

**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 «Бакалавр»
на тему:

**Обґрунтування технології виробництва
пшеничних пластівців готових до споживання**

Виконала: здобувачка вищої освіти 4 курсу,
групи ХТ-2-21 освітньо-професійної програми
«Харчові технології» зі спеціальності
181 «Харчові технології»

_____ Олександра ІВАНИЦЬКА

Керівник: _____ Віталій КОШУЛЬКО

Рецензент: _____

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«07» травня 2025 р.

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

Іваницькій Олександрі Миколаївні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва пшеничних пластівців готових до споживання».

Керівник роботи: Кошулько Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «07» травня 2025 року № 963.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 09 червня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва пшеничних пластівців готових до споживання. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд. 2 Об'єкти і методи дослідження. 3 Результати дослідження та їх обговорення. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Стан питання. 2 Мета і завдання досліджень. 3 Схема проведення експерименту.
4 Обговорення результатів досліджень. 5 Кошторис витрат на проведення досліджень. 6 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Доцент Віталій КОШУЛЬКО	07.05.25	09.06.25

7. Дата видачі завдання 07 травня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	07.05-08.05.25	виконано
2	Аналітичний огляд	09.05-14.05.25	виконано
3	Об'єкти і методи дослідження	15.05-16.05.25	виконано
4	Результати дослідження та їх обговорення	17.05-31.05.25	виконано
5	Охорона праці та довкілля	01.06-02.06.25	виконано
6	Організаційно-економічна частина	02.06-03.06.25	виконано
7	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.25	виконано
8	Підготовка демонстраційного матеріалу	06.06-09.06.25	виконано

Здобувачка вищої освіти _____ Олександра ІВАНИЦЬКА
(підпис)

Керівник роботи _____ Віталій КОШУЛЬКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «**Обґрунтування технології виробництва пшеничних пластівців
готових до споживання**»

Кваліфікаційна робота: 67 сторінка, 19 рисунки, 21 таблиця, 0 додатків, 30 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – технології пшеничних пластівців, готових до вживання з підвищеними функціонально-технологічними властивостями.

Предмет дослідження – зв'язок технологічних властивостей пшеничної крупи та технологічних параметрів процесу з якісними показниками пшеничних пластівців.

Метою роботи є обґрунтування технології пшеничних пластівців, готових до вживання з підвищеними функціонально-технологічними властивостями.

У суспільстві гостро стоїть проблема здорового харчування. У зв'язку зі зростаючою динамікою життя актуальне питання створення нових продуктів з підвищеною біологічною та фізіологічною цінністю, а також дозволяють економити час. Таким продуктом є пластівці із цільного зерна пшениці, готові до вживання, здатні скласти основу повноцінного раціону за малих витрат часу.

Все більшого поширення в харчоконцентратній промисловості набуває технологія обробки зернової сировини інфрачервоним випромінюванням. Перевага такої обробки полягає в тому, що інфрачервоні промені нагрівають об'єкт по всьому об'єму за короткий проміжок часу, це призводить до значних та регульованих модифікацій його фізико-хімічних, біохімічних властивостей та сприяє збереженню вітамінів та біологічно активних речовин.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Інфрачервоне випромінювання, пшениця, крупа, пластівці, вітаміни, водопоглинальна здатність, технологія, зерно, здорове харчування.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	9
1.1 Способи теплової обробки крупи при отриманні продуктів, готових до вживання	9
1.2 Вплив гідротермічної обробки на фізичні і біохімічні властивості продуктів із зерна пшениці	16
1.3 Традиційна технологія виробництва пшеничних пластівців, готових до вживання	21
1.4 Процес обсмажування для отримання продукту, готового до вживання.....	24
Висновки за розділом.....	25
2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	27
2.1 Характеристика об'єктів дослідження	27
2.2 Методи дослідження	28
Висновки за розділом.....	30
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	31
3.1 Вибір температурного режиму обробки пшеничної крупи	31
3.2 Вибір потужності променистого потоку інфрачервоного випромінювання під час обробки крупи вологістю 30 – 35 %	32
3.3 Визначення параметрів теплової обробки пшеничної крупи	33
3.4 Дослідження процесу релаксації пшеничної крупи після термообробки	36
3.5 Характеристика пшеничної крупи, отриманої по даному способу	40
3.6 Плющення одержаної пшеничної крупи	43
3.6.1 Визначення оптимальної товщини пшеничних пластівців.....	43
3.6.2 Вплив механічної дії на набухання пшеничних пластівців	44
3.6.3 Вплив товщини плющення пшеничної крупи вміст водорозчинних речовин	45
3.7 Обсмажування пшеничних пластівців для отримання готового продукту до вживання	46

3.7.1 Визначення часу обсмажування під впливом інтенсивного інфрачервоного випромінювання	47
3.7.2 Вплив обсмажування на характер набухання готового продукту	48
3.8 Якісна характеристика пшеничних пластівців готових до вживання	49
Висновки за розділом.....	52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	54
4.1 Розроблення картки з охорони праці для працівників цеху з виробництва пшеничних пластівців.....	54
4.2 Утилізація відходів під час виробництва зернових пластівців	55
Висновки за розділом.....	56
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	57
5.1 Витрати на проведення досліджень	57
5.2 Визначення вартості дослідження.....	61
Висновки за розділом.....	61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	62
БІБЛІОГРАФІЯ.....	64

ВСТУП

У суспільстві гостро стоїть проблема здорового харчування. У зв'язку зі зростаючою динамікою життя актуальне питання створення нових продуктів з підвищеною біологічною та фізіологічною цінністю, а також дозволяють економити час. Таким продуктом є пластівці із цільного зерна пшениці, готові до вживання, здатні скласти основу повноцінного раціону за малих витрат часу.

Відома корисність пшениці для людини через наявність у ній незамінних амінокислот, білка, ліпідів, важливих мікроелементів, а також вітамінів групи В.

У процесі виробництва пластівців, готових до вживання значної ролі, грає термічна обробка круп'яної сировини. Вона дозволяє значно знизити час приготування продукту, підвищити його харчову цінність і збільшити доступність біологічно активних речовин, що містяться в зерні.

Все більшого поширення в харчоконцентратній промисловості набуває технологія обробки зернової сировини інфрачервоним випромінюванням. Перевага такої обробки полягає в тому, що інфрачервоні промені нагрівають об'єкт по всьому об'єму за короткий проміжок часу, це призводить до значних та регульованих модифікацій його фізико-хімічних, біохімічних властивостей та сприяє збереженню вітамінів та біологічно активних речовин.

Відповідно, метою нашого дослідження є обґрунтування пшеничних пластівців, готових до вживання з підвищеними функціонально-технологічними властивостями.

Відповідно до поставленої мети було визначено такі конкретні завдання:

- дослідити режими інтенсивної інфрачервоної обробки пшеничної крупи;
- виявити параметри додаткової обробки пшеничної крупи після впливу інтенсивного інфрачервоного випромінювання;
- визначити оптимальні режими плющення пшеничної крупи;
- розробити технологічні прийоми обсмажування пшеничних пластівців для надання їм властивостей продукту, готового до вживання;
- дослідити функціональні, фізико-хімічні та біохімічні властивості,

одержуваних продуктів та кулінарні переваги готових до вживання пластівців;

- обґрунтувати технологічний процес виробництва пшеничних пластівців, готових до вживання;

- провести розрахунок кошторису витрат на проведення експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження – технології пшеничних пластівців, готових до вживання з підвищеними функціонально-технологічними властивостями.

Предмет дослідження – зв'язок технологічних властивостей пшеничної крупи та технологічних параметрів процесу з якісними показниками пшеничних пластівців.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Способи теплової обробки крупи при отриманні продуктів, готових до вживання

Прагнучі урізноманітнити продукцію з круп, дбаючи про економію часу та енергії на їх приготування, виробники розширюють виробництво круп швидкого приготування та безпосередньо готових до вживання без будь-якого додаткового кулінарного впливу.

Теплова обробка – обов’язкова стадія у будь-якій технології виробництва готових до споживання зернових продуктів. Крім формування бажаного смаку та аромату та поліпшення поживних властивостей, на стадії теплової обробки продукту надаються фізичні властивості, необхідні для формування його структури (насамперед за рахунок клейстеризації крохмалю зерна). Таке переформування структури важливе не тільки з погляду естетичної привабливості продукту – воно необхідне для того, щоб зробити його їстівним (продукт стає їстівним завдяки тому, що перетворюється структура полісахаридів).

Формування нової структури зазвичай відбувається за рахунок вивільнення водяної пари при швидкому нагріванні (обсмажуванні або спучуванні зерен у печі) або за рахунок різкого скидання тиску продукту, що знаходиться в перегрітому стані (як у апаратів для повітряних зерен або при екструзійній обробці). Щоб потрібним чином зреагувати на тиску пари, продукт повинен міцним і еластичним, а також гомогенним – свого роду колоїдним гелем, що формується при тепловій обробці крохмалю.

Гідротермічна обробка – це потужний фактор впливу на вихідні технологічні властивості сировини.

У харчовій промисловості використовуються такі види термічної обробки:

- холодне та швидкісне кондиціювання;
- мікронізація сировини;
- ультрозвуковий вплив;

- волого-теплову обробку.

Мікронізація може проводитись декількома способами, за допомогою:

- ІЧ-нагріву;
- НВЧ-нагріву;
- барометричний спосіб.

Сюди ж відносять і екструдовані крупи, але все ж таки це дещо інша технологія виробництва і її мабуть правильно називати екструзійною.

Суть процесу мікронізації полягає в тому, що під впливом температури, волога, що знаходиться в зерні круп «закипає», тим самим розм'якшує крохмалі, що містяться в ньому, які переходять в легкозасвоювані цукру, а клітковина набуває більш однорідної структури.

Після основної стадії теплової обробки технологічний процес може йти кількома маршрутами, внаслідок чого на стадії формування кінцевої текстури набувають абсолютно різні види зернових продуктів.

На рис. 1.1. представлено технологічну схему різних зернових продуктів, готових до вживання.

Кондиціонування зерна. Обробка зерна водою і теплотою або кондиціонування – це спрямована зміна технологічних властивостей зерна. При кондиціонуванні прагнуть посилити відмінність властивостей оболонки та ендосперму. Чим більшими будуть ці зміни, тим вищою буде ефективність переробки зерна. Параметрами кондиціонування є вміст вологи, температура, тиск і тривалість обробки. Конкретне поєднання цих параметрів визначає метод кондиціонування. В умовах виробництва розрізняють холодне гаряче, швидкісне та вакуумне кондиціонування.

Кожен із цих методів удосконалювався, пропонувалися нові варіанти, доповнення, але ці зміни не знайшли широкого застосування на виробництві через ряд недоліків, обставин та причин.

Процес термовологої обробки зерна цікавив дослідників завжди, особливо привертала увагу реакції, які відбуваються у зерні. Існує багато гіпотез та науково-обґрунтованих теорій з цих питань, проте останніми роками докорінних

змін до технології та методики дослідження внесено практично не було. Проблеми якості зерна, особливо його контролю, у процесах його обробки та переробки не займали передових позицій, що природно пояснювалося труднощами досліджень, відсутністю доступних методів аналізу та ін.

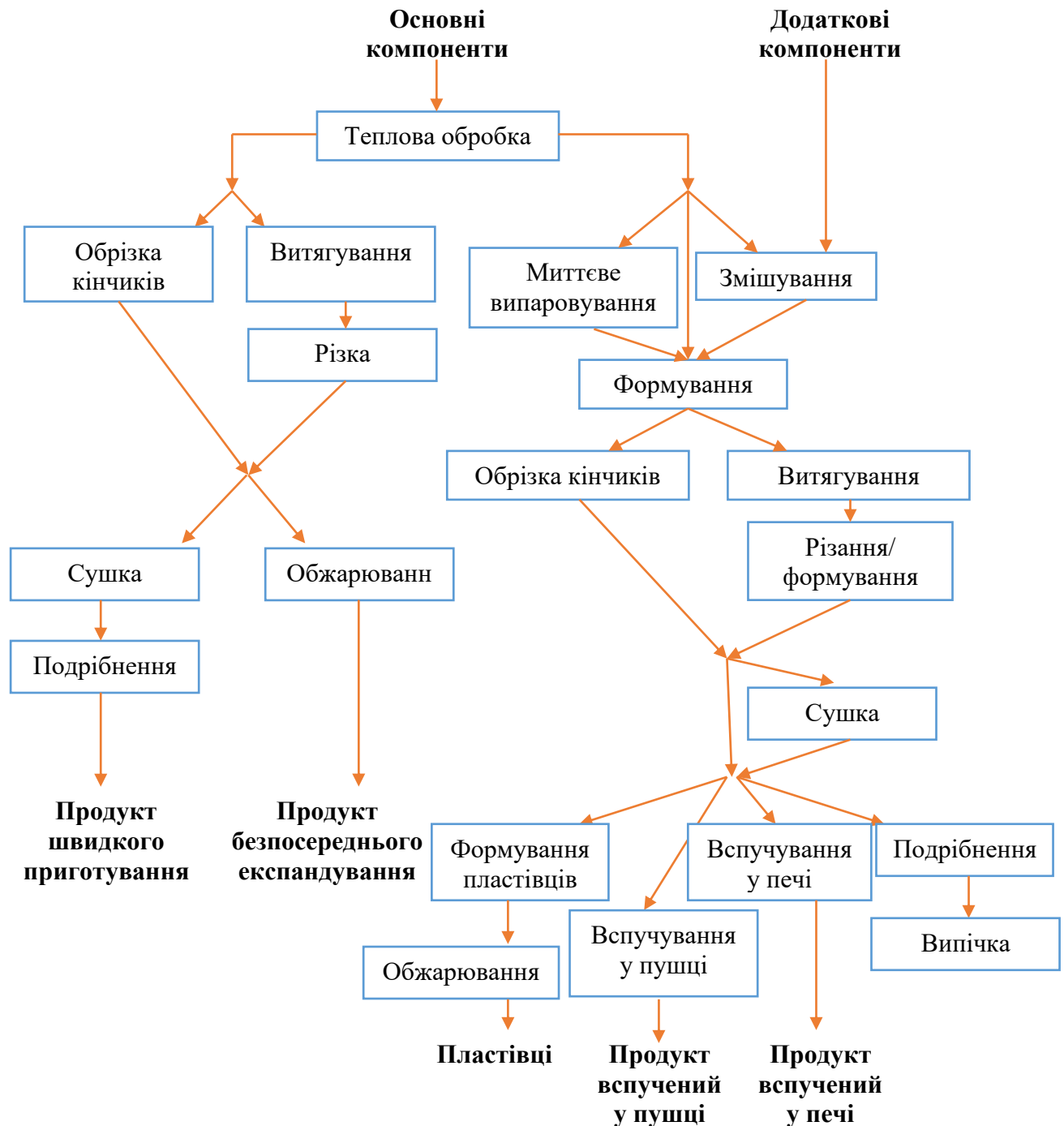


Рисунок 1.1 – Загальна технологічна схема виробництва зернових продуктів, готових до вживання

Методи термічної обробки зерна. Термічна обробка зерна широко застосовується у комбікормовій промисловості. Такий спосіб обробки забезпечує підвищення засвоюваності поживних речовин зерна.

Проводились досліді щодо визначення перетравлюваності крохмалю (*in vitro*). Відзначено загальну закономірність підвищення перетравлюваності крохмалю (*in vitro*) зі збільшенням ступеня його декстринізації. Так, при збільшенні вмісту декстринів з 7 до 36 % кількість глюкози, що утворюється, зростає з 15 до 105 мг за 1 годину дії амілаз. Вивчення білкового комплексу дозволило дійти невтішного висновку, що вміст «сирого» протеїну у зразках залишається незмінним після обробки за всіх досліджених режимах. Однак перетравлюваність протеїну (*in vitro*) при деяких параметрах обробки знижується і тим більше, чим триваліший час нагрівання, незалежно від температури гріючого агента. Встановлено, що для збереження якості протеїну у тепловій обробці зерна доцільно застосовувати короткочасний інтенсивний тепловий вплив, оскільки повільне нагрівання призводить до зниження перетравлюваності білка.

Метод гідротермічної обробки зерна. Гідротермічна обробка зерна (ГТО) стала традиційним прийомом під час виробництва круп. Вона є засобом спрямованої зміни технологічних властивостей зерна, поліпшення споживчих переваг крупи за збереження її цінності.

Гідротермічна обробка зерна круп'яних культур – це вплив вологою (парою) та температурою на зерно, що дозволяє цілеспрямовано змінити його технологічні характеристики. Мета такого впливу – створити найкращі умови для виробництва, збільшити вихід готової крупи, підвищити стійкість зерна під час зберігання та покращити його смакові якості та харчову цінність.

При виробництві крупи внаслідок ГТО знижується міцність оболонок та підвищується міцність ендосперму. Гідротермічна обробка зерна суттєво впливає на біохімічні характеристики зерна та готової продукції. При ГТО круп'яних культур відбувається помітна зміна співвідношення різних фракцій білка. Найбільш чутливі альбуміни та глобуліни. Значно змінюються властивості

крохмалю. Для більшості круп'яних культур спостерігається зниження в'язкості водно-борошняної суспензії. Це зумовлено модифікацією крохмалю під впливом вологості, температури та тиску. Помітно підвищується і атакування крохмалю амілазами. Внаслідок часткового гідролізу крохмалю, який відбувається у крупі, фіксується збільшення кількості декстринів та цукрів. Також відбуваються значні зміни у ліпідному складі крупи, зокрема, спостерігається сповільнення окислювальних процесів ліпідів.

Крупи, що пройшли гідротермічну обробку, зберігаються краще. Це пояснюється зменшенням активності ферментів, що містяться в зерні, та практично повним знищенням мікроорганізмів під час інтенсивного оброблення.

За кордоном високим попитом у населення користуються дрібні вівсяні пластівці, час варіння яких становить від 5 до 10 секунд. Виробляються також з вівса дуже дрібні та тонкі пластівці, які практично не вимагають варіння і доводяться до готовності простим додаванням окропу, молока або бульйону.

Вологотеплова обробка (ВТО) харчової рослинної сировини є однією з основних технологічних стадій виробництва харчових концентратів на основі варено-сушених круп, картоплі, буряків та моркви, що визначає якість та собівартість продукції. Вологотеплова обробка у вигляді зволоження, миття, гідратації, бланшування, варіння харчової рослинної сировини використовується при виробництві плющених, «підірваних», варено-сушених круп'яних та овочевих продуктів. Від параметрів здійснення волого-теплової обробки залежать характеристики кінцевої продукції, сформовані внаслідок біохімічних, фізичних та колоїдно-хімічних трансформацій. Відтак, поліпшення волого-теплової обробки харчової рослинної сировини задля досягнення продуктів високої якості є нагальним завданням, яке має суттєве теоретичне та практичне значення.

Теплова обробка продуктів є основним прийомом у технологічному процесі виробництва кулінарних виробів. Використання різних теплоносіїв для агрівання продукту викликає зміни структурно-механічних, фізико-хімічних та органолептичних властивостей продукту. Дані властивості в сукупності визначають ступінь готовності виробу: його консистенцію, колір, запах, смак.

Варіння круп та зернобобових – ключовий етап підготовки сировини при виробництві харчових концентратів, оскільки гідротермічна обробка впливає на нативні властивості крохмалю та білків, покращуючи їх засвоюваність. Процес варіння круп та зернобобових відбувається з використанням гострої пари та наявності води у варильних апаратах.

Вода проникає в крупу, і під дією високих температур у сировині розпочинаються комплексні зміни колоїдно-хімічних особливостей крохмалю та протеїнів. Найкращий вміст вологи в крупі після термічної обробки не повинен перевищувати 50%. Збільшення вологості на цьому етапі виготовлення харчових концентратів негативно впливає на споживчі характеристики виробу: готові страви стають надто в'язкими, а об'ємна маса сушеної крупы зменшується.

Основні зміни, які відбуваються під час гідротермічної обробки, стосуються крохмалю та білків круп. Крохмаль, перебуваючи у набряклому стані та під впливом високої температури, зазнає повного або часткового клейстеризації, супроводжуючись гідролізом з утворенням ряду проміжних колоїдних речовин, як-от декстрини. Це зумовлює збільшення вмісту у продукті водорозчинних речовин, кількість яких безпосередньо залежить від характеристик крохмалю та інтенсивності гідротермічної обробки.

При клейстеризації крохмалю спостерігаються порушення внутрішньої структури крохмальних зерен і приєднання молекул води до їх звільнених гідроксильних груп, що призводить до збільшення сухих речовин круп.

Ступінь клейстеризації крохмалю знаходиться в прямій залежності від кількості води, що бере участь у гідротермічній обробці, та тривалості теплового впливу. На ступінь клейстеризації впливають властивості крохмалю окремих видів круп, які відрізняються не тільки співвідношенням амілази та амілопектину, а й температурою клейстеризації.

Під час клейстеризації крохмалю амілоза переходить у розчин, який є вкрай нестійким та має низьку в'язкість. Він легко піддається ретроградації при зміні навколишніх умов. Натомість амілопектин формує стабільний, щільний гель.

При тривалому впливі на крупы гідротермічної обробки, відбувається

подальше клейстеризування. Між окремими частинками крохмалю виникають нові з'єднання, які об'єднують декілька крохмальних зерен. Внаслідок цього утворюється гель з високою міцністю.

Білки круп, під впливом нагрівання, згортаються, і цей процес є незворотнім. Згортання білків призводить до зменшення частки водорозчинних сполук у крупах, через те що згорнутий білок втрачає здатність розчинятися у воді. Найбільш відчутним зниження розчинних у воді речовин є після обробки зернобобових гарячою водою, адже вони багаті на білки.

Коагульовані білки демонструють вищу здатність до перетравлення в людським організмом. Водночас, надмірна термічна обробка здатна ініціювати серйозні зміни у білковій молекулі, спровокувати ранню фазу протеолізу, та як наслідок, зменшити засвоюваність азоту з білка та загальну харчову цінність страви.

Гідротермічна обробка спричиняє певне розщеплення клітковини та протопектину. В процесі гідротермічного впливу відбуваються реакції меланоїдинотворення, що призводять до утворення темних сполук – меланоїдинів, які погіршують якість кінцевого продукту. Зі збільшенням тривалості теплової обробки їхня кількість збільшується, отже, важливо дотримуватися встановленого режиму варіння круп. Час варіння складає 20 – 25 хв для рису та 40 – 45 хв для перловки № 2 та пшеничної № 2 круп.

Внаслідок перетворень колоїдно-хімічних характеристик складників під час варіння, крупа злипається, ускладнюючи процес висушування та погіршуючи смакові якості готових страв. Рівень злипання неоднаковий для різних видів круп, що залежить від кількості слизистих речовин з високим рівнем гідрофільності, таких як пентозани та азотисті сполуки.

Аби запобігти надмірному розбуханню крохмалю під час теплової обробки круп у варильному апараті, перед початком варіння додають стабілізатор клітинних стінок крохмальних зерен крупи.

На кінцеву якість продукту впливає температура гідротермічного впливу нанього. Крупи мають особливу температуру клейстеризації крохмалю, яка

варіюється від 60 до 80 °С. Коагуляція білкових компонентів у зварених крупах відбувається за звичайних температур до 70–75 °С. Відтак, для зміни харчових компонентів круп на ту форму, що легко сприймається організмом, вистачить температури до 80 °С. Проте, така температура не порушує структуру крупинок, адже не стимулює гідроліз клітковини, геміцелюлози та протопектину. Тому потрібне підвищення температури, що сприятиме частковому гідролізу згаданих речовин та зменшенню міцності міжклітинних перетинків.

Проте, збільшення температури спричиняє небажані явища, зокрема гідроліз жиру та утворення меланоїдинів. Формування меланоїдинів – ключовий процес, який має місце під час варіння, що негативно впливає на властивості кінцевого продукту.

Підвищена температура та значна вологість збільшують швидкість перебігу реакцій. Високий вміст меланоїдинів у харчових концентратах надає готовим стравам специфічних присмаків та запаху, погіршує їх зовнішній вигляд.

Вплив даної обробки на харчову цінність крупи – питання суперечливе. З одного боку, волога захоплює з собою до ендосперму частину мінералів та вітамінів, що розчиняються у воді. Це позитивно впливає на кулінарні властивості: скорочується час варіння, каша виходить більш розсипчастою. Часткова інактивація ферментів уповільнює розклад жирів та їх окислення, а крупи набувають приємного аромату, характерного для підсмаженого зерна. З іншого боку, гідротермічна обробка може дещо змінити амінокислотний склад білків, спричинити часткову втрату токоферолів, каротиноїдів та хлорофілів, а також впливає на зміну кольору крупи.

1.2 Вплив гідротермічної обробки на фізичні і біохімічні властивості продуктів із зерна пшениці

Зерно – це матеріал, що виявляє пружну, в'язку та пластичну поведінку, і одночасно є складним колоїдним тілом з капілярно-пористою структурою. В умовах зволоження або пропарювання з подальшим висушуванням, в ньому

запускаються не тільки фізико-механічні зміни, а й суттєві біохімічні перетворення.

Гідротермічна обробка зернових культур, впливаючи на аналітичний склад зерна, має приводити його у стан, коли міцність ендосперму зростає, а плівчастість зменшується. Це поліпшує технологічні характеристики зерна, сприяє зменшенню подрібнення ядра при луценні, шліфуванні та в інших процесах переробки. Водночас, біохімічні перетворення, що відбуваються, позитивно впливають на споживчі якості крупи, зберігаючи її біологічну цінність.

Під час ГТО круп'яних культур спостерігається відчутна трансформація пропорцій різних фракцій протеїну. Альбуміни та глобуліни демонструють найбільшу чутливість. Відбуваються істотні зміни в характеристиках крохмалю. У переважної більшості круп'яних культур фіксується зниження в'язкості водно-борошняних суспензій. Такий феномен пояснюється модифікацією крохмалю під впливом вологості, температурних режимів та тиску. Спостерігається значне збільшення сприйнятливості крохмалю до впливу амілаз. Як наслідок часткового гідролізу крохмалю в крупі, збільшується вміст декстринів та цукристих речовин. Відбуваються зміни в ліпідному складі круп, зокрема сповільнюється процес окиснення ліпідів.

Крупи, що пройшли гідротермічну обробку, мають кращу здатність до зберігання. Це обумовлено зменшенням активності ферментів у зерні, а також майже повним знищенням мікроорганізмів за умов інтенсивної обробки.

НВЧ нагрівання. Метод НВЧ-нагрівання спирається на діелектричній поляризації, тобто переміщення, в певних межах, зв'язаних електричних зарядів – диполів. Під впливом зовнішнього змінного електромагнітного поля в матеріалі відбувається їх коливальний рух та переорієнтація, наслідком чого стають струми провідності та зміщення. Сукупність обох явищ та забезпечує нагрівання матеріалу. Так як діелектричні властивості води приблизно в десятки разів вище власної сухої речовини основних сільськогосподарських матеріалів, наприклад, зерна або трави, то при НВЧ-нагріві в першу чергу нагріватиметься вода всередині їх капілярів або знаходиться на поверхні. На макрорівні це

виявлятиметься у більшому нагріванні вологіших матеріалів порівняно із сухими. Особливості НВЧ-нагріву визначають закономірності тепломасоперенесення при мікронізації зерна. При цьому важливо, що всі ці матеріали мають псевдокапілярну систему і відносяться до класу капілярно-пористих тіл, масоперенос усередині яких залежить від розмірів капілярів.

Інтенсивний теплофізичний вплив НВЧ на зерно і продукти харчування (крупя, борошно), може призводити до перетворення поживних речовин, що містяться в них, по ланцюжку від складних біополімерів – до простих. Спостерігається збільшення ступеня декстринізації крохмалю до 50 %; підвищення розварюваності круп у 5 – 10 разів; зниження питомих витрат енергії в порівнянні з аналогами в 1,3 – 1,4 рази.

Інфрачервона обробка. Актуальним, поширеним та перспективним наразі є процес сушіння харчових продуктів з використанням інфрачервоного (ІЧ) випромінювання.

Особливістю використання інфрачервоного випромінювання в харчовій галузі для процесів, які стосуються нагрівання матеріалів (випікання, обсмажування, сушіння, термічного впливу на зерно та борошно), є здатність променевого потоку проникати в них на певну глибину. Глибина, на яку інфрачервоні промені проникають в матеріал, що нагрівається, визначається його характеристиками, структурою та властивостями поверхні, а також довжиною хвилі випромінювання.

Для харчових виробів глибина проникнення інфрачервоних променів складає 6 – 12 мм. На цю глибину потрапляє невеликий обсяг енергії випромінювання, проте температура шару, розташованого на відстані 6 – 7 мм від поверхні матеріалу, підвищується відчутно швидше, ніж при нагріванні шляхом конвекції. Середньохвильове та короткохвильове інфрачервоне випромінювання мають потужніший вплив на продукти харчування, як через більшу глибину проникнення, так і через більш ефективний вплив на молекулярну структуру виробів.

Для колоїдно-капілярних пористих матеріалів, на зразок зерна, глибина, на

яку проникає інфрачервоне випромінювання, коливається в межах від часток міліметра до кількох міліметрів.

Прийнято вважати, що глибина проникнення продуктів під впливом інфрачервоних променів прямо пропорційна зменшенню довжини хвилі випромінювання.

Інфрачервоне сушіння ґрунтується на особливості поглинання інфрачервоного випромінювання. Воно активно поглинається водою, присутньою в продукті, але не поглинається його тканиною. Завдяки цьому виведення вологи відбувається при низькій температурі, у межах 40 – 60 °С. Це дає змогу максимально зберегти вітамінний склад, корисні біологічні компоненти, а також природний колір, смак та аромат продуктів. Саме збереження цих якостей є одним з ключових аспектів у сфері переробки продуктів харчування. Використання даної технології забезпечує збереження значної частини вітамінів та інших корисних речовин у сушеному продукті – від 80 % до 90 % від початкового складу сировини.

Після короткого замочування (10 – 20 хв.), пройшовши інфрачервоне (ІЧ) сушіння, продукт відновлює усі свої природні органолептичні, фізичні та хімічні характеристики й може споживатися сирим, або зазнавати будь-якого типу кулінарної обробки. Сушіння овочів та фруктів, крупи таким методом дозволяє виготовляти різноманітні харчові концентрати швидкого приготування, які знаходять застосування у хлібопекарній, кондитерській галузях, як складник сухих сумішей дитячого харчування. У порівнянні зі звичайною сушкою, овочі, оброблені інфрачервоним сушінням, після відновлення смаком найближче нагадують свіжі. До того ж, порошки, що зазнали інфрачервоного сушіння, характеризуються протизапальними, детоксикаційними та антиоксидантними якостями. Використання продуктів, які пройшли ІЧ сушіння, у молочній, кондитерській, хлібопекарській промисловості відкриває можливості розширення асортименту харчової продукції з особливими смаковими властивостями. Інфрачервоне сушіння дає можливість виробляти продукти, що не містять консервантів та інших сторонніх добавок. Продукт, оброблений інфрачервоним

сушінням, є більш стійким до росту мікрофлори.

Ще одна перевага – технологія інфрачервоного сушіння вологих продуктів дає змогу використати майже всю енергію, що до них підводиться. На відміну від інших методів, при інфрачервоному сушінні енергія спрямовується безпосередньо на воду, яка є у продукті. Завдяки цьому досягається високий коефіцієнт корисної дії, а значить – значно заощаджується електроенергія.

Встановлено, що термообробка продуктів інфрачервоним випромінюванням дозволяє скоротити час обробки різних виробів у кілька разів, витрати енергії до 15 разів. При цьому продукт стерилізується, що значно збільшує термін його зберігання.

Екструзійна обробка. У промисловості застосовується теплова обробка зернових із застосуванням екструдерів, у процесі якої зерно піддається впливу високої температури та тиску.

У цьому відбуваються різні зміни біохімічних властивостей сировини. Відбувається денатурація білка, клейстеризація крохмалю, інактивація різних ферментів. І в результаті готовий продукт набуває нових фізичних та реологічних властивостей: щільність, міцність, пористість, змінює свою консистенцію, що значно відрізняється від властивостей вихідної сировини.

Значною мірою змінюється структура зерна ячменю. Як відомо, ендосперм ячменю складається з відносно тонкостінних клітин, усередині яких крохмальні гранули (овальної та яйцеподібної форми) добре втоплені в білкову матрицю і утворюють монолітну структуру. Алейроновий шар складається з 2 – 3 рядів великих товстостінних клітин, що мають у поперечному розрізі майже квадратну і прямокутну форму і щільно примикають один до одного, не утворюючи міжклітинників. Усередині цих клітин знаходиться велика кількість алейронових зерен білкової природи.

При екструзуванні мікроструктура ячменю піддається наступним змінам: набуває пористої структури, крохмальні гранули інтенсивно спучуються, що призводить до їх розриву, і при цьому вони значно збільшуються в розмірах.

Така зміна крохмальних гранул пояснюється вплив великих градієнтів

температури і вмісту вологи в робочій зоні екструзійного шнека, а також за рахунок великого перепаду тиску пари в крохмальній гранулі при виході з екструдера.

Певна роль підривання крохмальної гранули належить конформаційною зміною полісахаридних ланцюгів амілози. Їх швидке розгортання призводить до різкого збільшення крохмальних гранул, цим пояснюється збільшення ступеня декстринізації крохмалю.

Білок також зазнає значних змін у процесі екструдювання, набуває тягучої конформації.

1.3 Традиційна технологія виробництва пшеничних пластівців, готових до вживання

Готові до споживання продукти, що виготовляються із злаків, виробляються у формі пластівців, повітряних зерен та паличок. Вони повністю підготовлені до вживання як їжа і не потребують жодної термічної обробки.

Для виробництва пшеничних пластівців використовують зазвичай м'яку червонозерну або озиму білозерну пшеницю. У виняткових випадках для виробництва пшеничних пластівців класу «преміум» використовують дорожчу тверду пшеницю.

У типову рецептуру пшеничних пластівців входять: плющена пшениця, дрібний цукровий пісок – 5 – 6 %, солодовий сироп – 1 – 2 %, сіль – 1,5 – 2 % і вода в кількості, достатній для отримання продукту з вологістю 28 – 30 %, включаючи паровий конденсат. Смакові матеріали та вода можуть бути заготовлені як маточна суміш у кількості, достатній для кількох партій, для кожної з яких дозується за масою.

Технологія виробництва пшеничних пластівців, готових до вживання відрізняється від кукурудзяних тим, що для них використовують цільне пшеничне зерно з усіма неушкодженими частинами, а для кукурудзяних – великі частинки ендосперму кукурудзяних зерен, після видалення оболонки і зародка.

Виготовлення пшеничних пластівців відбувається на автоматизованих комплексах, що дає змогу легко переходити від виробництва одного виду крупи до іншого.

Очищення та миття, разом із зволоженням та відлежуванням пшеничної крупи, визначають основні етапи виробництва. Слідом за цим здійснюється теплова обробка, що охоплює варіння та сушіння. При первинному очищенні та обмиванні відбувається відокремлення сторонніх частинок і усунення різноманітних забруднень.

Впливом вологи на сухі компоненти суміші, викликаючи гідролітичні реакції, які спричиняють необоротні зміни в білково-вуглеводному комплексі супроводжується процес варіння. Сушіння, своєю чергою, передбачає усунення вологи та створення умов для трансформацій у складі й структурі крупи, що зрештою впливає на смакові та споживчі властивості готового продукту.

Застосування пропарювання пшеничної крупи дасть змогу якісніше виконати плющення для надання крупинкам характерної для пластівців форми. Обсмажування пластівців – один із ключових технологічних етапів процесу.

Пшеничні пластівці постачаються у готовому товарному та споживчому вигляді. Термін їх зберігання, за умови правильного пакування, складає приблизно рік, з цієї причини їхнє виробництво розгортають там, де культивують зернові та зернобобові. Для транспортування їх упаковують у картонні коробки, розміщують на палетах шарами та транспортують у спеціалізованих залізничних вагонах або вантажних автомобілях.

Основні етапи технологічного процесу:

- підготовка сировини до виробництва: зберігання, позбавлення від домішок;
- миття;
- зволоження та вилежування пшеничної крупи;
- приготування цукрово-сольового сиропу;
- теплова обробка (варіння) круп;
- розпушування та охолодження звареної крупи;

- сушіння звареної крупи;
- темперування;
- пропарювання та плющення крупи на пластівці;
- обсмажування пластівців;
- нанесення додаткових інгредієнтів;
- інспекція, сортування та охолодження.

Фасування у пачки; пакування в транспортну тару, складування та зберігання кінцевого продукту.

Початкові етапи технологічного циклу виготовлення пластівців реалізуються за допомогою комплексів обладнання, призначених для зберігання, переміщення та підготовки до обробки зерна, води, цукру, солі, жиру та інших різновидів сировини. Для збереження сировини застосовують металеві й залізобетонні ємності та бункери. На невеликих виробництвах використовують механічне перевезення зерна навантажувачами, норіями, ланцюговими та гвинтовими конвеєрами. На масштабних підприємствах впроваджуються системи пневматичного транспортування зернових. Рідкі напівфабрикати перекачуються насосами. Підготовка сировини відбувається за допомогою просіювачів, змішувачів, магнітних сепараторів, фільтрів і допоміжного обладнання.

Провідний комплекс технологічної лінії включає варильні апарати, випарні чаші та сушарки, а також специфічні бункери для температурної обробки крупи. До цього комплексу входять дозатори для крупи, води та рідких напівфабрикатів, змішувальні установки, варильні та сушильні агрегати.

Наступний комплект технологічної лінії охоплює обладнання для пропарювання, плющення, обсмажування пластівців, а також для дозування та змішування інгредієнтів відповідно до рецептури.

Фінальний комплекс обладнання лінії гарантує запакування, зберігання і перевезення готових виробів. Він включає пакувальні машини та обладнання експедицій і складів готової продукції.

1.4 Процес обсмажування для отримання продукту, готового до вживання

Смаження – одна з основних технологічних операцій у виробництві продуктів, готових до вживання. Це досить складна операція, що надає готовому продукту всі споживчі властивості, що визначають інтерес споживача до продукту – смак, колір, текстуру.

У процесі обсмажування продукту в печі, відбуваються різні зміни, що полягають у підвищенні температури продукту, зниженні вмісту в ньому вологи, втрати або збільшенні обсягу, здійсненні хімічних реакцій неферментативного потемніння та змін смаку та аромату), а також у формуванні кольору.

Зазвичай обсмажування в печах за нормальної температури 315 °C, за яких щільність повітря становить 50 % його щільності за нормальних умов (20 °C, відносна вологість 50 %). При підвищенні температури повітря щільність його знижується, оскільки водяна пара легша за повітря. Таким чином, при підвищенні вмісту вологи щільність повітря знижується, і в результаті потрібно збільшення діаметра витяжних повітроводів, що призводить до загального збільшення габаритів обсмажувального обладнання.

Процес обсмажування з погляду температури продукту та інших змін, що відбуваються в печі, складається з чотирьох стадій: нагрівання, сушіння, розширення та формування кольору та смако-ароматичних властивостей. Стадія розширення може бути дуже короткою і характерною лише для деяких типів продуктів. Необхідний рівень вмісту вологи досягається лише тому випадку, якщо управління процесом сушіння вдається перевести з показників енергоспоживання на показники міграції вологи.

На стадії нагрівання температура продукту підвищується до температури гарячого повітря (по вологому термометру), що застосовується для обсмажування, а на стадії сушіння волога, що перевищує критичний вміст, видаляється, але температура продукту залишається постійною, рівною температурі гарячого повітря по вологому термометру, стадія розширення триває до 5 – 15 с. На цій стадії вміст вологи в таких продуктах різко змінюється.

Колір формується, в основному, на останній, четвертій стадії, в ході якої відбувається неферментативне потемніння, ступінь якого залежить насамперед від того, наскільки швидко підвищується температура на тимчасовому відрізьку між точками С і Е, а не досягається в результаті температури. На цій же стадії продуктом набуваються основні смако-ароматичні властивості.

Тривалість кожної із зазначених стадій залежить від складу продукту. Подрібнений матеріал типу шроту, що надходить у піч з порівняно високим вмістом вологи, повинен піддаватися більш тривалим стадіям нагріву та сушіння, ніж пластівці або інший матеріал з низьким вмістом вологи.

Висновки за розділом

Встановлено, що у процесі виробництва пластівців, готових до вживання значної ролі, грає термічна обробка круп'яної сировини. Вона дозволяє значно знизити час приготування продукту, підвищити його харчову цінність і збільшити доступність біологічно активних речовин, що містяться в зерні.

Все більшого поширення в харчоконцентратній промисловості набуває технологія обробки зернової сировини інфрачервоним випромінюванням. Перевага такої обробки полягає в тому, що інфрачервоні промені нагрівають об'єкт по всьому об'єму за короткий проміжок часу, це призводить до значних та регульованих модифікацій його фізико-хімічних, біохімічних властивостей та сприяє збереженню вітамінів та біологічно активних речовин.

Відповідно, метою нашого дослідження є розробка та впровадження технології пшеничних пластівців, готових до вживання з підвищеними функціонально-технологічними властивостями.

Відповідно до поставленої мети було визначено такі конкретні завдання:

- дослідити режими інтенсивної інфрачервоної обробки пшеничної крупи;
- виявити параметри додаткової обробки пшеничної крупи після впливу інтенсивного інфрачервоного випромінювання;
- визначити оптимальні режими плющення пшеничної крупи;

- розробити технологічні прийоми обсмажування пшеничних пластівців для надання їм властивостей продукту, готового до вживання;
- дослідити функціональні, фізико-хімічні та біохімічні властивості, одержуваних продуктів та кулінарні переваги готових до вживання пластівців;
- обґрунтувати технологічний процес виробництва пшеничних пластівців, готових до вживання;
- провести розрахунок кошторису витрат на проведення експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження — технології пшеничних пластівців, готових до вживання з підвищеними функціонально-технологічними властивостями.

Предмет дослідження — зв'язок технологічних властивостей пшеничної крупи та технологічних параметрів процесу з якісними показниками пшеничних пластівців.

2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика об'єктів дослідження

Дослідження проводили із використанням зерна м'якої пшениці IV типу врожаю 2024 року. Натура зерна 722 г/л, маса 1000 зерен 31 г, скловидність 30 %, вологість зерна 13 – 14 %. Всі показники якості досліджуваних зразків пшениці відповідали нормам ДСТУ 3768:2019. Структурна схема організації експериментальних досліджень зображена на рисунку 2.1.

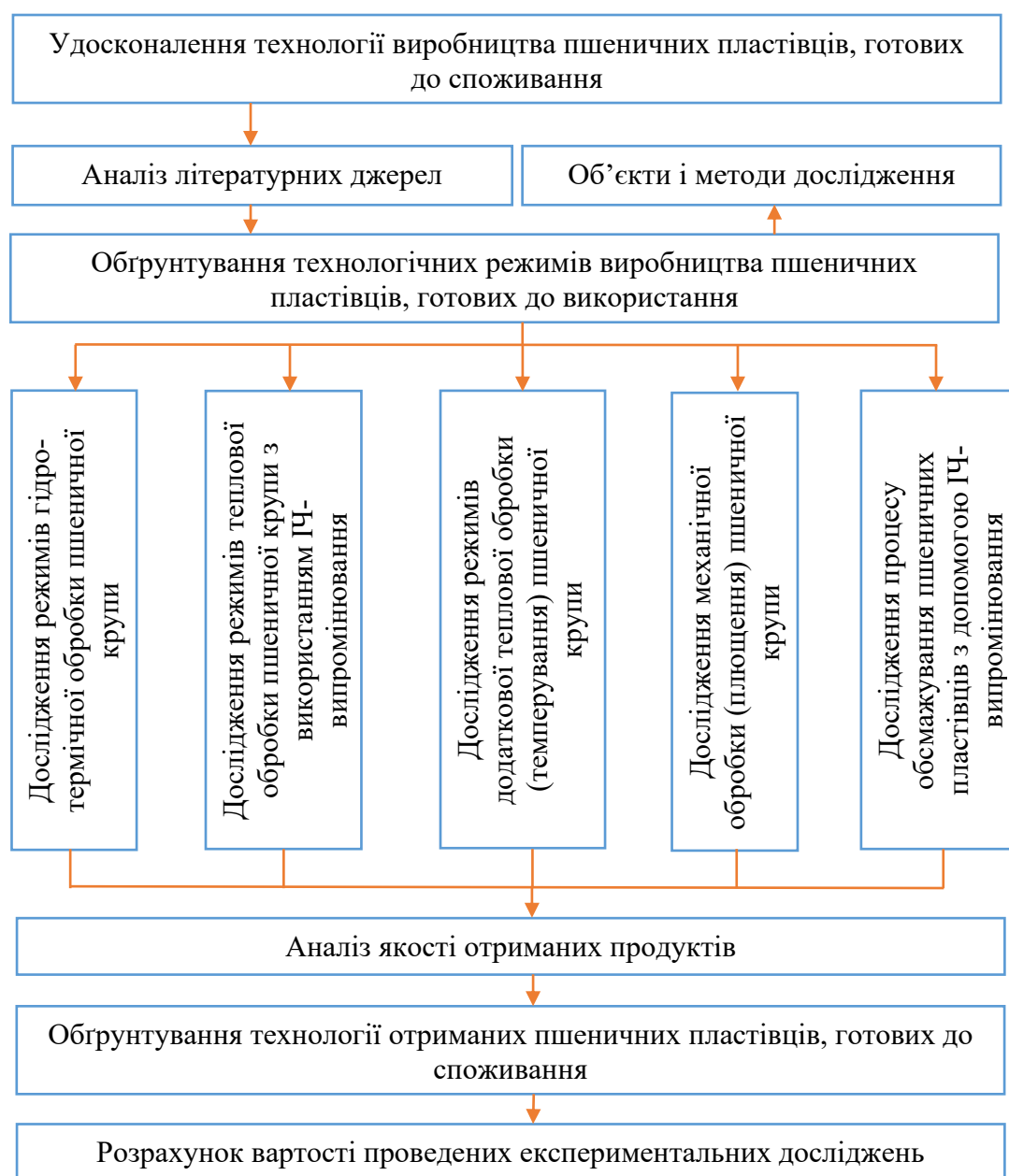


Рисунок 2.1 – Структурна схема проведення експериментальних досліджень

2.2 Методи дослідження

Аналітичні та структурно-механічні характеристики крупи:

- відбір зразків та виділення наважок (ДСТУ 3768:2019);
- визначення вологості (ДСТУ 8004:2015);
- визначення насипної маси (натури) (ДСТУ 10840:2019);
- визначення маси 1000 зерен (ДСТУ ISO 520:2015);
- визначення склоподібності (ДСТУ 3768:2019).

Аналіз біохімічних, мікробіологічних показників та споживчих переваг отриманих круп і пластівців:

- визначення органолептичних показників (ДСТУ 7699:2015);
- визначення часу варіння (ДСТУ ISO 7304:2005);
- визначення ступеня деструкції крохмалю (ДСТУ 2211-93);
- експрес-метод оцінки якості термообробленого зерна [13].

Визначення ступеню клейстеризації. В циліндр на 50 мл кількісно переносили попередньо подрібнену наважку масою 2 г. Додавали 10 мл дистильованої води, перемішували і доводили до мітки 20 мл дистильованою водою. Дали в спокої на 30 хв. Після цього терміну визначали межу поділу фаз.

Ступінь клейстеризації знаходили за формулою:

$$X = \frac{Y}{Z} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де X – ступінь клейстеризації, %;

Y – обсяг набряклого зразка;

Z – маса наважки, г;

Клейстеризація складає 100 % при повному набуханні наважки. Сутність методу полягає в адсорбції води молекулами крохмалю.

Визначення водопоглинальної здатності (коефіцієнта набухання) крупи. У мірний циліндр на 50 мл наливали 40 мл водопровідної води і поміщали у

термостат з температурою 80 °С. Циліндр закривали пробкою або склом. Відважували 10 г крупи і через 15 хвилин (коли вода в циліндрі нагріється до 80 °С) насипали через воронку крупу. Визначали її об'єм, циліндр залишали в термостаті на 2 години, записуючи через кожні 5 хвилин об'єм, який займає крупа.

Визначення вмісту водорозчинних речовин. Брали ретельно подрібнену наважку (прохід через шовкове сито № 19) з таким розрахунком, щоб співвідношення сухих речовин і води в бовтанці становило 1:25 або 1:20. Наважку без втрат переносили 180 мл дистильованої води в мірну колбу на 250 мл і ставили на 1 годину на струшувальний апарат для переведення водорозчинних речовин розчин. Потім вміст колби доливали до мітки, збовтували, фільтрували через паперовий складчастий фільтр і центрифугували 30 хвилин при частоті обертання 3000 об/хв. Відбирали піпеткою 50 мл фільтрату, поміщали попередньо висушену до постійної маси невелику порцелянову чашку і випарювали на водяній бані. Залишок зважували, попередньо висушивши при температурі 98 – 100 °С до постійної маси.

Вміст водорозчинних речовин (X) у відсотках обчислювали за формулою:

$$X = \frac{(G - G_1) \cdot 100 \cdot V}{g \cdot V_1}, \quad (2.2)$$

де G – маса чашки із висушеним до постійної маси залишком, г;

G_1 – маса чашки, г;

g – наважка досліджуваної речовини, г;

V – Об'єм мірної колби, мл;

V_1 – кількість центрифугату, взятого для сушіння, мл.

Зерно різної вологості обробляли інфрачервоним випромінюванням різної потужності (від 15 до 45 кВт/м²). На експериментальній установці, проводили дослідження з одиничними зернами, регулюючи потужність випромінювання, що падає на крупу та спостерігаючи за зневодненням об'єкта.

Висновки за розділом

В вищенаведеному розділі кваліфікаційної роботи розглянуто та охарактеризовано основні об'єкти та методи дослідження, а також охарактеризовано використані методи проведення досліджень.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Вибір температурного режиму обробки пшеничної крупи

Відомо, що інфрачервона обробка зернової сировини може відбуватися по двох термодинамічних напрямках, коли при нагріванні з певною потужністю променистого потоку відбувається міграція вологи з внутрішніх шарів на поверхню, утворюється високий тиск, що руйнує структуру зернівки зсередини.

Для проведення процесу теплової обробки необхідно визначити параметри процесу обробки ІЧ-випромінюванням, при яких спостерігається необхідне явище термодеструкції.

Було досліджено вплив вихідної вологості пшеничної крупи на температуру, при якій відбувається руйнування структури зернівки.

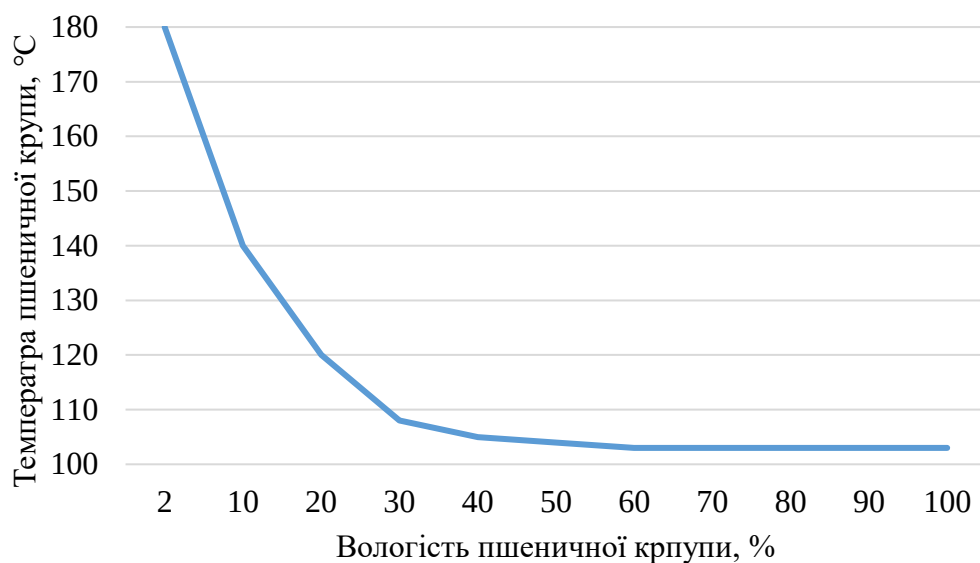


Рисунок 3.1 – Зміна температури руйнування структури пшениці залежно від її вологості

Як видно з наведеного на рисунку 3.1 графіка, спучування зернівки та руйнування її структури відбувається при різній температурі, яка залежить від кількості вологи, що знаходиться в зерні. Так, при вологості 14 – 15 % руйнування

зернівки та викид пари спостерігається при 130 °С. У міру збільшення вологості зерна, змінюється і форма зв'язку води з матеріалом, температура руйнування структури падає. При вологості 33 – 35 % температура крупи в момент її руйнування 106 – 108 °С, а при вологості крупи менше 2 % руйнування структури не відбувається.

3.2 Вибір потужності променистого потоку інфрачервоного випромінювання під час обробки крупи вологістю 30 – 35 %

Важливою перевагою інфрачервоного нагріву є можливість обробки матеріалу великою потужністю променистого потоку. Від потужності енергії, що подається, залежить швидкість нагріву оброблюваного об'єкта.

Досліджували вплив потужності променистого потоку енергії, що подається, і вологості пшеничної крупи на характер зміни її структури в процесі обробки. На рисунку 3.2 представлені дані визначення областей проведення процесу інтенсивної інфрачервоної обробки пшеничного крупи з різною вологістю.

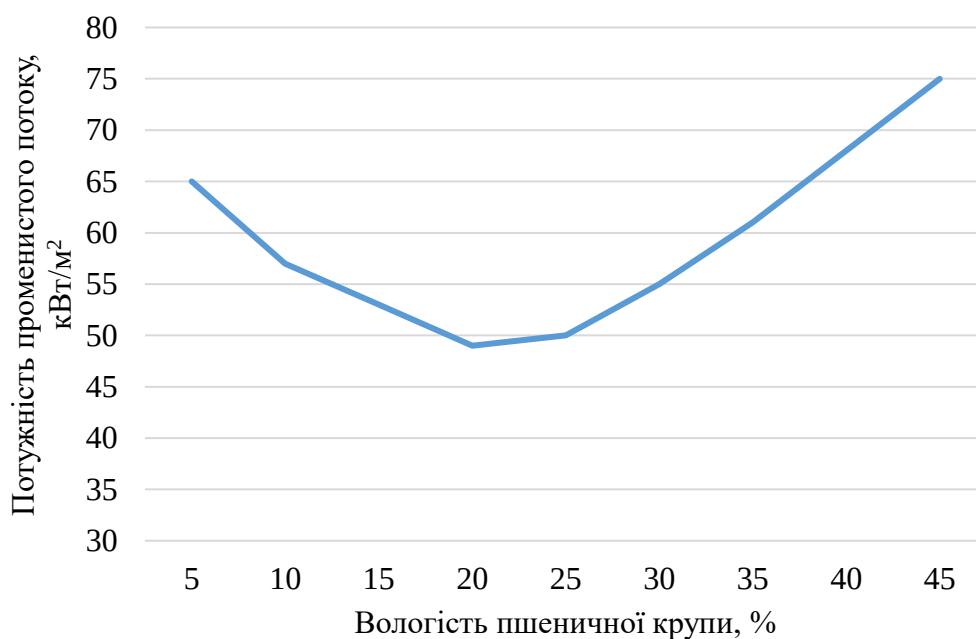


Рисунок 3.2 – Зміна потужності променистого потоку необхідної для руйнування структури пшеничної крупи залежно від її вологості

Крива, представлена рисунку 3.2 показує, що з потужності потоку ІЧ-випромінювання вище цієї кривої процес протікає в області термодеструкції структури зернівки, коли волога з матеріалу випаровується в пару. Нижче даної кривої волога дифундує до поверхні зернівки у вигляді води і випаровується з її поверхні (традиційне сушіння). Потужність променистого потоку для руйнування структури зерна пшениці вологістю 30 – 33 % склала 60 – 65 кВт/м².

3.3 Визначення параметрів теплової обробки пшеничного крупи

Як відомо, щоб отримати крупи, придатні до споживання, потрібен тривалий вплив температури. Наприклад, варіння крупи під дією гарячої пари у варильному апараті займає від 30 хв до 120 хв (залежно від типу крупи). Цей час є необхідним для здійснення таких процесів, як клейстеризація крохмалю, пептизація протопектину, денатурація білка, тобто проведення тих змін, які відповідають характеристикам готового продукту. Тому теплову обробку пшеничної крупи після руйнування її структури необхідно продовжувати протягом певного часу після руйнування, щоб поглибити зміни, які виникають під час теплової обробки.

На рисунку 3.3 представлений графік зміни температури пшеничної крупи у процесі термообробки ІЧ-опромінюванням.

За умови утримання щільності потоку випромінювання на первинному рівні 58-60 кВт/м², температура крупи стрімко збільшується, що призводить до обвуглювання її зовнішнього шару.

Для збільшення часу термічного впливу на пшеничну крупу інтенсивність променевого потоку слід швидко зменшити до моменту досягнення температури 100 – 102 °С (рис. 3.4).

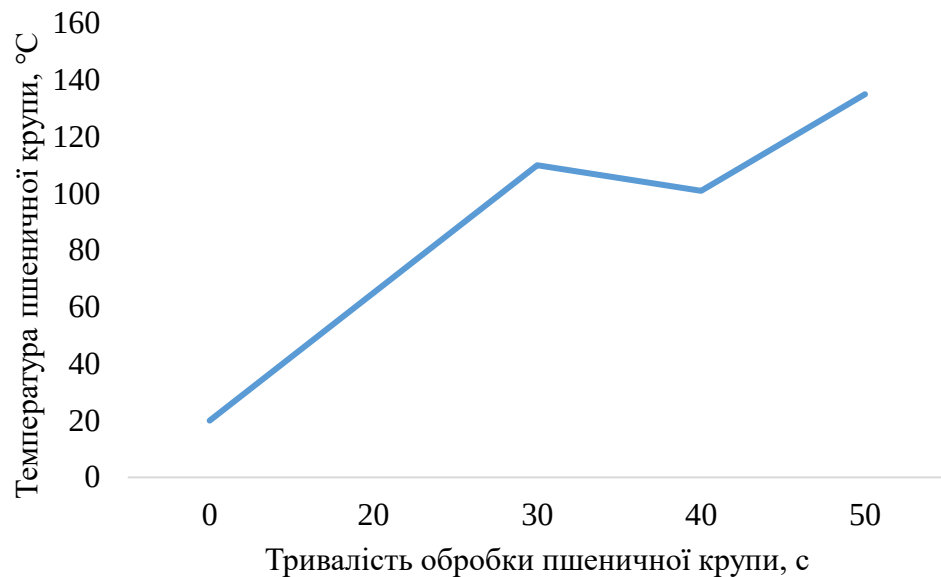


Рисунок 3.3 – Зміна температури пшеничної крупи під час термодеструкції при обробці ІЧ-випромінюванням

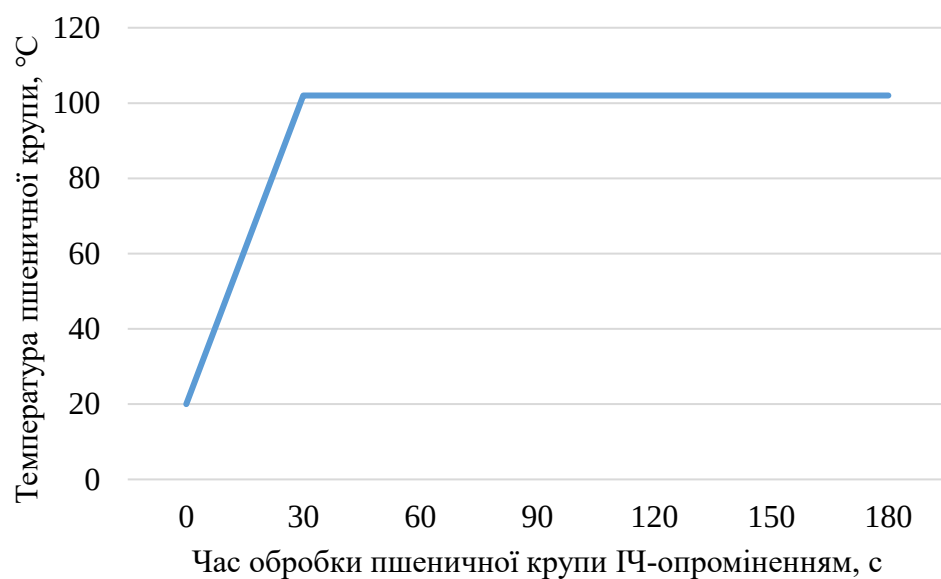


Рисунок 3.4 – Зміна температури пшеничної крупи під час термічної обробки

Щоб підтримувати температуру пшеничної крупи в межах 100 – 102 °C, потужність променевого потоку автоматично зменшували. У процесі зниження вологості автоматично відбувалося зниження потужності інфрачервоного випромінювання, що подається.

Графік зниження потужності променистого потоку ІЧ-опромінювання,

представлений на рисунку 3.5.

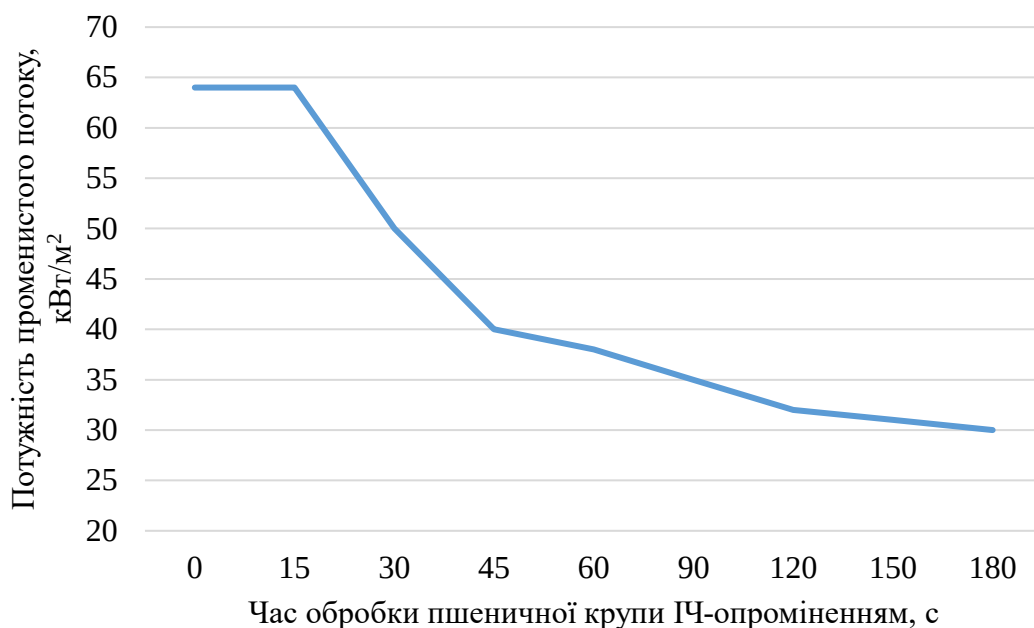


Рисунок 3.5 – Зміна потужності променистого потоку ІЧ-опромінення у процесі теплової обробки пшеничної крупи

Після інтенсивної обробки температура крупи становить 106 – 108 °С, в результаті залпового викиду пари руйнується структура пшеничної крупи, вологість її при цьому знижувалася за 6 – 8 % зі значення 33 – 32 % до 30 – 29 % і крупа набуває пористої структури.

На рисунку 3.6 представлений графік зміни вологості пшеничної крупи у процесі її термообробки ІЧ-опроміненням.

Підтримка даних параметрів теплової обробки пшеничної крупи з вихідною вологістю 32 – 33 % інфрачервоним випромінюванням, дозволяє отримати крупу, після обробки протягом 180 с, з вологістю 22 – 23 % і температурою 98 – 102 °С при цьому крупа набуває пористої структури.

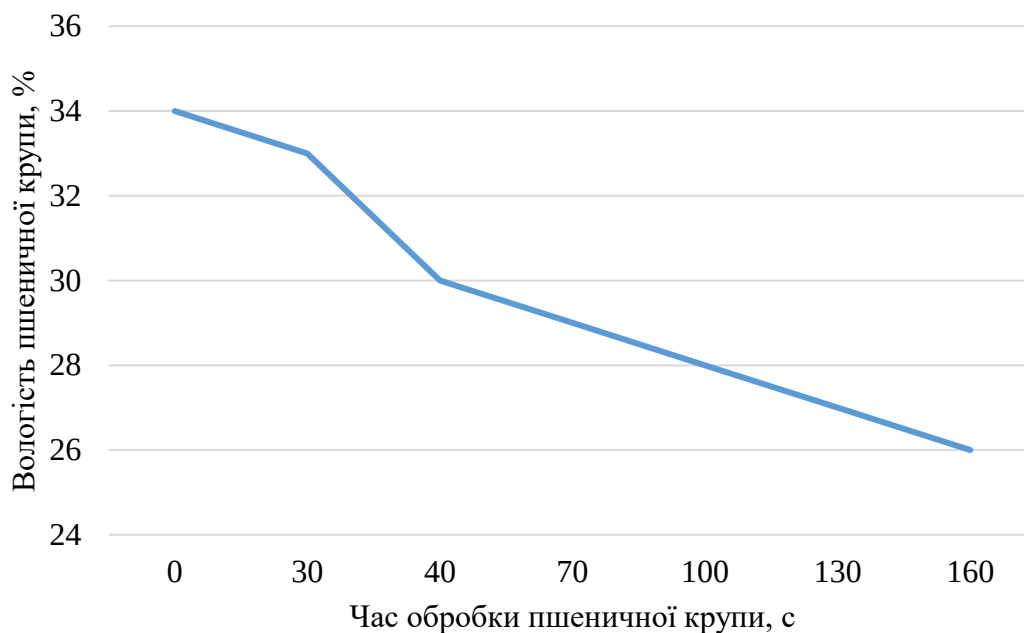


Рисунок 3.6 – Зміна вологості пшеничної крупи в процесі термообробки ІЧ-опроміненням

3.4 Дослідження процесу релаксації пшеничної крупи після термообробки

Пшенична крупа після інфрачервоного оброблення має високу температуру 98 – 102 °С.

Досліджували можливість використання енергії інфрачервоного випромінювання, що набула крупа, з метою додаткової теплової обробки, що включає витримку крупи (темперування) в теплоізовьованому бункері.

Було досліджено вплив часу витримки пшеничної крупи, після інтенсивної інфрачервоної обробки, у термоізовьованому бункері на вологість одержуваного напівфабрикату, ступінь модифікації вуглеводного комплексу, ступінь клейстеризації крохмалю і кількість декстринів, що утворилися.

Критеріями оцінки процесу темперування крупи при високих температурах вибрали зміну вмісту вітамінів B_1 і B_2 .

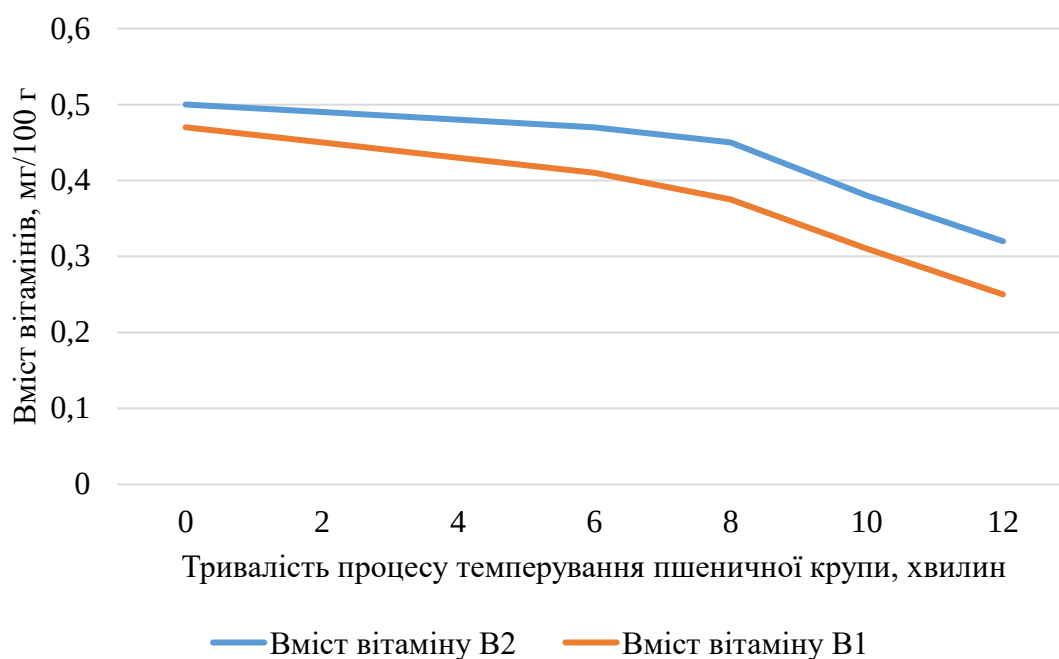


Рисунок 3.7 – Зміна вмісту вітамінів B_1 і B_2 в пшеничній крупі в процесі її темперування в термоізолюваному бункері

В результаті дослідження (рис. 3.7) встановлено, що оптимальний час витримки пшеничного крупи в термоізолюваному бункері становить 8 – 9 хвилин, протягом яких вміст вітамінів B_1 і B_2 змінюється не значно.

При більш тривалому темперуванні вологість пшеничного крупи знижується до значень, при яких вона втрачає свою пластичність і набуває крихких властивостей, що не дозволяє надалі отримати пластівці хорошої якості.

У процесі релаксації (відлежування) температура пшеничної крупи знижувалася зі 102 – 99 °C до 80 – 70 °C. Зміна вологості пшеничної крупи у процесі темперування представлено рисунку 3.8.

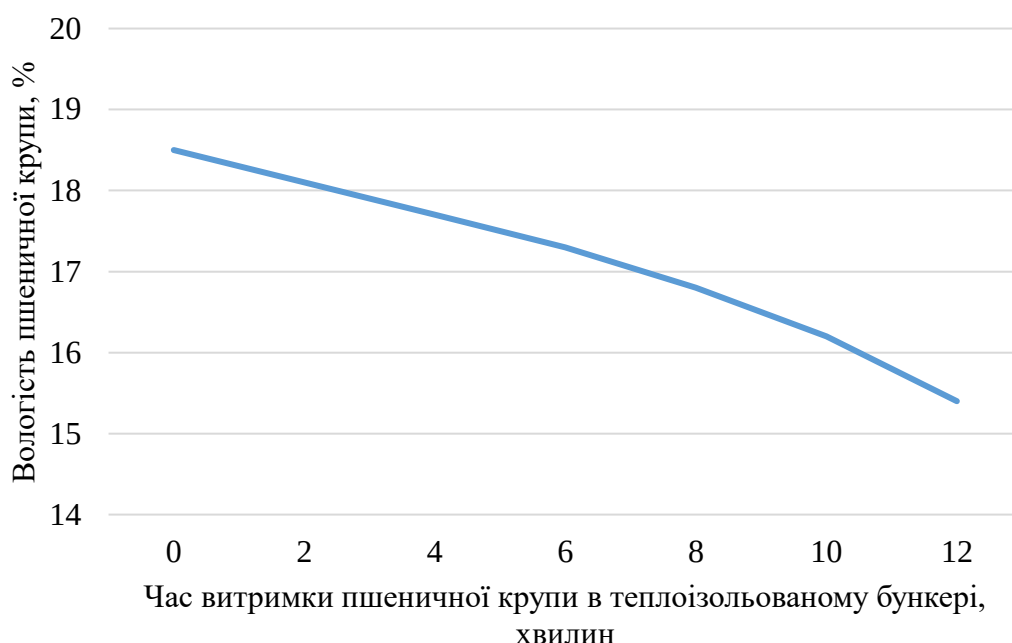


Рисунок 3.8 – Зміна вологості пшеничної крупи в процесі її темперування в термоізолюваному бункері

Вологість пшеничного крупи протягом 8 – 9 хв становила 18 – 19 %, при подальшому темперуванні понад цей час вологість знижується до значень, які дозволяють отримати пластівці при подальшій обробці.

Додаткова теплова обробка збільшує ступінь підготовки круп до споживання та покращує їх кулінарні переваги.

Було досліджено вплив додаткової витримки пшеничної крупи, після інтенсивної інфрачервоної обробки, в термоізолюваному бункері на ступінь модифікації вуглеводного комплексу.

Діаграма зміни кількості декстринів та ступеня клейстеризації крохмалю пшеничної крупи у процесі її темперування представлена на рисунку 3.9.

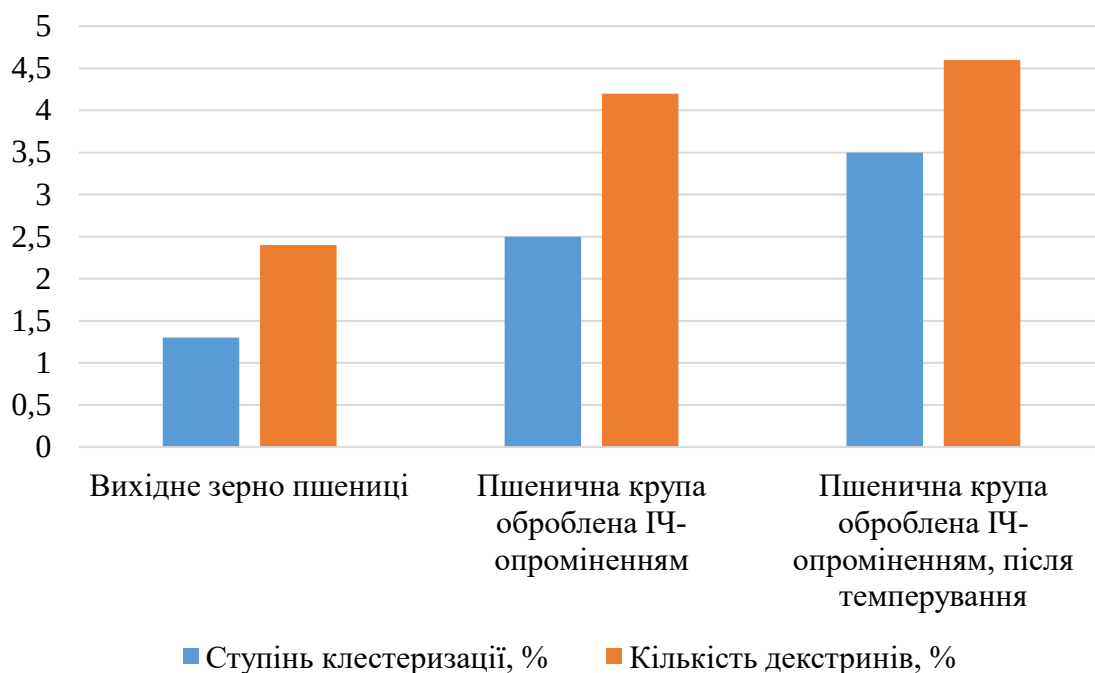


Рисунок 3.9 – Зміна кількості декстринів та ступеня клейстеризації крохмалю пшеничної крупи в процесі її теперування в термоізолюваному бункері

З діаграми рисунку 3.9 помітно, що додаткове теперування сприяє більш повній модифікації крохмалю, що свідчить збільшення ступеня клейстеризації і кількості декстринів.

Як було зазначено вище, водопоглинання крупи обумовлено двома факторами це заповненням пор водою з подальшою її міграцій углиб зерна та адсорбцією її крохмальними зернами.

Гідрофільність крохмалю обумовлена взаємодією з водою через гідроксильні групи. Адсорбційна здатність ґрунтується на властивостях амілози крохмалю утворювати комплекси з деякими сполуками. Цим пояснюється краща безпека окремих вітамінів і смакових речовин у крохмалевмісних продуктах.

Доведено, що набухання крохмалю супроводжується гідратацією макромолекул, ослабленням та руйнуванням водневих зв'язків між ними, при цьому структура крохмальних зерен руйнується.

Відомо, що показник набухання крупи корелює з таким показником якості, як час доведення до готовності (варіння) продукту.

Було вивчено зміну набухання пшеничного крупи у її теплової обробки.

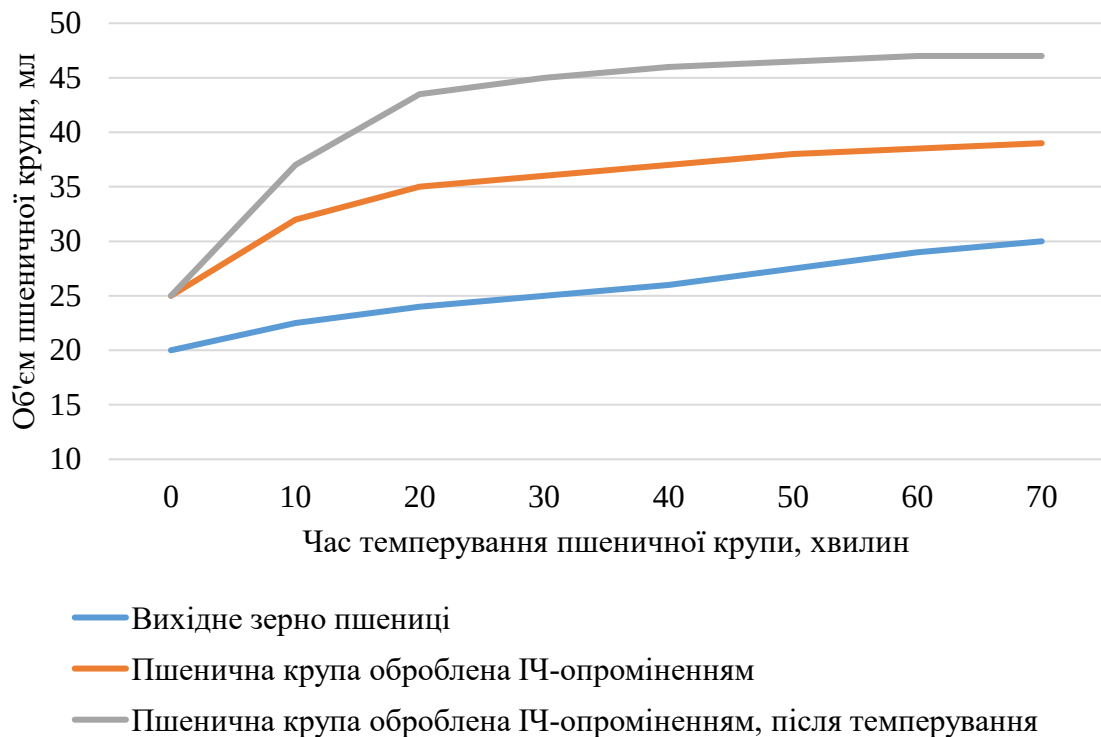


Рисунок 3.10 – Кінетика набухання вихідного зерна пшениці та термообробленої пшеничної крупи

З графіка рисунку 3.10 видно, що криві набухання пшеничної крупи після термообробки лежать значно вище кривої вихідного пшеничного зерна, процес відбувається швидше і значно більшою мірою. Рівноважний стан зразком крупи, підданого додатковому темперування, досягається швидше, ніж зразка пшеничного крупи, що пройшов лише інтенсивну інфрачервону обробку.

Застосування комбінованого методу обробки пшеничної крупи з використанням особливостей інфрачервоного опромінення та додаткової теплової обробки на базі енергії, отриманої крупою в результаті інфрачервоного впливу, дозволяє покращити якісні характеристики продукту.

3.5 Характеристика пшеничної крупи, отриманої по даному способу

Отримана вище описаним способом пшенична крупа може бути висушена до вологості 10 – 12 % за допомогою інфрачервоного випромінювання і використовуватися для приготування гарніру.

В результаті процесу тепмерування підвищується харчова цінність одержуваної пшеничного крупи, в результаті збільшення засвоюваності крохмалю, в ході його деструктивних модифікацій.

На рисунку 3.11 показані якісні показники вихідної пшеничної крупи, варено-сушеної крупи, отриманої за традиційною технологією та пшеничної крупи, отриманої за допомогою ІЧ-опромінення.



Рисунок 3.11 – Якісні показники вихідної пшеничної крупи, варено-сушеної крупи, отриманої за традиційною технологією та пшеничного крупи, отриманої за допомогою ІЧ-опромінення

З діаграми на рисунку 3.11, додаткове теперування дозволяє значно покращити якість продукту порівняно з вихідною пшеничною крупою та варено-сушеними крупами, отриманими за традиційною технологією. Так, значно збільшується ступінь клейстеризації крохмалю в 8 разів у порівнянні з вихідною крупою та в 4 рази в порівнянні з варено-сушеними крупами, які отримують за традиційною технологією. Значно зростає і вміст декстринів з 0,4 % у вихідної

пшеничної крупи, до 14 %, що на 5 % вище, ніж у пшеничної крупи, що зазнала лише інтенсивного інфрачервоного впливу.

Споживча вартість визначається кольором, зовнішнім виглядом і кулінарними характеристиками крупи. Кулінарні властивості крупи описують смак, аромат та структуру, а також тривалість варіння та збільшення об'єму готового продукту.

Каші мають характеризуватися типовим для відповідної крупи смаком і ароматом. Колір страви повинен бути рівномірним, притаманним конкретному сорту крупи.

За густиною каші поділяються на в'язкі або розсипчасті. Нерівномірний процес варіння здебільшого виникає через розмір частинок крупинок або нерівномірну обробку зерна під час виробництва крупи.

Доведено, що тривалість варіння крупи неоднакова і становить від 10 – 15 до 90 хвилин. Крупи, під час приготування яких проводилася гідротермічна обробка, варяться дещо швидше.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика пшеничних круп після різних типів обробки

Найменування показника	Колір	Запах	Смак	Консистенція	Час варіння, хв
Вихідна пшенична крупа	Характерний цьому виду товару			В'язка	40 – 45
Пшенична крупа оброблена ІЧ-опроміненням				Нерозсипчаста	20 – 25
Пшенична крупа піддана темперуванню				Розсипчаста пружна	10 – 12

З таблиці 3.1 видно, що тривалість варіння при використанні додаткового темперування, скорочується в порівнянні з вихідною пшеничною крупою в 4 рази, а в порівнянні з інфрачервоно обробленою – в 2 рази і становить 10 – 12 хв.

3.6 Плющення одержаної пшеничної крупи

3.6.1 Визначення оптимальної товщини пшеничних пластівців

Відомо, що механічна обробка, впливає на цілий ряд параметрів, що визначають якість продукту, таких як, коефіцієнт водопоглинання, вміст водорозчинних речовин і споживчі переваги готового продукту.

Як відомо, клітинні стінки рослинної сировини складаються з клітковини, яку людський організм насилу перетравлює, що робить поживні речовини, що містяться всередині рослинної клітини, важкодоступними для шлункового соку. Механічна обробка, руйнуючи клітинні стінки, полегшує вихід поживних речовин із клітини в екстракт чи відвар. Збільшення поверхні, що виникає в результаті плющення, також сприяє підвищенню швидкості дифузійних і біохімічних процесів.

Досліджено якісні показники пластівців різної товщини; 1,0 – 1,1 мм, 0,5 – 0,6 мм та 0,3 – 0,4 мм.

Основним показником якості проведеної механічної обробки є вихід готового продукту і кількість відходів. Відомості подано у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Гранулометричний склад та вихід пшеничних пластівців, різної товщини

Товщина пластівців, мм	Кількість ламаних пластівців, %	Кількість крупки, %	Кількість мучки, %	Вихід готового продукту, %
1,0	5,9	0,2	0,8	91
0,6	9,7	0,3	0,9	88,5
0,4	22,4	1,3	2,3	51

Найбільший вихід готового продукту спостерігається при товщині пластівців 1,0 мм, а мінімальний – при товщині 0,3 – 0,4 мм.

Проведено дослідження впливу цього фактора на процес набухання, вмісту водорозчинних речовин та кулінарні переваги одержуваних продуктів. Результати

представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Час доведення до готовності пшеничних пластівців

Товщина пластівців, мм	1,0 – 1,1	0,5 – 0,6	0,3 – 0,4
Час варіння, хв	6 – 8	Запарювання у гарячій воді 10 – 12	Запарювання у гарячій воді 8 – 10

Важливо, що пластівці товщиною 0,6 – 0,5 мм і 0,3 – 0,4 мм готові до вживання вже після короткочасного перебування в гарячій воді протягом 10 – 12 хв і 8 – 10 хв відповідно.

3.6.2 Вплив механічної дії на набухання пшеничних пластівців

Основною складовою пшеничної крупи є крохмаль – гідрофільний високополімер, його зерна набухають у воді. Набухання – одна з найважливіших властивостей крохмалю, що впливає на консистенцію готового продукту.

Набухання пшеничної крупи обумовлено розширенням крохмальних зерен розширюватися, під дією термічної обробки, в результаті чого відбуваються розрив і ослаблення водневих зв'язків між крохмальними ланцюгами, від чого вони розсуваються, розгортаються, що призводить до збільшення розмірів крохмального зерна і руйнування його кристал.

Слід зазначити, що крупа є капілярно-пористим тілом, і набухання крупи так само обумовлено заповненням пор водою і пізніше проникненням вглиб зерна. З цієї точки зору, плющення, крім руйнування клітинних стінок, знижує і розмір пір. У результаті набухання механічно оброблених зразків відбувається більшою мірою, ніж цілої крупи.

На рисунку 3.12 представлений графік зміни набухання досліджуваних зразків пшеничних пластівців.

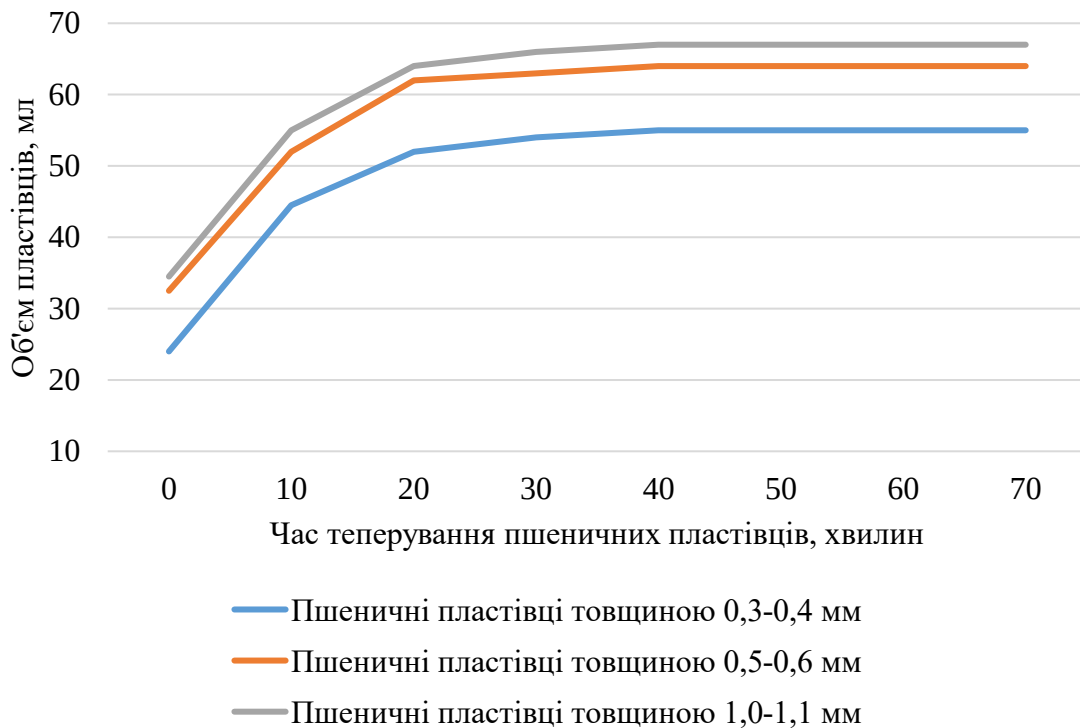


Рисунок 3.12 – Зміна набухання пшеничних пластівців різної товщини

Як видно з графіка рисунку 3.12, величина набухання прямо пропорційно корелює з товщиною отриманих пластівців, так як знижується розмір пір і волога швидше проникає вглиб продукту. Найбільш швидко набухають пластівці, що мають товщину 0,5 – 0,6 мм, найбільш повільно – 1,0 – 1,1 мм. Пластівці товщиною 0,3 – 0,4 мм мають найбільший водопоглинання, але набухання їх відбувається повільно, можна припустити, що це є наслідком їх щільного укладання у вимірювальному циліндрі, тим самим ускладнюється проникання води вглиб шару, через малий розмір відстані між пластівцями.

3.6.3 Вплив товщини плющення пшеничної крупи вміст водорозчинних речовин

Вміст водорозчинних речовин є важливим показником для характеристики поживної цінності та засвоюваності продукту.

Відомо, що застосування механічного впливу на клітини круп'яної сировини підвищує вихід водорозчинних поживних речовин у відвар і цим сприяє поліпшенню перетравлюваності продукту.

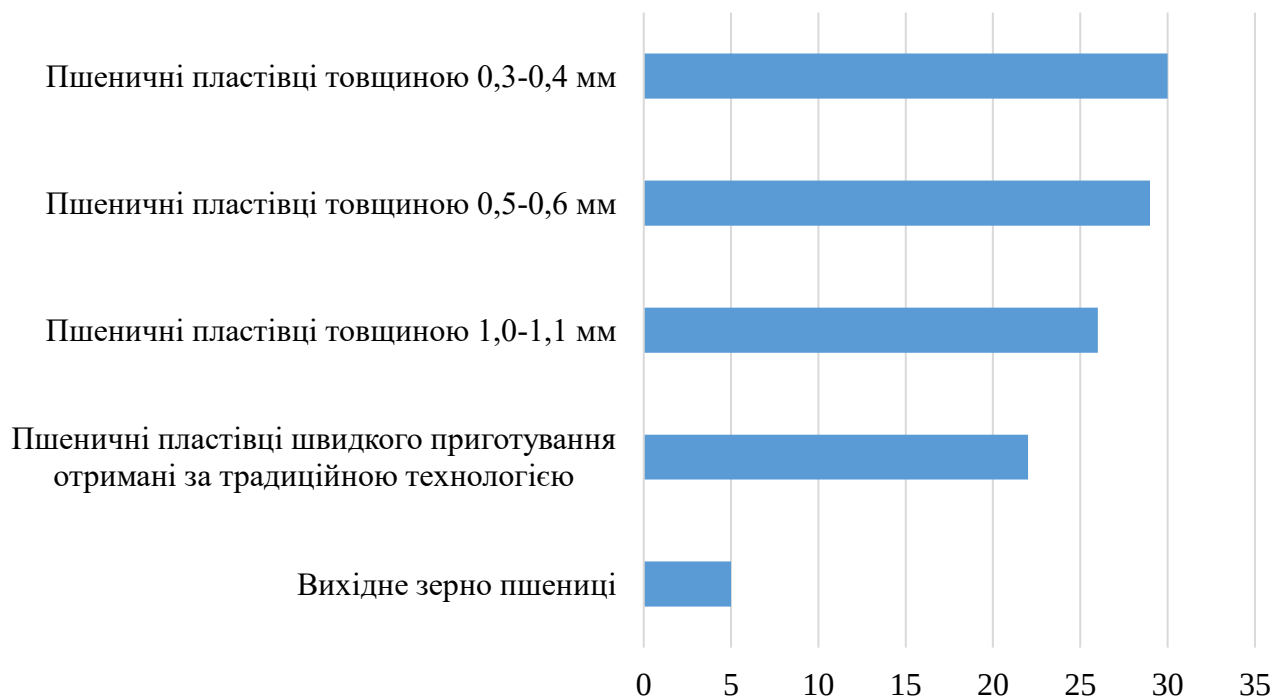


Рисунок 3.13 – Діаграма зміни вмісту водорозчинних сполук в отриманих пшеничних пластівцях

Як видно з діаграми на рисунку 3.13, плющення пшеничної крупи сприяє збільшенню вмісту водорозчинних речовин в одержуваних пластівцях.

Дослідження показали, що найбільш оптимальною товщиною пластівців є товщина 0,5 – 0,6 мм, яка забезпечує низьку кількість відходів в результаті механічної обробки, а також високі якісні показники отриманого продукту.

3.7 Обсмажування пшеничних пластівців для отримання готового продукту до вживання

Для одержання продукту готового до вживання застосовувалася термічна обробка пшеничних пластівців із застосуванням інтенсивної інфрачервоної дії. Обсмажування одержуваних пшеничних пластівців відіграє головну роль у формуванні смаку та аромату готового продукту та визначає органолептичні та якісні показники готового продукту.

3.7.1 Визначення часу обсмажування під впливом інтенсивного інфрачервоного випромінювання

Після механічної обробки отримані пластівці мають вологість 18 – 19 %, що неприпустимо для продукту тривалого зберігання.

Вологість (масова частка води) – це найважливіший показник для оцінки якості сировини, напівфабрикатів та готових продуктів. Кількість води в продукті характеризує його енергетичну цінність. Залежно від вмісту води визначається термін зберігання продукту та його транспортабельність. Надлишок води сприяє протіканню різних ферментативних та хімічних реакцій, активізує діяльність мікроорганізмів, що викликають псування продуктів. Також вологість сировини впливає техніко-економічні показники роботи підприємств.

Обсмажування пшеничних пластівців проводилося під впливом інтенсивного інфрачервоного випромінювання, при потужності променистого потоку 36 – 38 кВт/м². Час обробки пластівців визначали за органолептичними показниками. Графіки зміни температури та вологості пшеничних пластівців представлені на рисунках 3.14 і 3.15.

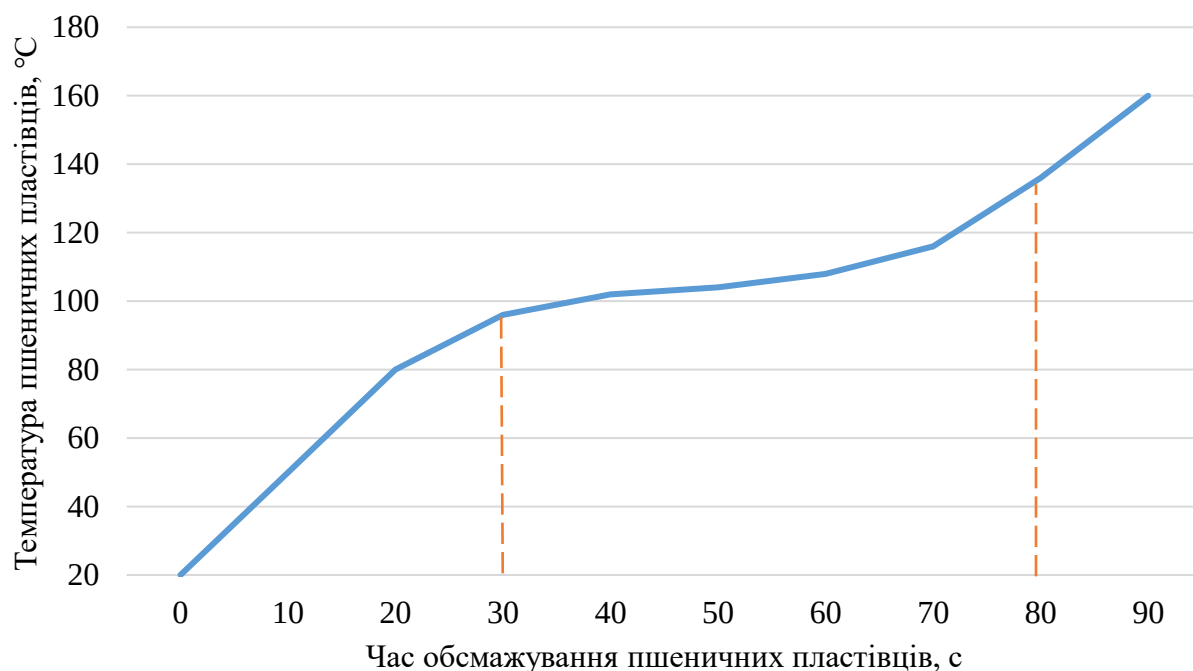


Рисунок 3.14 – Зміна температури пшеничних пластівців у процесі обсмажування

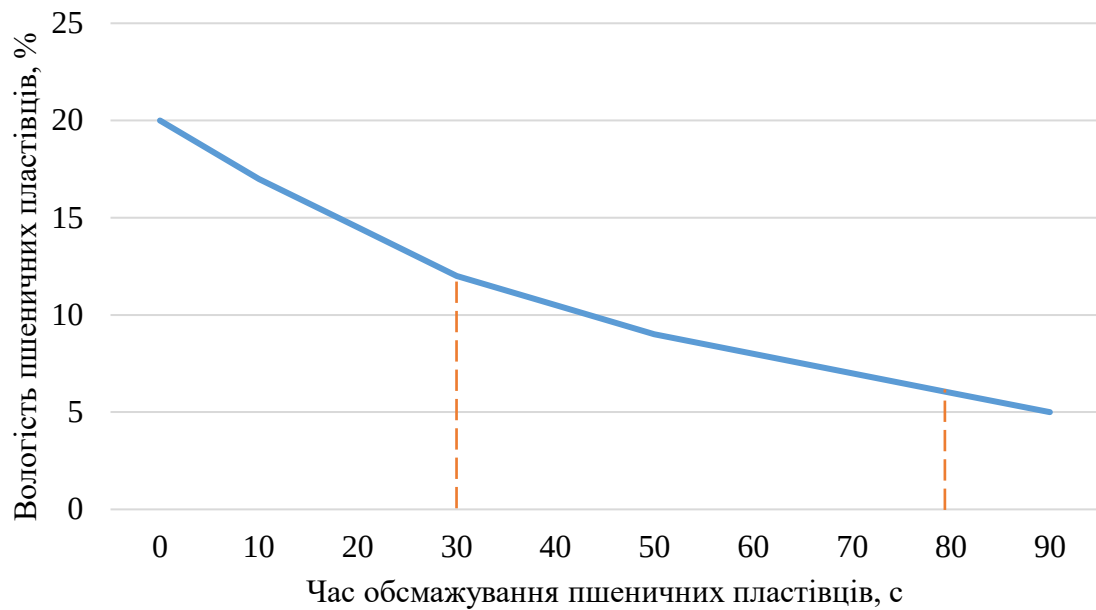


Рисунок 3.15 – Графік зміни вологості пшеничних пластівців у процесі обсмажування

З рисунків 3.14 і 3.15 видно, що на початку процесу обсмажування зразок починає різко втрачати вологу, в результаті чого його вологість знижується з 18 – 19 % до 10 – 12 %, що супроводжується значним підвищенням його температури з 20 °С до 112 °С, при цьому пластівці на відрізку часу з 40 до 80 с мають вологість 6 – 7 %, температура зразка становить 135 – 140 °С.

При подальшому впливі інтенсивного інфрачервоного випромінювання температура пластівців різко зростала до 150 – 160 °С, внаслідок чого порушувалася рівномірність обсмажування і відбувалося часткове обгорання поверхні.

Таким чином, оптимальним часом обсмажування пшеничних пластівців для надання властивостей продукту, готового до вживання, становить 75 – 80 с. В результаті пшеничні пластівці мають ніжну повітряну структуру, приємний аромат і колір.

3.7.2 Вплив обсмажування на характер набухання готового продукту

Набухання є важливою технологічною властивістю зернових культур, що впливає на час приготування та консистенцію готового продукту в процесі

приготування.

Було досліджено кінетику водопоглинання обсмажених пшеничних пластівців готових до вживання.

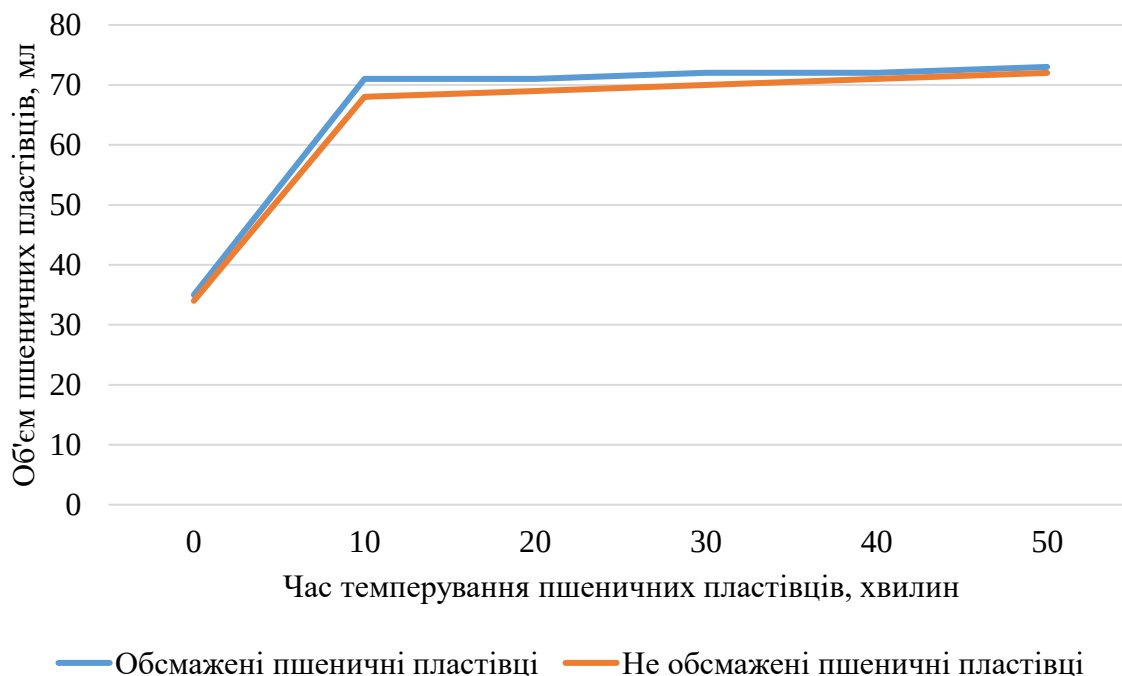


Рисунок 3.16 – Зміна набухання пшеничних пластівців до та після обсмажування під впливом інтенсивного інфрачервоного випромінювання

Графіки рисунку 3.16 показують, що після обсмажування пшеничні пластівці досягають найбільшого набухання (водопоглинання) набагато швидше, ніж не обсмажені. Ця властивість обумовлена легшою і пористою структурою пластівців після процесу обсмажування, рідина легко проникає в глиб продукту, що сприяє значному скороченню часу доведення продукту до готовності.

3.8 Якісна характеристика пшеничних пластівців готових до вживання

Відомо, що термічна та гідротермічна обробка призводить до різних змін біохімічних властивостей зерна та продуктів його переробки, а також до підвищення поживної цінності одержуваних продуктів.

Продукти переробки пшениці на 63 – 68 % складаються з крохмалю, тому

найбільше значення у формуванні якості готового продукту є модифікації вуглеводного комплексу зерна пшениці.

В результаті термічної обробки та механічного впливу відбуваються зміни вуглеводного комплексу, зокрема, у пластівцях підвищується вміст водорозчинних речовин, в основному, за рахунок декстринів.

Декстринізація крохмалю може бути проведена різними методами: обробка кислотою, ферментами, нагріванням, а також при комбінуванні будь-яких цих засобів. На відміну від процесу клейстеризації, декстринізація крохмалю визначається мінімальним набуханням його гранул, що супроводжується частковою або повною їхньою деструкцією, ступінь якої залежить від параметрів термообробки. В результаті декстринізації крохмалю відбуваються зміни у його фізико-хімічних характеристиках, зокрема збільшується концентрація водорозчинних сполук.

При клейстеризації та декстринізації крохмалю відбувається зменшення його вмісту та молекулярної маси. Кінцевим продуктом гідролізу крохмалю є мальтоза.

Якісні характеристики отриманих пшеничних пластівців та вихідної пшеничної крупи представлені на рисунку 3.17.

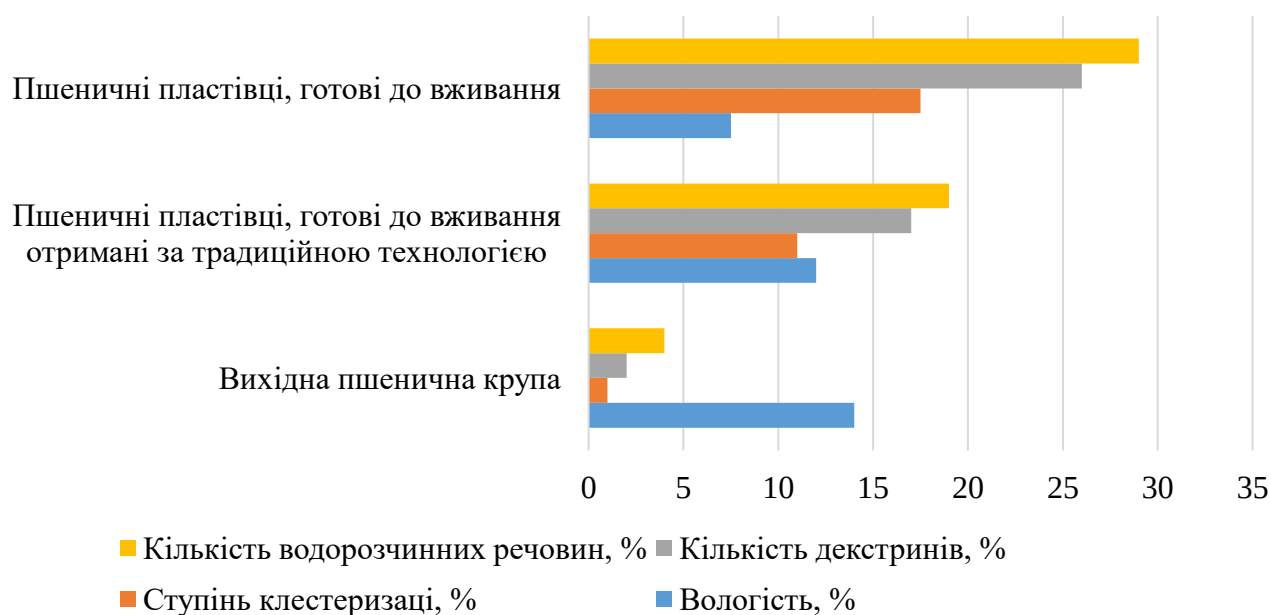


Рисунок 3.17 – Якісні характеристики отриманих пшеничних пластівців та вихідної пшеничної крупи

Аналіз результатів проведених досліджень показує, що проведена технологічна обробка пшеничної крупи сприяє перебігу різних модифікацій вуглеводного комплексу пшеничної крупи в повному обсязі.

Ступінь клейстеризації крохмалю у пшеничних пластівців, отриманих за описаною технологією, становить 18,5 %, після обсмажування, що на 10 % більше ніж у пшеничних пластівців швидкого приготування, отриманих за традиційною технологією, і в 10 разів перевищує їх кількість у вихідній пшеничній крупі. Також збільшується кількість декстринів з 17 % у пластівців готових до вживання, до 26 % у отриманих пшеничних пластівців. Дані зміни структури крохмалю підвищують його атаку амілолітичними ферментами.

Вміст водорозчинних речовин збільшується в 5 разів у порівнянні з вихідною крупою, і в 1,5 рази в порівнянні з пластівцями швидкого приготування, отриманими за традиційною технологією, що підвищує засвоюваність готового продукту.

Слід зазначити, що пшеничні пластівці, готові до вживання, мають низьку вологість 6 – 7 %, що набагато нижче, ніж у пшеничної крупи і пластівців швидкого приготування. Це забезпечує високу поживну цінність, а також тривалий термін зберігання.

Проведені дослідження дозволили розробити технологію виробництва пшеничних пластівців, готових до вживання, з високими якісними та органолептичними показниками. Обсмажування дає можливість отримати легкозасвоюваний продукт з ніжною хрусткою консистенцією та приємним ароматом. Наявність у пластівцях з пшениці алейронового шару та великої кількості периферійних оболонок надає продукту дієтичних властивостей та функціонального призначення.

Порівняльна характеристика споживчих переваг отриманого продукту приведена в таблиці 3.18.

Таблиця 3.18 – Порівняльна характеристика споживчих переваг отриманого продукту

Продукт	Показники			
	Вологість, %	Органолептичні показники		
		Колір	Запах	Смак, консистенція
Пластівці пшеничні, отримані за традиційною технологією	10 – 12	Світло-бежевий, рівномірний	Характерний аромат пшениці	Хрусткі пластівці, смак, що відповідає даному виду продукту
Пластівці пшеничні обсмажені	6 – 7	Золотистий зі світло-коричневими краплями	Має приємний аромат горіхів	Хрусткі пластівці, смак приємний солодкуватий, з присмаком топленого молока

Висновки за розділом

Встановлено оптимальні параметри пшеничної крупи як підготовчого етапу до інтенсивної теплової обробки:

- оптимальна вологість пшеничної крупи перед термічною обробкою має становити 33 – 35 %;
- час обробки крупи з вихідною вологістю 13 – 15 % для досягнення нею необхідної вологості становить 4 – 5 хвилин при температурі 40 °С;

Запропоновано режими теплової обробки пшеничної крупи, яка проводилася інфрачервоним випромінюванням із щільністю променистого потоку 48 – 50 кВт/м² з подальшим зниженням потужності випромінювання та підтримкою температури 99 – 102 °С протягом 120 с.

Визначено параметри додаткової теплової обробки пшеничної крупи, оптимальний час витримки її в термоізовованому бункері крупи становить 6 – 8 хвилин при температурі 98 – 100 °С для поліпшення санітарно-гігієнічних показників.

Визначено оптимальну товщину пластівців при подальшій механічній обробці – 0,5 – 0,6 мм.

Виявлено режими обсмажування отриманих пшеничних пластівців до готовності з використанням інфрачервоного випромінювання, таким чином час обсмажування становить 80 с при потужності променистого потоку 48 – 50 кВт/м².

Визначено функціональні та фізико-хімічні властивості одержуваних продуктів, крупи швидкого приготування, пластівців, що не потребують варіння і пластівців, готових до вживання, а також кулінарні переваги готових до вживання пластівців.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Розроблення картки з охорони праці для працівників цеху з виробництва пшеничних пластівців

У таблиці 4.1 приведено карту безпеки праці виробництва пшеничних пластівців, готових до вживання. Така карта допомагає ідентифікувати потенційні ризики на кожному етапі виробництва й передбачає заходи безпеки для зниження цих ризиків.

Таблиця 4.1 – Карта безпеки праці: Виробництво пшеничних пластівців

Етап виробництва	Потенційні небезпеки	Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)	Організаційні заходи	Технічні засоби безпеки
Прийом сировини	Пил, фізичне травмування	Респіратор, рукавички	Інструктаж з охорони праці	Системи вентиляції, закриті транспортні лінії
Очищення зерна	Запилення, шум	Навушники, захисні окуляри	Контроль рівня шуму	Пиловловлюючі установки
Гідротермічна обробка	Опіки, висока температура	Термостійкий одяг, рукавиці	Знаки попередження	Теплоізоляція обладнання
Сушіння	Перегрів, пожежа	Вогнетривкий одяг, ЗІЗ	Контроль температури	Системи пожежогасіння
Плющення	Механічні травми	Рукавички, щитки	Заборона ручного втручання під час роботи обладнання	Захисні екрани, аварійні кнопки
Упакування	Порізи, пил	Рукавички, маска	Інструктаж, регулярне прибирання	Витяжна вентиляція
Складське зберігання	Падіння вантажів, спотикання	Захисне взуття, шолом	Маркування зон, обмеження доступу	Системи зберігання з обмеженням навантаження

Рекомендації керівникам підприємств:

- проводити регулярне навчання персоналу;
- ведення журналу інцидентів для аналізу й профілактики;
- впровадження та застосування системи НАССР для харчової безпеки.

4.2 Утилізація відходів під час виробництва зернових пластівців

Під час виробництва зернових пластівців утворюється кілька видів відходів, зокрема органічні (лузга, оболонки зерен, бракована продукція), пакувальні матеріали та побічні продукти. Основні шляхи утилізації таких відходів поділяються на кілька категорій:

1. Органічні відходи (лузга, пил, бракована продукція):

- компостування – природний процес біорозкладання з метою створення органічного добрива;
- корм для тварин – висівки, дроблене зерно, неякісні пластівці використовуються як добавка до корму;
- біогазові установки – переробка у біогаз шляхом анаеробного зброджування;
- виробництво пелет або брикетів – органічні залишки висушують і пресують для використання як паливо.

2. Відходи пакувальних матеріалів:

- рециклінг – вторинна переробка паперу, картону, пластику (за умови сортування);
- енергетична утилізація – спалювання з отриманням теплової енергії (менш екологічно, але можливо для нехарчових решток);
- передача на переробні підприємства – налагодження логістики з утилізаційними компаніями.

3. Відходи водоочищення та стічні води:

- біологічна очистка – використання очисних станцій з мікроорганізмами;

- повторне використання технічної води – замкнені цикли в технологічному процесі.

4. Інші підходи до мінімізації відходів:

- оптимізація виробництва – впровадження технологій точного дозування сировини, автоматичне сортування та контроль якості;
- впровадження концепції zero waste – стратегія мінімізації відходів на кожному етапі;
- аудит відходів – визначення обсягів і потенціалу переробки;
- співпраця з місцевими фермерськими господарствами та переробниками;
- реєстрація в системі обліку відходів згідно із законодавством.

Висновки за розділом

Розроблено карту безпеки праці для працівників виробництва пшеничних пластівців. Проаналізовано різні способи утилізації відходів, які утворюються в процесі виготовлення зернових пластівців.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Витрати на проведення досліджень

Створений кошторис видатків є фундаментом для встановлення фінансової необхідності, що стосується виконання наукових досліджень. Береться до уваги низка елементів, таких як витрати на матеріальні засоби, енергоспоживання, винагороди співробітникам, амортизаційні відрахування та загальногосподарські витрати.

Витрати на основні та допоміжні матеріали визначаються за такою формулою:

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

де m_1 – кількість витраченого матеріалу;

C_1 – вартість одиниці витраченого матеріалу, грн/кг.

У таблиці 5.1 подано результати обчислень вартості матеріалів.

Таблиця 5.1 Необхідні основні матеріали та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Крупа пшенична, кг	20	50,00	1000,00
Всього			1000,00

Таблиця 5.2 містить результати обчислення витрат на заробітну плату учасників дослідження, яка визначається шляхом множення середньої погодинної оплати праці на загальну кількість відпрацьованих годин.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на заробітну плату учасників наукового дослідження

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

Нарахування на заробітну плату, що підлягає єдиному соціальному внеску, визначається у розмірі 22% від загальної суми оподаткування:

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

Розрахунок вартості спожитої електроенергії здійснюється за наступною формулою:

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

де M – загальна потужність лабораторного устаткування, кВт;

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

T – час роботи дослідного устаткування, год;

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

Витрати на енергоспоживання обладнання, що використовується для механічної обробки крупи (плющення):

$$E_{\text{плющення}} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 6,4 = 230,4 \text{ грн.}$$

Витрати на енергоспоживання обладнання, що використовується для ГТО круп'яного зерна:

$$E_{\text{ГТО}} = 3,5 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 6,4 = 483,84 \text{ грн.}$$

Витрати на енергоспоживання обладнання, що використовується для ІЧ-опромінення круп'яного зерна:

$$E_{\text{ІЧ-опромінення}} = 5,0 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 6,4 = 691,2 \text{ грн.}$$

Вартість витрат електроенергії на ПК:

$$E_{\text{п.к.}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 200 \cdot 6,4 = 1038,8 \text{ грн.}$$

Сумарні затрати на електроенергію:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{плющення}} + E_{\text{ГТО}} + E_{\text{ІЧ-опромінення}} + E_{\text{п.к.}} = 230,4 + 483,84 + 691,2 + 1038,8 = 2444,24 \text{ грн.}$$

На основі рівняння 5.3 розраховується сума амортизаційних витрат на обладнання, задіяне під час проведення дослідження:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (5.3)$$

де A – відрахування на амортизацію обладнання, грн;

Φ – вартість обладнання, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – тривалість року.

Результати розрахунків амортизаційних відрахувань подано в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків витрат на амортизацію обладнання

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Плющильний верстат	56800,0	10	2	31,12
Установка ГТО	38000,0	10	3	31,23
Установка ІЧ-опромінення	43256,0	10	3	35,55
Персональний комп'ютер	20800,0	24	25	341,91
Всього				439,81

Накладні витрати, що стосуються технічного обслуговування та організації виробничого процесу, охоплюють виплати обслуговуючому та адміністративному персоналу. Витрати на технічне обслуговування обладнання становлять 80 % від розрахункової заробітної плати дослідника:

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

Розрахункова вартість проведення лабораторного дослідження приведена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахункова вартість дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали (ОМ)	1000,00
Заробітна плата (ЗП)	741,00
Нарахування на заробітну плату (НЗП)	163,02
Електроенергія (Е)	2444,24
Амортизація (А)	439,81
Накладні витрати (НВ)	592,80
Всього	5380,87

На основі проведеного аналізу, основними та найзначущими витратами є витрати на основні матеріали та електроенергію, які займають провідні позиції у загальній структурі витрат.

5.2 Визначення вартості дослідження

Оскільки дослідження має фундаментальний характер, розрахунок вартості здійснювався з урахуванням витрат та очікуваної прибутковості від його проведення:

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

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 5380,87 + \frac{30 \cdot 5380,87}{100} = 6995,13 \text{ грн.}$$

Загальна сума витрат, пов'язаних із проведенням досліджень, становить 6995,13 грн.

Висновки за розділом

На підставі здійсненого аналізу з'ясовано, що ключовими та найбільш вагомими видатками є витрати на основні матеріали (1000,00 грн) та витрати на електроенергію (2444,24 грн), котрі утримують передові місця у загальній структурі витрат.

Загальна сума витрат, пов'язаних із проведенням досліджень, становить 6995,13 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Запропоновано енергозберігаючу технологію виробництва пшеничних пластівців, готових до вживання з використанням ІЧ-випромінювання, яка дозволяє в 2,5 рази знизити витрати порівняно з традиційною технологією виробництва готових до вживання зернових пластівців.

2. Встановлено оптимальні параметри пшеничної крупи як підготовчого етапу до інтенсивної теплової обробки:

- оптимальна вологість пшеничної крупи перед термічною обробкою має становити 33 – 35 %;

- час обробки крупи з вихідною вологістю 13 – 15 % для досягнення нею необхідної вологості становить 4 – 5 хвилин при температурі 40 °С;

3. Запропоновано режими теплової обробки пшеничної крупи, яка проводилася інфрачервоним випромінюванням із щільністю променистого потоку 48 – 50 кВт/м² з подальшим зниженням потужності випромінювання та підтримкою температури 99 – 102 °С протягом 120 с.

4. Визначено параметри додаткової теплової обробки пшеничної крупи, оптимальний час витримки її в термоізовованому бункері крупи становить 6 – 8 хвилин при температурі 98 – 100 °С для поліпшення санітарно-гігієнічних показників.

5. Визначено оптимальну товщину пластівців при подальшій механічній обробці – 0,5 – 0,6 мм.

6. Виявлено режими обсмажування отриманих пшеничних пластівців до готовності з використанням інфрачервоного випромінювання, таким чином час обсмажування становить 80 с при потужності променистого потоку 48 – 50 кВт/м².

7. Визначено функціональні та фізико-хімічні властивості одержуваних продуктів, крупи швидкого приготування, пластівців, що не потребують варіння і пластівців, готових до вживання, а також кулінарні переваги готових до вживання пластівців.

8. Розроблено карту безпеки праці працівників цеху з виробництва пшеничних пластівців, розглянуто шляхи утилізації відходів під час виробництва зернових пластівців.

9. На основі проведеного аналізу встановлено, що основними та найзначущими витратами є витрати на основні матеріали (1000,00 грн) та витрати електроенергію (2444,24 грн), які займають провідні позиції у загальній структурі витрат.

10. Загальна сума витрат, пов'язаних із проведенням досліджень, становить 6995,13 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. 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.
2. 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.
3. Подпрятів Г.І., Скалецька Л.Ф. Технологія виробництва борошна, крупи та олії. К.: Видавництво НАУ, 2000. 200 с.
4. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. К.: Віпол, 1998. 164 с.
5. Шатенко Є. І., Соц С.М. Технологія круп'яного виробництва. К.: Освіта України, 2010. 272 с.
6. 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.
7. Aliiev Elchyn, Gavrilchenko 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).
8. 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).

9. 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).

10. 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).

11. 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.

12. Thomson, W. H., Pomerang, Y. (1991). Classification of wheal kernels using three-dimensional image analysis. Cereal Chem. 68. № 34. P. 357-361.

13. Kiratiratanapruk K., Sinthupinyo, W. (2011). Color and texture for corn seed classification by machine vision. Int. Symp. Intell. Signal Process. Commun. Syst. "The Decad. Intell. Green Signal Process. Commun. ISPACS. P. 7-11.

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

15. Mira Park, Jesse S. Jin, Sherlock L. Au, Suhuai Luo, Yue Cui1 (2009). Automated Defect Inspection Systems by Pattern. Recognition International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition. Vol. 2. No. 2. P. 31-41.

16. Galling Michael John, Deefholts Murray Benedict Mark. (1981). Sorting objects. Gunson`s Sortex Ltd. Заявка Великобритани, кл. В 07 С 5/02, G 01 N 21/00, НКІ. G 1 А. Заявл. 19.01.81, N 8101542. Опубл. 28.07.82.

17. 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.

18. Mohammad Reza Seifi, Reza Alimardani. (2010). Moisture-Dependent Physical Properties of Sunflower Seed (SHF8190). Modern Applied Science. Vol. 4, No. 7. Published by Canadian Center of Science and Education. P. 135-143.
19. 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.
20. Gupta R. K., Das, S. K. (1997). Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural Engineering Research. № 66. P. 1-8.
21. Jafari S. (2008). Design and construction a laboratory sunflower seed dehuller machine. A thesis submitted to Graduate Studies Office in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Mechanic of Agricultural Machinery. Tehran, Iran, (in farsi).
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.
26. 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-lekciye-book-5.pdf>.

27. 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.

28. Одарченко М.С. Основи охорони праці: підручник. Х.: СтильІздат, 2017. 334 с.

29. 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.

30. 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.