для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Харчові технології» зі спеціальності 181 «Харчові технології» денної та заочної форми навчання. Дніпро: ДДАЕУ. 2020. 40 с.