

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня «Магістр»
на тему:

**Визначення функціонально-технологічних
властивостей мікронізованих зернових
пластівців**

Виконала: здобувачка вищої освіти 2 курсу,
групи МгХТз-1-23
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Інна ГЕРАСИМЕНКО

Керівник: _____ Ірина ХОЛОБЦЕВА

Рецензент: _____

Дніпро 2024

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій
Ступінь вищої освіти: «Магістр»
Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»
Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

(підпис)

«11» листопада 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Герасименко Інні Михайлівні

1. Тема роботи: «Визначення функціонально-технологічних властивостей мікронізованих зернових пластівців».
Керівник роботи: Холобцева Ірина Петрівна, докторка філософії, доцентка, затвержені наказом закладу вищої освіти від «11» листопада 2024 року № 3768.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 16 грудня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи 1 Літературні джерела та періодичні видання. 2 Наукова та науково-технічна документація, що стосується питань термічної обробки житніх та ячмінних пластівців методом мікронізації. 3 Нормативно-технологічна документація та правила ведення технологічних процесів на елеваторах. 4 Патенти та авторські свідоцтва.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд. 2 Об'єкти та методи проведення досліджень. 3 Дослідна частина роботи. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Мета та задачі досліджень. 2 Результати досліджень та їх аналіз. 3 Кошторис витрат на проведення досліджень. 4 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 3	доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	11.11.2024	16.12.2024
4	доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	11.11.2024	16.12.2024
5	доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	11.11.2024	16.12.2024

7. Дата видачі завдання 11 листопада 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	11.11-13.11.24	виконано
2	Аналітичний огляд	14.11-18.11.24	виконано
3	Об'єкти та методи проведення досліджень	19.11-20.11.24	виконано
4	Дослідна частина роботи	20.11-12.12.24	виконано
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	07.12-08.12.24	виконано
6	Організаційно-економічна частина	09.12-12.12.24	виконано
7	Загальні висновки та список джерел посилання	13.12-14.12.24	виконано
8	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	15.12.2024	виконано

Здобувачка вищої освіти _____ Інна ГЕРАСИМЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Ірина ХОЛОБЦЕВА
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи містить: 68 сторінок друкованого тексту, 18 рисунків та ілюстрацій, 20 таблиць та використано 52 літературних джерела посилань.

Метою роботи є дослідження процесу мікронізації ячмінних і житніх пластівців, вивчення їх функціонально-технологічних властивостей.

Об'єктами дослідження були мікронізовані пластівці жита та ячменю.

Предметом дослідження були функціонально-технологічні властивості житніх та ячмінних мікронізованих пластівців та кулінарна продукція на їх основі.

Застосування ІЧ-випромінювання є ефективним напрямом інтенсифікації технологічних процесів у переробній промисловості, що дозволяє отримати продукти з високою поживною цінністю та покращеною якістю. ІЧ-обробка зерна і зернопродуктів може застосовуватися як самостійний вид обробки, так і як окрема операція в різних технологічних процесах. До основних результатів ІЧ-обробки можна віднести: зміна геометричних параметрів зерна, знезараження та інактивація в ньому шкідливих речовин, підвищення поживної цінності (трансформація крохмалю в легкозасвоювані декстрини), зміна фізико-механічних та технологічних властивостей.

Ключові слова: ЗЕРНО, СОРГО, ЗНЕЗАРАЖЕННЯ МІКРОНІЗАЦІЯ, ТЕМПЕРАТУРА, ТРИВАЛІСТЬ, ПРОЦЕС, ПОЖИВНА ЦІННІСТЬ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ДОСЛІДЖЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	9
1.1 Аналіз методів гідротермічної обробки зерна	9
1.2 Перспективи кулінарного використання житніх та ячмінних мікронізованих пластівців	16
Висновки за розділом	18
2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	20
2.1 Об'єкти дослідження	20
2.2 Методи дослідження	20
Висновки за розділом	23
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА РОБОТИ	24
3.1 Органолептична оцінка житніх і ячмінних мікронізованих пластівців	24
3.2 Дослідження зміни вологості зерна жита та крупи ячменю при переробці їх у мікронізовані та контрольні пластівці	25
3.3 Вивчення зміни вмісту білків у зерні жита та крупі ячменю та їх амінокислотного складу при переробці у мікронізовані та контрольні пластівці	27
3.4 Дослідження зміни вуглеводного комплексу зерна жита та крупи ячменю при переробці їх у мікронізовані пластівці та контрольні пластівці	31
3.5 Дослідження зміни вмісту жиру в зерні жита та крупі ячменю при переробці їх у мікронізовані пластівці та контрольні пластівці	35
3.6 Зміна вмісту водорозчинних речовин зерна жита та крупи ячменю при переробці їх у мікронізовані та контрольні пластівці	36
3.7 Зміна мінерального складу зерна жита та крупи ячменю при переробці їх у мікронізовані пластівці та традиційні пластівці	38
3.8 Функціонально-технологічні властивості житніх та ячмінних мікронізованих та контрольних пластівців	40
3.9 Водопоглинальна здатність або ступінь набухання пластівців у воді та молоці	43

3.10 Швидкість поглинання вологи мікронізованими та контрольними пластівцями	47
3.11 Зміна щільності зерна жита та крупи ячменю при переробці їх у мікронізовані та контрольні пластівці	53
Висновки за розділом	55
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	57
4.1 Розробка карти безпеки праці	57
4.2 Шляхи утилізації відходів, які утворюються під час мікронізації зернових пластівців	58
Висновки за розділом	60
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	61
5.1 Організація проведення дослідження	61
5.2 Витрати на проведення дослідження	62
5.3 Розрахунок вартості дослідження	64
Висновки за розділом	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	66
БІБЛІОГРАФІЯ	67

Продуктам переробки зерна належить провідна роль у забезпеченні харчування населення. Їхня харчова цінність пояснюється високим вмістом білка, вуглеводів, вітамінів, харчових волокон, мікроелементів. Серед потенційних джерел місцевої зернової сировини, що володіє високою харчовою цінністю, але не достатньо використовуються в харчовій індустрії, необхідно виділити зерно жита та ячменю. Фактичне споживання зернових, у тому числі хлібопродуктів залишається дуже низьким – лише 170 г на добу у перерахунку на борошно. У цьому відзначається дисбаланс структури харчування населення, який супроводжується дефіцитом основних груп вітамінів, харчових волокон, мінералів. Основною причиною, що обмежує попит на круп'яні вироби є тривалість теплової обробки. Слід зазначити, що ячмінна крупа найменш затребувана через невисокі смакові якості, а зерно жита, донедавна, використовувалося лише для борошна.

Для скорочення часу варіння крупу піддають додатковій механічній, термічній або гідротермічній обробкам. Поява прогресивних технологій переробки зерна, наприклад, мікронізації (ІЧ-обробка), істотно скорочує час приготування круп та змінює їх технологічні, біохімічні та споживчі властивості. В результаті виходять зернові продукти швидкого приготування. У процесі інфрачервоного нагрівання змінюється мікроструктура крупи, відбувається клейстеризація та декстринізація крохмалю, м'яка денатурація білків, тоді як вітамінний комплекс повністю зберігається.

Підвищення пластичності зерна в процесі мікронізації дозволяє отримувати пластівці з більшою питомою поверхнею в порівнянні з пластівцями, виробленими за традиційною технологією. З цих причин основні способи теплової обробки для мікронізованих пластівців непридатні: вони швидко розварюються, втрачають структуру і перетворюються на гомогенну масу. Тому актуальним є використання мікронізованих пластівців для кулінарної продукції з урахуванням їх функціонально-технологічних властивостей.

Метою роботи є дослідження процесу мікронізації ячмінних і житніх пластівців, вивчення їх функціонально-технологічних властивостей.

У зв'язку з цим потрібно вирішити такі завдання:

- вивчити хімічний склад мікронізованих житніх та ячмінних пластівців;
- вивчити функціонально-технологічні властивості мікронізованих житніх та ячмінних пластівців;
- розробити рецептури та технології кулінарної продукції з мікронізованих житніх та ячмінних пластівців;
- вивчити фізико-хімічні показники кулінарної продукції з мікронізованих житніх та ячмінних пластівців.
- виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єктами дослідження були мікронізовані пластівці жита та ячменю.

Предметом дослідження були функціонально-технологічні властивості житніх та ячмінних мікронізованих пластівців та кулінарна продукція на їх основі.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Аналіз методів гідротермічної обробки зерна

Крупа є щоденним харчовим продуктом та використовується у всьому світі для приготування найрізноманітніших страв.

На світовому ринку продуктів із зерна виділяють 5 основних груп:

- цілі крупи із зерна, очищеного від квіткової плівки та лушпиння, за традиційною технологією, тривалість варіння від 30 хв до 2 год залежно від їх природних якостей;
- цілі крупи та пластівці, що пройшли додаткову теплову обробку, тривалість варіння 10 – 25 хв;
- швидкорозварювані крупи і пластівці, тривалість варіння 1 – 10 хв;
- інстант-продукти, зернові пластівці, які не вимагають варіння, що відновлюються при заварюванні їх киплячою водою або молоком протягом 5 – 7 хв у теплоізолюваному посуді;
- зернові пластівці екструзійної технології або додатково обсмажені – готові сніданки.

Щоб прискорити процес приготування круп до кулінарної готовності, промисловість випускає плющені крупи, пластівці, спучені або підірвані зерна, а також екструзійні зернові продукти.

Гідротермічна обробка є традиційним прийомом при виробництві круп та пластівців із зернової сировини. Встановлено, що засвоюваність основних харчових речовин зерна та круп помітно зростає внаслідок гідротермічної обробки та плющення. Перетравлюваність білка підвищується до 93 %, вуглеводів – до 96 %, жирів – до 97 %. Знижуються енерговитрати організму на асиміляцію цих речовин внаслідок їх великої доступності для ферментів травної системи. В результаті гідротермічної обробки зерна в жорстких режимах атакування крохмалю амілолітичними ферментами зростає від 5 до 16 разів. Атакування білка протеазами теж підвищується внаслідок розгортання глобул та інших конфірмаційних перетворень їх макромолекул.

Основна мета гідротермічної обробки – спрямована зміна вихідних технологічних, біохімічних та споживчих властивостей зерна у заданому розмірі, для стабілізації на оптимальному рівні.

Ступінь зміни технологічних властивостей зерна визначається конкретним способом гідротермічної обробки та особливостями взаємодії зерна з водою.

«Гідротермічна обробка зернової сировини може здійснюватися за допомогою пари, гарячого повітря, термовипромінювання та механічним шляхом».

При традиційному способі виробництва плющених круп та зернових пластівців основні процеси підготовки сировини включають такі операції:

- пропарювання та відлежування;
- плющення;
- просіювання;
- охолодження та упаковка.

Попередньо крупу піддають гідротермічній обробці: зволоженню та пропарюванню для надання їй пластичних властивостей. Це відбувається в результаті зволоження зерна до 25 – 28 % і нагрівання його до 70 - 75 °С в пропарювачі. При пропарюванні та опроміненні відбувається гідротермічна дія вологи на сухі компоненти продукту. Це призводить до змін у білково-вуглеводному комплексі зерна. Плющення крупи роблять на вальцевому верстаті з гладкими або рифленими вальцями. При плющенні формується структура продукту, що визначає його товарний вигляд.

Крім пластичності при гідротермічній обробці потрібно підвищити в'язкість крупи, щоб при плющенні виходили цілі пластівці. Цьому сприяє клейстеризація крохмалю та утворення декстринів, за рахунок розщеплення його макромолекул. У процесі теплового впливу частки рослинних продуктів зазнають значних змін, у яких вивільняється вода. За рахунок випаровування вологи, розкладання цукрів, клітковини та інших органічних сполук маса продуктів знижується. При цьому відбувається ослаблення міцності структури продукту внаслідок часткового гідролізу клітковини, геміцелюлози, пектинових речовин та інших складних вуглеводів, з яких складаються стінки клітин та міжклітинні перегородки.

При виробництві зернових пластівців традиційним способом хімічний склад зерна зазнає значних змін. Згідно з літературними даними, в результаті гідротермічної обробки зерна при виробництві пластівців з пшениці, жита, ячменю

та вівса можуть спостерігатися втрати незамінних амінокислот триптофану та метіоніну. Причому метіонін руйнується на стадії пропарювання зерна, а триптофан на стадії розкочування пластівців. Передбачається, що загальний рівень зниження цих амінокислот пов'язаний із накопиченням продуктів окислення ліпідів.

Також є дані, що більшим змінам піддається вуглеводний комплекс зерна. При виробництві пластівців традиційним способом у процесі гідротермічної обробки крохмаль круп повністю змінює свої колоїдно-хімічні, фізичні та структурно-механічні властивості. Нативний крохмаль повністю переходить у клейстеризований стан, частково гідролізується зі збільшенням його здатності переходити в розчин. Якщо зерно пропарювати при атмосферному тиску (нагрітим) до 97 – 98 °С, то при обробці його протягом 7 хвилин клейстеризації піддається 8 % крохмалю, протягом 10 хвилин – 13 %, крохмалю, протягом 30 хвилин – 40 %, а протягом 70 хвилин – 100 %. При незначному підвищенні тиску до 0,05 МПа через 10 хвилин клейстеризується 37 % крохмалю, через 30 хвилин – 60 %. При тиску 0,2 МПа через 25 хвилин спостерігається 100 % клейстеризації крохмалю, а при 0,35 МПа – повна клейстеризація настає вже через 5 хвилин пропарювання. Подальше плющення посилює цей ефект. При плющенні у виробничих умовах 20 – 25 % гранул крохмалю (за масою) отримують ушкодження, а за виробництва пластівців 50 – 55 %.

При нагріванні від 20 до 75 °С вміст декстринів у зерновому крохмалі збільшується з 0,38 % до 0,85 %, а 0,24 % крохмалю піддається клейстеризації. Час приготування плющених круп скорочується до 5 – 15 хвилин, а пластівців – до 5 – 7 хвилин. Тонкопелюсткові пластівці можуть споживатися без варіння, наприклад, з гарячим молоком.

Гідротермічна обробка зернової сировини є досить енергоємним процесом виробництва швидкорозварюваних круп і пластівців. Однак варильні котли та пропарювачі мають низку суттєвих недоліків: ненадійність запірної апаратури, втрати теплоти разом із відпрацьованою парою, а також викиди зерна, крупи та конденсату. Традиційні методи гідротермічної обробки досягли своїх

технологічних меж і не забезпечують створення сучасного асортименту швидкорозварюваних круп і пластівців із часом приготування 1–10 хвилин. У зв'язку з цим важливим завданням є впровадження нових методів енергозабезпечення та вдосконалення параметрів термічної обробки.

Прогресивним методом термообробки харчових продуктів є короткочасне нагрівання інфрачервоним випромінюванням – мікронізація. При застосування цього методу досягається скорочення тривалості процесу, зменшується витрата енергії та покращується якість продукції. За літературними даними, мікронізацію можна віднести до процесу обробки зернових продуктів, ніж екструзію, що базується на цих же принципах. Дослідження радіаційно-конвективної обробки широкого спектру харчових продуктів показало суттєві переваги над традиційною тепловою обробкою. У ході органолептичного аналізу було показано, що якість продуктів, оброблених ІЧ-опроміненням, не поступається такою, як для продуктів, що виробляються традиційним способом, а на вигляд і смак перевершують їх.

Інфрачервону (ІЧ) обробку зерна вперше запропонувала британська компанія «Micronizing LTD». Її методика полягає у нагріванні зволоженого зерна (вологість 22–24 %) до температури 90 – 100 °С протягом 1,5 – 2 хвилин з подальшим плющенням гарячого зерна за допомогою плющильних валків. Цей процес отримав назву «мікронізація», що означає обробку зернової сировини в інфрачервоному діапазоні мікрохвиль електромагнітного спектра ($\lambda = 2\text{--}6$ мкм).

Оскільки ІЧ-обробка супроводжується підвищенням нагрівання продукту, зволоження його природним шляхом, то її можна розглядати, як різновид гідротермічної обробки.

Протягом кількох секунд прогріву температура в зерні чи крупі підвищується до 100 °С і вище. При цьому волога в зерні переходить у псевдо-пароподібний стан, тиск усередині зерна зростає, воно спучується і стає пластичним. Згідно з даними літератури при ІЧ-нагріванні зерна відбувається практично повний розрив водневих зв'язків. Швидке нагрівання викликає термодифузний потік вологи, що перешкоджає її виходу до поверхні зерна. Відбувається внутрішнє нагрівання та випаровування вологи, виникає надлишковий тиск усередині кожного зерна. Це

призводить до спучування зерна, збільшення його активної поверхні. Далі температурний градієнт зменшується і знижується натяг вглиб продукту. У міру зростання температури верхнього шару випаровування вологи збільшується. Напрямок потоку вологи змінюється до поверхні та відбувається випаровування вологи та зниження вологості продукту. При подальшому плющенні зерно ніби вибухає і плющена крупа набуває дрібнопористу структуру. Таким чином, при нагріванні повітряно-сухого зерна та подальшої екструзії або плющення вода, що міститься в зерні, переходить у пару. Вона розпирає зерно. Відбувається збільшення зерна. Тому водопоглинальна здатність таких продуктів вища, ніж водопоглинальна здатність варено-сушених.

За даними літератури, в результаті ІЧ-обробки найбільшу зміну зазнає вуглеводний комплекс. Маючи велику енергію, пара руйнує зв'язок між макромолекулами крохмалю, порушуючи його структуру, тому пара заповнює весь молекулярний об'єм. З цієї причини порушення відбуваються у всіх крохмальних гранулах.

Експериментально встановлено, що ІЧ-опромінення різних крохмалів призводить до змін їх основних властивостей: кольору, розчинності та в'язкості приготованих клейстерів. Інтенсивність процесу декстринізації при ІЧ-опроміненні зростає у 8 – 10 разів у порівнянні з застосовуваним кондуктивним методом. На утворення декстрину помітно впливає температура нагріву зерна, особливо при його високій вологості. Так, при нагріванні до 130 °С зерна ячменю, зволоженого до 30 %, вміст декстринів сягає 6 %, а при 180 °С – 13 %, тобто у 2 рази більше. Особливо сильно впливає нагрів зерна понад 100 °С. При зміні температури від 20 до 100 °С вміст декстринів підвищується лише на 13 %, а потім їх утворення різко прискорюється. Це практично повний розрив водневих зв'язків молекули води з активними центрами білків і вуглеводів, перехід води в активний стан. ІЧ-обробка викликає деструкцію крохмальних зерен, супроводжується клейстеризацією крохмалю та утворенням декстринів. Вміст декстринів збільшується з 0,8 у вихідній сировині до 8,4 %. Ступінь клейстеризації зростає з 0,6 до 11 %. Отже, підвищується засвоюваність крохмалю продуктів, підданих ІЧ-обробці. Механічна

обробка також впливає на ступінь деструкції крохмалю в залежності від вихідної вологості та відстані між валками верстата плющильного.

Дослідження зміни в'язкості крохмального клейстеру крупи та пластівців із зерна пшениці підтверджує значну модифікацію крохмалю при обробці. Оброблений крохмаль утворював клейстер з меншою в'язкістю, що викликано збільшенням водорозчинної частки крохмалю. Очевидно, при ІЧ-обробці утворюються конгломерати, що перешкоджають клейстеризації крохмалю. Є дані, що при високотемпературній технологічній обробці сировини із звичайних крохмалів можуть утворюватися так звані резистентні крохмалі з низьким ступенем засвоюваності організмом людини.

Інтенсивність процесу декстринізації крохмалю при ІЧ-опроміненні зростає у 8 – 10 разів у порівнянні з кондуктивним методом нагріву. Механічна обробка також впливає на ступінь деструкції крохмалю. Встановлено, що вміст крохмалю, що не буває вище 20 %, значно зменшується в процесі декстринізації. Підвищення розчинності крохмалю при декстринізації обумовлено переважно зменшенням довжини його ланцюгів з відповідним ослабленням водневих зв'язків, що утримують зерна разом.

Вміст в крохмалі редукуючих цукрів або декстрозного еквівалента в початковий період нагрівання є функцією зміни в'язкості і досягає максимуму, коли в'язкість досягає мінімуму. Протягом цього періоду утворюються сахариди, що включають D-глюкозу, мальтозу та олігосахариди, які надають білим декстринам високий вміст речовин, що редукують.

Термічна обробка продуктів сприяє денатурації білків, що забезпечує їх краще перетравлення та засвоєння організмом. Встановлено, що ця обробка незначно впливає на загальний вміст азоту, але суттєво змінює водорозчинні й солерозчинні білкові фракції. Збільшення доступності білків для протеолітичних ферментів робить денатурований білок більш засвоюваним у порівнянні з нативним.

Загальновідомо, що всі білки, незалежно від амінокислотного складу, зазнають повної денатурації при нагріванні у присутності води. Як правило,

денатуровані білки мають вищу засвоюваність. При цьому нагрівання крупи в повітряно-сухому стані менше впливає на білкову фракцію та її фізико-хімічні властивості, ніж на крохмалі. Також після повітряно-сухого нагрівання гідрофільність білкових систем знижується порівняно з гідротермічною обробкою через брак води у системі.

Дослідження показують, що високотемпературна мікронізація сої майже повністю інактивує інгібітор трипсину. ІЧ-обробка зернових і бобових культур також знижує активність ферментів, таких як протеази й уреаза, та зменшує вміст антиживильних речовин. Згідно з даними американських дослідників, цей метод не впливає на вміст білка та крохмалю, але покращує функціональні властивості борошна.

Однією з переваг ІЧ-обробки є краща збереженість вітамінів (на 20–30 %) і мікроелементів, порівняно з іншими методами обробки. Цей метод також забезпечує підвищення якості продукції, збільшення її виходу на 7–11 % та зниження енерговитрат.

Хоча при інтенсивному нагріванні існує ризик утворення канцерогенних речовин, дослідження щодо різних типів ІЧ-випромінювачів демонструють мінімальну токсичність готової продукції, яка становить лише 0,02–0,06 μ /кг.

Питання промислового виробництва інфрачервоних установок із широким діапазоном впливу на зернову сировину від підігріву зерна, мікронізації до високотемпературної обробки стало головним завданням дослідників.

В результаті високотемпературної ІЧ-обробки крупа стає повністю підготовленою до прийому в їжу, а сорбційна ємність, набухання, активна поверхня пластівців дозволяють їм легко вбирати вологу.

1.2 Перспективи кулінарного використання житніх та ячмінних мікронізованих пластівців

В галузі технології харчових виробництв актуальна розробка корисних для здоров'я продуктів харчування. Щоб нові продукти стали більш привабливими для

споживачів, вони повинні органічно увійти, як до складу традиційних продуктів харчування, так і в структуру виробництва харчових продуктів. При розробці та просуванні нового виду продуктів дуже важливо, щоб цей продукт входив до розряду «традиційних». Такі продукти краще купують споживачі.

Важливе місце у харчуванні населення займали хлібні, борошняні, круп'яні страви. І, отже, населення здебільшого отримувало баластові речовини, що мають антихолестеринову, антиканцерогенну та антиоксидантну дію, що покращують травлення та регулюють вміст глюкози в крові. Хлібна, борошняна, круп'яна їжа становила основу харчування. Овочеві, молочні та м'ясні страви були більшою чи меншою мірою додаванням до неї.

У борошняних та круп'яних стравах відсутній ряд вкрай важливих інгредієнтів, які є в овочах, білкових продуктах. Національні страви – пироги з різними начинками, каші з наповнювачами з овочів, плодів, ягід, сиру, м'ясопродуктів, риби – містять багатий комплекс незамінних амінокислот та біологічно активних речовин. Тому вони можуть бути основою для створення нових продуктів на зерновій основі. Таким чином, спираючись на досвід народної кухні, можна створювати продукти, що не відрізняються від традиційних.

На території Європи ячмінь культивується з початку X століття. В даний час це одна з найпоширеніших злакових культур. Страви з ячменю, що містять значну кількість клітковини, погано засвоюються і не викликають ожиріння. Вони покращують перистальтику кишечника і дуже корисні при атонічних запорах. Так як клітковина добре адсорбує багато токсичних речовин, у тому числі солі важких металів, то продукти переробки ячменю рекомендується вживати в їжу людям, які працюють з радіоактивними елементами і проживають на територіях екологічно неблагодолучних. Ячмінь широко застосовується у дієтичному харчуванні. Ячмінний хліб має низьку кислотність і корисний хворим з гіперацидним гастритом, виразкою шлунка та дванадцятипалої кишки. Інші дослідники рекомендують включати страви з ячменю лише в дієти, що не потребують перетравлювання шлунково-кишкового тракту. А для механічних і хімічних дієт рекомендують застосовувати тільки слизові супи з ячмінних круп. Ячмінь містить

мало клейковини, тому хліб з ячмінного борошна кришиться і швидко черствіє. Зерно ячменю переробляють на борошно, ячну та перлову крупи, пластівці. Обсмажені та розмелені зерна ячменю входять до складу сурогатів кави. Ячмінь – основна культура для виробництва пива. Для цього використовують ячмінь із високим вмістом крохмалю. Солод із високобілкового ячменю застосовують у лікєро-горілчаному виробництві.

Головний продукт із жита – хліб. Він має більшу харчову цінність, ніж пшеничний, житнє борошно отримують з усього зерна, а при приготуванні пшеничного борошна вищого гатунку пшеничні зерна піддаються ретельному очищенню від зернових оболонок та верхнього шару зерна. Це знижує харчову цінність пшеничного хліба, але підвищує його засвоюваність. Житній хліб перетравлюється важче. Його замішують не на дріжджах, а на спеціальній заквасці. Це пов'язано з високою активністю в зерні α -амілази, що розщеплює крохмаль на декстрини та мальтозу. Для придушення α -амілази необхідно створити кисле середовище. Тому житній хліб не рекомендується хворим із підвищеною кислотністю шлункового соку. Для маскування кислого смаку застосовують різні спеціальні добавки – цукор, аніс, коріандр та ін.

Житній хліб задовольняє потреби організму у вітамінах груп В, фосфорі, залізі. Із зародків жита отримують вітамін Е. Завдяки значному вмісту клітковини житній хліб має легкий проносний ефект і рекомендується при хронічних запорах, особливо у літніх.

Слід також враховувати ще одну особливість розробки харчових продуктів на основі зернових. Вони відрізняються високим вмістом фітину – 380 – 400 мг/100 г. Основна частина фітину знаходиться у зовнішньому шарі. Фітин утворює складні комплекси з іонами кальцію, магнію, заліза, цинку і міді. Ефект тим вищий, чим менше співвідношення кальцію і фосфору в продукті і нижче забезпеченість вітаміном D. Отже, споживаючи раціони, що містять велику кількість клітковини, необхідно враховувати, що фітати, що містяться в них, можуть обмежувати доступ в організм мінеральних речовин. Дослідження, проведені у Східному Середземномор'ї, показали, що це відбувається не з вини раціону, а залежить від

способу приготування їжі. Так, всмоктування заліза з раціону підвищується в 6 разів у присутності аскорбінової кислоти і при вмісті в їжі білків тваринного походження. Велика кількість фітази міститься в ячмінних крупах.

Таким чином, розробка страв та кулінарних виробів з мікронізованих пластівців жита та ячменю повинна проводитися з урахуванням особливостей традицій харчування на рубежі ХХ – ХХІ століть та принципів здорового харчування.

Висновки за розділом

Збільшення асортименту страв, кулінарних та кондитерських виробів на основі використання мікронізованих пластівців з жита та ячменю є фактором збагачення раціонів харчування населення такими важливими компонентами, як харчові волокна, мінеральні речовини, вуглеводи, вітаміни, білки та ін. З огляду літератури впливає, що правильніше всього створювати нові вироби на основі традиційних продуктів харчування, так як вони є більш прийнятними для споживача. Це сприяє швидкому просуванню нового продукту до раціонів харчування населення.

Незважаючи на численні відомості про процеси, що відбуваються в харчових продуктах при мікронізації, немає даних про зміни харчових волокон цих продуктів, вкрай недостатньо відомостей про їх кількість. Немає даних про зміни вуглеводно-білкового комплексу жита і ячменю, що відбуваються при мікронізації, втрати і збереження вітамінів та інших поживних речовин вихідної сировини.

Слабко розроблено питання про кулінарне застосування мікронізованих пластівців. Практично немає публікацій щодо визначення їх функціонально-технологічних властивостей: фізико-хімічних характеристик, ступеня набухання та швидкості набухання, режими теплової обробки та ін.

2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкти дослідження

Відповідно до поставленої мети та завдань роботи, об'єктами дослідження є:

- мікронізовані пластівці жита, ДСТУ 4634:2006;
- мікронізовані пластівці ячменю, ДСТУ 4634:2006;
- житні пластівці, ДСТУ 4634:2006;
- ячмінні пластівці, ДСТУ 4634:2006;

- зерно ячменю, обрушене та шліфоване для виробництва мікронізованих пластівців за ДСТУ-3769-98;

- зерно жита, обрушене для мікронізованих пластівців за 4522:2006;

Крім того, використовувалась допоміжна сировина для приготування кулінарних виробів.

Для визначення змін хімічного складу вихідних продуктів, що відбуваються при виробництві мікронізованих та контрольних пластівців з жита та ячменю, проводили відбір проб вихідної сировини, мікронізованих та контрольних пластівців згідно з ДСТУ 16050:2007. Мікронізовані пластівці, контрольні пластівці та вихідна крупа були взяті з однієї партії сировини.

2.2 Методи дослідження

Дослідження сировини, напівфабрикатів та готових виробів проводилися за показниками, наведеними в табл. 2.1.

- визначення кольору, запаху, смаку, консистенції пластівців за ДСТУ 26312.2;

- визначення об'ємної маси зерна та пластівців за ДСТУ 5020:2008;

- визначення вологості зерна та пластівців за ДСТУ 5020:2008;

- визначення загального білка по К'ельдалю (ДСТУ 5983:2003);

- визначення сирого жиру по Сосклету (ДСТУ 7577:2014);

- визначення крохмалю за методом Еверса (ДСТУ 15914:2008);

- визначення зольності за ГОСТ 10847;

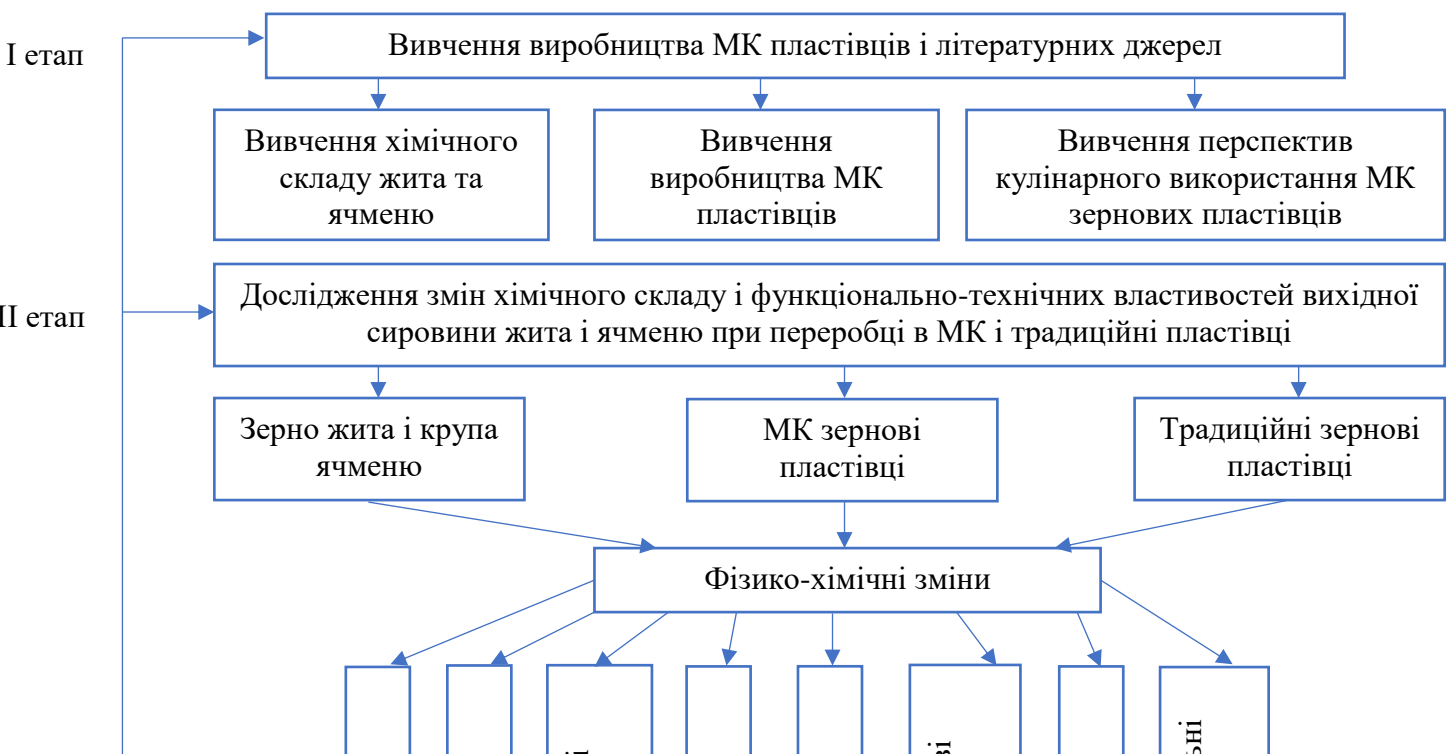
- органолептичну оцінку готової продукції проводили за зовнішнім виглядом, смаком, запахом, кольором та консистенцією з оцінкою кожного показника за п'ятибальною системою, з урахуванням коефіцієнта важливості;

- органолептичну оцінку сухих сумішей проводили за ДСТУ 7662:2014.

Таблиця 2.1 – Показники комплексного дослідження об'єктів

Найменування груп показників	Найменування окремих показників
1. Фізико-хімічні	1.1. Вологість 1.2. Вміст білка за загальним азотом 1.3. Амінокислотний склад білків 1.4. Вміст жиру 1.5. Загальні та відновлені цукру 1.5. Зміст крохмалю 1.6. Ступінь деструкції крохмалю 1.7. Вміст харчових волокон 1.8. Вміст водорозчинних речовин 1.9. Вміст вітамінів 1.10. Вміст та склад золи 1.11. Ступінь набухання 1.12. Швидкість поглинання вологи 1.13. Об'ємна маса
2. Біологічна цінність	2.1. Амінокислотний скор
3. Органолептичні показники.	3.1. Зовнішній вигляд 3.2. Колір 3.3. Консистенція 3.4. Запах 3.5. Смак

Загальна структура дослідження, відповідно до якої проводилася робота представлена на рисунку 2.1.



Розрахунок кошторису витрат на проведення експериментальних досліджень

Рисунок 2.1 – Загальна структура дослідження проведення досліджень
Висновки за розділом

В розглянутому розділі магістерської роти приведено коротку характеристику об'єктів дослідження, обрано та проаналізовано основні методи та методики проведення експериментальних досліджень і розроблено загальну структурну схему проведення досліджень.

3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА РОБОТИ

3.1 Органолептична оцінка житніх і ячмінних мікронізованих пластівців

Органолептичні показники найчастіше є визначальними для реалізації того чи іншого виду сировини та продуктів. З цієї причини було проведено дослідження органолептичних властивостей мікронізованих пластівців жита та ячменю в порівнянні з традиційними пластівцями з цих же культур. Вивчення органолептичних показників мікронізованих пластівців дозволяє зробити висновок

про їх високу якість та переваги в порівнянні з пластівцями, що виробляються за традиційною технологією (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Органолептичні показники мікронізованих та контрольних пластівців жита та ячменю ($M \pm m$)

Показники	Житні		Ячмінні	
	МК	Контроль	МК	Контроль
Розмір пластівців, мм				
довжина	12,5	6,0	12,0	7,5
ширина	8,0	5,0	7,0	5,5
товщина	0,5	0,9	0,5	1,3
Колір	Сірий, з коричневим відтінком	Сірий	Білий	Білий, неоднорідний
Запах	З горіховим відтінком	Сирого зерна	З горіховим відтінком	Сирого зерна
Сміттєва домішка, % (цілі зерна)	0,5	0,9	0,50	0,7
Рушені пластівці і мучка, %	5,0	22,0	5,0	16,0

Насамперед, слід звернути увагу до лінійних розмірів пластівців. Як виявилось, товщина мікронізованих пластівців жита та ячменю становила 0,4 – 0,6 мм, тоді як звичайних – 0,6 – 1,2 мм. Відрізнялися й інші лінійні розміри: довжина мікронізованих пластівців коливалася від 10 до 15 мм, ширина 5 – 11 мм, а контрольних – 8 мм і 3 – 8 мм відповідно.

Крім того, у мікронізованих пластівцях знижується вміст цілих зерен та бур'янів до 0,35 – 0,65 %, проти 0,91 % - у контрольних. Знижується також і вміст зруйнованих пластівців та мучелі: у мікронізованих – 4 – 6 %, проти 20 – 24 % у контрольних.

Друга група показників, на які зверталася увага – це смак, колір та запах пластівців. Характерний для звичайних пластівців смак і запах сирого крохмалю покращувався в мікронізованих пластівцях за рахунок високотемпературного прогріву, що спричиняє карамелізацію та меланоїдиноутворення у

використовуваній сировині. У мікронізованих пластівцях трохи піджарених спостерігається горіховий присмак та запах. Вигідно відрізнялися мікронізовані пластівці і за кольором: житні набували сірувато-коричневого відтінку, а ячмінні ставали білими з кремовим відтінком. Очевидно, причини, що викликають ці відмінності, здатні істотно вплинути на швидкість приготування кулінарних виробів з мікронізованих пластівців та їх якість після теплової обробки.

3.2 Дослідження зміни вологості зерна жита та крупи ячменю при переробці їх у мікронізовані та контрольні пластівці

Як зазначалося вище, виробництво пластівців за традиційною технологією або отриманих шляхом мікронізації, супроводжується значною зміною вологості кінцевого продукту. Тому одним з завдань, що стояли, було вивчення вологості досліджуваних зразків.

Зміна вологості зерна жита при переробці його в мікронізовані пластівці та пластівці, що виробляються за традиційною технологією (контрольні пластівці), показано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Зміна вологості при переробці зерна жита в МК пластівці та контрольні пластівці

Показники, %	Зразки		
	Зерно	МК пластівці	Контрольні пластівці
Вологість	10,74	6,71	11,70

Зміна вологості крупи ячменю при переробці його в мікронізовані пластівці та пластівці, що виробляються за традиційною технологією (контрольні пластівці) показано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Зміна вологості при переробці крупи ячменю в МК пластівці та контрольні пластівці

Показники, %	Зразки		
	Крупа	МК пластівці	Контрольні пластівці
Вологість	10,75	6,71	12,63

Визначення вологості у зразках зерна жита та крупи ячменю показало, що вона була дещо більшою за 10 %. Внаслідок мікронізації відзначалося суттєве зниження вологості жита при виробництві пластівців від 10,74 % до 6,71 %. У той же час житні пластівці, отримані за традиційною технологією, мали вологість 11,70 %, що суттєво вище за вологість вихідної сировини. Зміна вологості ячмінних пластівців підпорядковується тим самим закономірностям. Привертає увагу, що втрати вологи мікронізованими пластівцями ячменю і жита були практично однаковими.

Вологість контрольних пластівців, навпаки, зросла за рахунок попередньої гідротермічної обробки продуктів. Приріст вологості однаковий і становив для зерна жита на 0,96 %, а крупи ячменю на 1,88 %.

3.3 Вивчення зміни вмісту білків у зерні жита та крупи ячменю та їх амінокислотного складу при переробці у мікронізовані та контрольні пластівці

Вміст білків та його амінокислотний склад у зерні жита і ячменю, крупах добре вивчені. Однак дані про вміст їх у обрешеному зерні жита, ячменю та пластівцях з них відсутні. За даними деяких авторів, обробка зернових продуктів ГЧ-променями не впливає на вміст у них білка. Однак, при збільшенні зерна ячменю під мікроскопом, підданого мікронізації, було виявлено повну руйнацію білкових матриць. Крім того при обсмажуванні кукурудзяних пластівців ГЧ-

випромінюванням відзначалося деяке зменшення в них білка. Тому здавалося важливим дослідження вмісту білків та амінокислотного складу, як у вихідній сировині, так і мікронізованих житніх та ячмінних пластівців.

У таблиці 3.4 наведено дані щодо вмісту білків у вихідній сировині, мікронізованих пластівцях жита та ячменю та контрольних пластівцях, отриманих за традиційною технологією.

Таблиця 3.4 – Вміст білків у вихідній сировині, мікронізованих пластівцях жита та ячменю та в контрольних пластівцях

Найменування сировини	Вміст білка, %		
	Початкова сировина	МК пластівці	Контрольні пластівці
Жито	10,30	10,85	9,23
Ячмінь	9,65	9,30	9,38

Дані таблиці показують, що суттєвих відмінностей у вмісті білка у вихідній сировині жита та ячменю та в мікронізованих пластівцях, отриманих з цієї сировини, немає. Вміст білка в контрольних пластівцях жита та ячменю так само не має суттєвих відмінностей від вмісту білка у вихідній сировині.

У таблицях наведено амінокислотний склад зерна жита, крупи ячменю, мікронізованих та контрольних пластівців, отриманих з цих продуктів, а також проведено оцінку біологічної цінності їх білків.

Таблиця 3.5 – Амінокислотний склад зерна жита та пластівців, отриманих з них

Показники, %	Зразки		
	Зерно	МК пластівці	Контрольні пластівці
Незамінні			
Валін	0,575	0,285	0,365
Ізолейцин	0,365	0,195	0,170
Лейцин	1,145	0,590	0,990
Лізін	0,385	0,360	0,340

Метіонін+цистин	0,330	0,370	0,370
Треонін	0,355±	0,375	0,320
Фенілаланін+тирозин	0,645	0,415	0,385
Триптофан	0,081	0,076	0,079
Замінні			
Аргінін	0,275	0,235	0,250
Гістидін	0,275	0,265	0,310
Аланін	0,450±	0,460	0,335
Гліцин	0,440	0,440	0,445
Пролін	1,46	1,20	1,16
Глутамін	1,62	1,18	1,515
Серін	0,365	0,190	0,340
Аспарагін	0,655	0,590	0,590

Згідно з отриманими результатами, суттєвого зниження вмісту амінокислот, у тому числі незамінних, при виробництві мікронізованих і контрольних пластівців з жита не відбулося (табл. 3.5).

Дані дослідження амінокислотного складу крупи, мікронізованих та контрольних пластівців ячменю наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Амінокислотний склад крупи ячменю та пластівців, отриманих з них

Показники, %	Зразки		
	Крупа	МК пластівці	Контрольні пластівці
Незамінні			
Валін	0,580	0,370	0,460
Ізолейцин	0,250	0,305	0,275
Лейцин	0,625	0,555	0,440
Лізін	0,330	0,340	0,285

Метіонін + цистин	0,330	0,370	0,330
Треонін	0,310	0,320	0,275
Феніл аланін + тирозин	0,875	0,900	0,910
Триптофан	0,100	0,100	0,100
Замінні			
Аргінін	0,510	0,430	0,415
Гістидін	0,210	0,255	0,265
Аланін	0,445	0,575	0,505
Гліцин	0,470	0,470	0,505
Пролін	1,315	1,265	1,49
Глутамін	2,51	2,15	2,36
Серін	0,235	0,165	0,270
Аспарагін	0,335	0,285	0,405

Дані таблиці 3.6 показують, що при мікронізації і виробництві пластівців з ячменю значної зміни амінокислотного складу вихідного продукту не сталося. Так само не відбулося зміни амінокислотного складу ячмінної крупи та при виробництві пластівців за традиційною технологією.

Для визначення біологічної цінності білків необхідно зробити розрахунок амінокислотного скору, що дозволяє виявити амінокислоти, що лімітують. Визначення лімітуючих амінокислот і ступеня їх недоліку полягає в порівнянні відсоткового вмісту їх у білку, що вивчається, і в такій же кількості «ідеального» білка, тобто повністю задовольняє потребам людини.

При оцінці біологічної цінності білків мікронізованих пластівців жита (табл. 3.7) було встановлено, що всі незамінні амінокислоти є лімітуючими. Головна лімітуюча амінокислота в мікронізованих пластівцях жита – ізолейцин, у вихідному зерні жита – лізин, а в контрольних пластівцях – ізолейцин та треонін.

Таблиця 3.7 – Амінокислотний скор білків зерна, мікронізованих пластівців і контрольних пластівців жита, (%)

Амінокислоти	ВООЗ	Зерно	МК пластівці	Контрольні пластівці
		Скор АК	Скор АК	Скор АК
Білок	-	10,30	10,85	9,23
Ізолейцин	40	88,59	44,93	46,05
Лейцин	70	158,81	77,68	153,23
Лізін	55	67,96	60,33	66,98
Мет.+цис.	35	91,54	97,43	114,53
ФА+ тирозин	60	104,37	63,75	69,52
Треонін	40	84,10	47,33	46,05
Триптофан	10	78,64	70,05	85,59
Валін	50	111,65	52,53	79,09

Амінокислотний скор білків крупи, мікронізованих і контрольних пластівців ячменю представлений в таблиці 3.8.

При оцінці біологічної цінності білків мікронізованих пластівців ячменю, а також вихідної сировини та контрольних пластівців (табл. 9) було встановлено, що у крупі, мікронізованих та контрольних пластівцях ячменю амінокислоти ізолейцин, лейцин, лізін, треонін є лімітуючим. Головною лімітуючою амінокислотою в мікронізованих пластівців ячменю, у вихідній крупі та контрольних пластівцях є лізін.

Швидкість амінокислот у мікронізованих та контрольних пластівцях з жита ячменю суттєво не змінилася порівняно зі скором амінокислот вихідного продукту.

Таблиця 3.8 – Амінокислотний скор білків крупи, мікронізованих пластівців і контрольних пластівців ячменю, (%)

Амінокислоти	ВООЗ	Крупа	МК пластівці	Контрольні пластівці
		Скор АК	Скор АК	Скор АК
Білок	-	9,65	9,30	9,38
Ізолейцин	40	64,77	81,99	73,29
Лейцин	70	92,52	85,25	67,01
Лізін	55	62,18	66,47	55,24

Мет.+цис.	35	97,71	113,67	100,52
ФА+ тирозин	60	151,12	161,29	161,69
Треонін	40	64,77	81,99	73,29
Триптофан	10	103,63	107,53	106,61
Валін	50	120,21	79,57	98,08

За вмістом загального білка у досліджених зразках з жита та ячменю суттєвих змін не встановлено. Таким чином, дослідження вмісту білків, та зміни їх амінокислотного складу, дозволяє зробити висновок про те, що в результаті ПЧ-обробки та плющення крупи жита та ячменю загальний вміст та біологічна цінність білків не змінилася.

3.4 Дослідження зміни вуглеводного комплексу зерна жита та крупи ячменю при переробці їх у мікронізовані пластівці та контрольні пластівці

Вуглеводи складають основну частину харчових речовин зерна та є основним енергетичним компонентом їжі. По хімічному складу вуглеводи поділяються на прості цукри та полісахариди. З погляду засвоюваності в організмі людини вуглеводи умовно поділяються на засвоювані та незасвоювані (харчові волокна). Дані представлені в таблицях 3.9 та 3.10 отримані в результаті дослідження вуглеводного комплексу зерна жита та крупи ячменю при переробці їх у мікронізовані пластівці та контрольні пластівці.

Таблиця 3.9 – Зміна вуглеводів при переробці зерна жита в МК пластівці та контрольні пластівці

Показники	Зразки		
	Зерно	МК пластівці	Контрольні пластівці
Редукуючі цукри до інверсії, %	0,99	4,19	3,03
Редукуючі цукри після інверсії, %	11,41	25,74	20,05
Крохмаль, %	55,40	31,52	45,44

Ступінь деструкції крохмалю	4,13	10,48	7,33
-----------------------------	------	-------	------

Таблиця 3.10 – Зміна вуглеводів при переробці крупи ячменю в МК пластівці та контрольні пластівці

Показники	Зразки		
	Крупа	МК пластівці	Контрольні пластівці
Редукуючі цукри до інверсії, %	1,22	3,86	1,75
Редукуючі цукри після інверсії, %	3,94	6,13	6,44
Крохмаль, %	56,10	35,30	42,22
Ступінь деструкції крохмалю	8,02	17,85	14,48

Отримані результати підтверджують існуючі положення про зміни крохмалю під час виробництва мікронізованих пластівців, наявних у літературних джерелах. Суттєві відмінності має показник ступеня деструкції крохмалю як для зерна жита, так і для крупи ячменю. Цей показник визначається ступенем гідролізу вуглеводного комплексу досліджуваних продуктів за допомогою ферменту глюкоамілази та показує кількість глюкози в мг на 1 г сухої речовини досліджуваного продукту. Найбільший ступінь деструкції крохмалю спостерігається у мікронізованих пластівців: для МК пластівців жита – 10,48 %, а для МК пластівців ячменю – 17,85 %. Для контрольних пластівців ступінь деструкції крохмалю суттєво нижчий, ніж для мікронізованих: контрольні пластівці жита – 7,33 %; контрольні пластівці ячменю – 14,48 %.

Як у зерна жита, так і у крупи ячменю при переробці в мікронізовані пластівці відбувалося зниження масової частки крохмалю: у зерна жита в 1,8 рази, від 55,40 до 31,52 % у мікронізованих пластівцях, у ячменю в 1,6 рази, від 56,10 % - у крупі до 35,30 % - у мікронізованих пластівцях.

У контрольних пластівцях з жита та ячменю також спостерігається значне зниження масової частки крохмалю в порівнянні з вихідним зерном жита і крупою ячменю. Але це зниження менше, ніж у мікронізованих пластівців. Масова частка крохмалю в контрольних пластівцях жита знизилася в 1,2 рази, до 45,44 %, а в

пластівцях з ячменю в 1,3 рази, до 42,22 %. Отже, при виробництві мікронізованих пластівців з жита та ячменю крохмаль зерна зазнавав більшої деструкції, ніж при виробництві пластівців з цих же культур за традиційною технологією.

При виробництві мікронізованих пластівців суттєво збільшується кількість цукрів, що редукують, що також свідчить про деструкцію крохмалю, що відбулася. Масова частка цукрів, що редукують, в зерні жита зросла в 2,2 рази, від 11,41 % до 25,44 % в мікронізованих пластівцях. Масова частка цукрів, що редукують, у крупі ячменю зросла в 1,6 разів від 3,94 % до 6,13 % у мікронізованих пластівцях. При отриманні мікронізованих пластівців із зерна жита утворилося більше цукрів, що редукують, ніж при виробництві мікронізованих пластівців з крупі ячменю. Це пов'язано, ймовірно, з фізико-хімічними властивостями крохмалю жита та ячменю.

При виробництві контрольних пластівців з жита і ячменю так само спостерігається збільшення кількості цукрів, що редукують. У контрольних пластівцях жита масова частка цукрів, що редукують, зросла в 1,8 рази, до 20,05+0,87 %, що менше, ніж у мікронізованих пластівцях жита. У контрольних пластівцях з ячменю масова частка цукрів, що редукують, зросла в 1,6 рази, до 6,44 %, що суттєво не відрізнялося від їх вмісту в мікронізованих пластівцях ячменю.

Слід звернути увагу на зростання при виробництві мікронізованих пластівців масової частки моносахаридів. У зерні жита масова частка моносахаридів зростала у 4,2 рази, від 0,99 % до 4,19 % у мікронізованих пластівцях. У крупі ячменю масова частка моносахаридів зростала у 3,2 рази, від 1,22 % до 3,86 % у мікронізованих пластівцях. У процесі виробництва пластівців за традиційною технологією так само спостерігається збільшення кількості моносахаридів. У контрольних пластівцях ячменю масова частка моносахаридів зросла в 1,4 рази, до 1,75 %, що нижче, ніж у мікронізованих пластівцях ячменю. Масова частка моносахаридів у контрольних пластівцях жита зросла в 3,1 рази, до 3,03 %. Зростання масової частки моносахаридів в процесі виробництва мікронізованих пластівців свідчить про глибшу деструкцію крохмалю.

Харчові волокна є активними учасниками процесу травлення, джерелом обов'язкових нутрієнтів. Зернові продукти є найважливішим джерелом харчових

волокон у харчуванні людини. Тому ми поставили завдання визначення харчових волокон та їх зміни при переробці зерна жита та крупи ячменю в мікронізовані пластівці та контрольні пластівці.

З літературних даних відомо, що в результаті потужного механічного та термічного впливу макромолекули полімерів розщеплюються на дрібніші фрагменти, міжмолекулярні та внутрішньомолекулярні зв'язки розриваються. Розриваються зв'язки навіть у молекулах клітковини.

Результати визначення змін вмісту харчових волокон у процесі виробництва мікронізованих пластівців жита та ячменю представлені на рисунку 3.1.

Згідно з отриманими даними, вміст харчових волокон у досліджуваних зразках не мав суттєвих відмінностей. Отже, при виробництві мікронізованих пластівців вміст харчових волокон не знижується порівняно з традиційним способом виробництва пластівців. Масова частка харчових волокон у мікронізованих житніх пластівцях становила 15,3 %, а в ячмінних – 10,6 %. Таким чином, мікронізовані пластівці з жита та ячменю є гарним джерелом повноцінних харчових волокон у харчуванні населення.

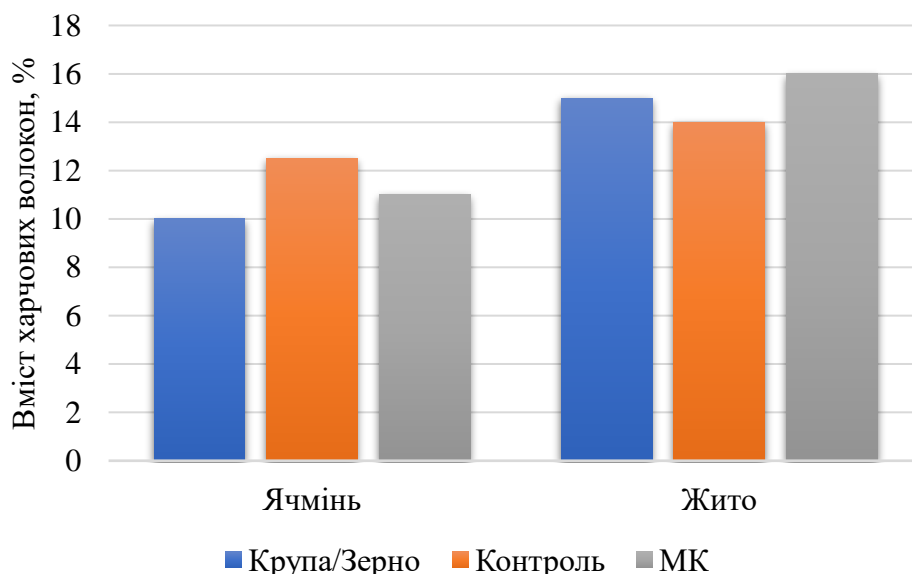


Рисунок 3.1 – Вміст харчових волокон у ячмені та житі та продуктах їх переробки ($M \pm m$)

3.5 Дослідження зміни вмісту жиру в зерні жита та крупі ячменю при переробці їх у мікронізовані пластівці та контрольні пластівці

До складу зерна жита та ячменю входять жири (більш правильний термін «ліпіди»). Для визначення вмісту жирів у досліджуваних зразках проводилася екстракція їх гексаном. Результати визначення жиру у зразках представлені у таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Вміст сирого жиру в зерні жита, крупі ячменю, мікронізованих пластівцях та контрольних пластівцях

Зразок	Кількість жиру %
Крупа ячмінна	2,22
МК ячмінь	2,30
Контроль ячмінь	2,20
Зерно жита	2,33
МК жито	2,40
Контроль жито	2,23

З даних таблиці 3.11 видно, що при виробництві мікронізованих та контрольних пластівців із зерна жита та крупі ячменю вміст жиру в них не зазнав значних змін.

3.6 Зміна вмісту водорозчинних речовин зерна жита та крупі ячменю при переробці їх у мікронізовані та контрольні пластівці

Відповідно до літературних даних, внаслідок нагрівання повітряно-сухої крупі при температурі понад 100 °С у ній підвищується вміст водорозчинних речовин. Вміст водорозчинних речовин збільшується переважно за допомогою деструкції крохмалю. Існують дані, що показник вмісту водорозчинних речовин є показником кулінарної готовності термічно оброблених круп.

Основною причиною збільшення водорозчинних речовин у крупах, підданих

гідротермічній обробці, є розчинення амілози та пептизація амілопектину клейстеризованого крахмалу. Зміни вуглеводного складу круп у процесі їхньої технологічної обробки найбільш повно характеризують кулінарну готовність продукту. Ці зміни, виражені сумарно вмістом водорозчинних речовин, можуть бути об'єктивним показником якості швидкокорозварюваних круп і круп, що не вимагають варіння.

Ми досліджували вміст водорозчинних речовин у мікронізованих пластівцях жита та ячменю та порівняли ці показники з показниками вмісту водорозчинних речовин у вихідному зерні жита та крупі ячменю та у пластівцях з жита та ячменю, отриманих за традиційною технології. Результати дослідження представлені у таблицях 3.12 та 3.13.

Таблиця 3.12 – Зміна кількості водорозчинних речовин при переробці зерна жита у МК пластівці та пластівці, які отримують за традиційною технологією

Показники, %	Зразки		
	Крупа	МК пластівці	Контрольні пластівці
Кількість водорозчинних речовин	11,41	13,76	10,96

Зміна водорозчинних речовин при переробці зерна ячменю в мікронізовані та традиційні пластівці наводиться у таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Зміна кількості водорозчинних речовин під час переробки круп ячменю в МК пластівці та контрольні пластівці

Показники, %	Зразки
--------------	--------

	Крупа	МК пластівці	Контрольні пластівці
Кількість водорозчинних речовин	4,63	9,38	7,76

За результатами аналізу ми бачимо суттєве зростання вмісту водорозчинних речовин у мікронізованих пластівцях жита в 1,2 рази, від 11,41 % у зерні до 13,76 %, у контрольних пластівцях жита вміст водорозчинних речовин суттєво не відрізнялося від зерна жита.

Вміст водорозчинних речовин у мікронізованих пластівцях ячменю суттєво зросло в порівнянні з крупою ячменю в 2 рази, від 4,63 % до 9,38 %, у контрольних пластівцях ячменю вміст водорозчинних речовин суттєво не відрізнявся мікронізованих пластівців.

Можна зробити висновок, що мікронізовані пластівці жита та ячменю містять більше водорозчинних речовин, ніж вихідне зерно жита або крупа ячменю. Але вміст водорозчинних речовин у контрольних житніх пластівців суттєво нижче, ніж у мікронізованих житніх пластівців. У ячмінних контрольних пластівцях вміст водорозчинних речовин не має суттєвих відмінностей від цього показника в мікронізованих ячмінних пластівцях. Можна припустити, що ці відмінності корелюють із вмістом моносахаридів і дисахаридів в досліджуваних зразках і обумовлені різними фізико-хімічними властивостями крохмалів і різною товщиною і складом клітинних стінок жита і ячменю.

3.7 Зміна мінерального складу зерна жита та крупи ячменю при переробці їх у мікронізовані пластівці та традиційні пластівці

Мінеральні елементи, що містяться у продуктах, утворюють після спалювання золу. Мінеральні речовини не мають енергетичної цінності, але без них життя людини неможливе. Вони виконують пластичну функцію у процесах життєдіяльності людини, беручи участь в обміні речовин практично будь-якої тканини, але особливо у побудові кісткової тканини, де переважають такі елементи,

як фосфор та кальцій. Вони беруть участь у водно-сольовому та кислотно-лужному обмінних процесах. Багато ферментативних процесів в організмі неможливі без участі тих чи інших мінеральних речовин.

Зерно та продукти його переробки – одне з важливих джерел надходження мінеральних речовин з їжею в організм людини насамперед фосфору, калію, магнію, кальцію та заліза. Даних щодо зміни вмісту мінеральних речовин при ПЧ-обробці зерна у доступній літературі немає. У зв'язку з цим представлялося цікавим дослідити зміни мінерального складу зерна жита та крупи ячменю при переробці в мікронізовані пластівці та пластівці, вироблені за традиційною технологією. Вміст золи в мікронізованих пластівцях жита та ячменю не має суттєвих відмінностей від зольності вихідної сировини та контрольних пластівців. Не встановлено суттєвих змін вмісту макро- та мікроелементів у зразках пластівців порівняно з вихідною сировиною.

Таблиця 3.14 – Зміна зольності при переробці зерна жита в МК пластівці та контрольні пластівці

Показники у перерахунку на с.р., %	Зразки		
	Зерно	МК пластівці	Контрольні пластівці
Зольність	1,49	1,47	1,45

Таблиця 3.15 – Зміна зольності при переробці крупи ячменю в МК пластівці та контрольні пластівці

Показники у перерахунку на с.р., %	Зразки		
	Крупа	МК пластівці	Контрольні пластівці
Зольність	0,99	1,04	0,98

Таблиця 3.16 – Зміна вмісту мінеральних речовин при переробці зерна жита

в МК пластівці та контрольні пластівці

Найменування мінеральних речовин	Зразки		
	Зерно, мг%	МК пластівці, мг%	Контрольні пластівці, мг%
Макроелементи			
Ca	44,50	43,50	46,00
P	241,0	240,0	246,5
K	390,0	365,0	390,0
Na	2,35	2,60	2,50
Mg	63,50	60,00	61,00
Мікроелементи			
Fe	2,40	2,85	2,40
Mn	1,70	1,65	1,70
Cu	0,36	0,39	0,36
Zn	2,74	2,17	2,66

Таблиця 3.17 – Зміна вмісту мінеральних речовин при переробці крупи ячменю в МК пластівці та контрольні пластівці

Найменування мінеральних речовин	Зразки		
	Крупа, мг%	МК пластівці, мг%	Контрольні пластівці, мг%
Макроелементи			
Ca	48,50	50,00	47,50
P	220,0±	224,5	238,0
K	305,0	265,0	305,0
Na	3,90	4,35	4,80
Mg	46,00	47,50	47,50
Мікроелементи			
Fe	2,25	3,15	2,70
Mn	1,00	1,25	1,25
Cu	0,41	0,41	0,46
Zn	2,32	2,90	2,70

Можна дійти висновку, що у процесі виробництва мікронізованих пластівців з жита та ячменю досліджені мінеральні речовини зберігаються лише на рівні вихідної сировини.

Слід зазначити високий вміст калію та фосфору в досліджених зразках продуктів переробки жита та ячменю. Оптимальним вважається співвідношення кальцію та фосфору 1:1,5. У мікронізованих пластівцях жита це співвідношення 1:5,42, а в мікронізованих пластівцях ячменю відповідає оптимальному значенню. Невеликий вміст натрію у досліджених продуктах. Як і вихідна сировина, мікронізовані пластівці жита та ячменю характеризуються високим вмістом заліза та цинку (але не перевищує дозволених рівні).

3.8 Функціонально-технологічні властивості житніх та ячмінних мікронізованих та контрольних пластівців

Для вирішення питання раціонального використання мікронізованих пластівців жита та ячменю у приготуванні кулінарної продукції необхідно було вивчити їх найважливіші функціонально-технологічні властивості. Для визначення функціонально-технологічних властивостей були використані мікронізовані пластівці жита та ячменю з такими характеристиками за нормативними документами (табл. 3.18).

Таблиця 3.18 – Основні характеристики мікронізованих пластівців з жита та ячменю

Найменування показників	Пластівці	
	житні	ячмінні
Колір	Сірий з коричневим відтінком	Білий із кремовими відтінками
Запах	Характерний для зернових з легкими тонами підсмаженої крупи, без сторонніх запахів	
Смак	Властивий зерновим продуктам, без сторонніх присмаків	

Консистенція	Крихка, хрумка
Вологість, % не більше	12,0 – 12,5

Під функціонально-технологічними властивостями пластівців розуміють фізико-хімічні характеристики, що визначають їх поведінку при переробці в кулінарні вироби, а також забезпечують бажану структуру, технологічні та споживчі властивості. До найважливіших функціонально-технологічних властивостей пластівців у виробництві кулінарної продукції слід віднести ступінь і швидкість набухання у воді та молоці та щільність пластівців. Молоко вибрано як середовище набухання, поряд з водою, оскільки більшість кулінарних виробів із круп традиційно готують із його застосуванням.

Для харчових продуктів, що піддаються варінню, важливе значення має набухання, яке протікає в часі аж до досягнення максимального в цих умовах ступеня набухання. При зміні температури середовища обмежене набухання може перейти в необмежене набухання або розчинення. Надмірно високі ступені набухання призводять до розриву оболонок та руйнування пластівців при варінні. Це не бажано для приготування кулінарних виробів.

Набухання залежно від складу продукту та температури зовнішнього середовища характеризують швидкістю та граничним ступенем набухання. Ці величини оцінюють відношенням маси набряклих пластівців до вихідної маси сухих пластівців.

Набухання – одна з найважливіших властивостей крохмалю зернових продуктів. Воно впливає на консистенцію, обсяг та вихід готових виробів. Набухання крохмалю знаходиться в прямій залежності від його здатності зв'язувати вологу та розчинятися. Швидкість набухання різних видів зернових не однакова. Вона залежить від виду крохмалю, обробки продукту, виду середовища, в якому відбувається набухання продукту, температури середовища.

Механічний вплив при плющенні пластівців, в основному змінює структурно-механічні властивості круп, спрямоване у бік збільшення їх питомої поверхні, що підвищує здатність круп швидко набухати і вбирати воду. Не менш

важливу роль відіграє товщина плющених пластинок: що тонше плющена крупа, то швидше відновлюється. Але погано зберігається форма пластівців при варінні. Це зумовлює погіршення органолептичних властивостей виробів. Щільність пластівців знаходиться у прямій залежності від товщини плющення. Чим менша щільність, тим тонше плющення. Знаючи щільність пластівців можна розрахувати обсяг, який займають пластівцями при приготуванні виробів.

У зв'язку з вищевикладеним були поставлені завдання:

- вивчення ступеня набухання або водопоглинальної здатності мікронізованих пластівців жита та ячменю у воді та молоці при різних температурах;
- визначення оптимальної температури середовища, при якій водопоглинальна здатність пластівців досягає найбільшого значення;
- вивчення швидкості поглинання вологи мікронізованими пластівцями жита та ячменю при оптимальній температурі;
- визначення щільності мікронізованих пластівців.

З метою виявлення відмінностей функціонально-технологічних властивостей мікронізованих пластівців жита та ячменю, були паралельно досліджені за перерахованими показниками пластівці жита та ячменю, приготовані за традиційною технологією.

3.9 Водопоглинальна здатність або ступінь набухання пластівців у воді та молоці

Зернові пластівці, що використовуються для приготування кулінарної продукції, повинні мати гарний ступінь набухання.

Як було сказано вище, страви та кулінарні вироби з круп традиційно готуються на молоці та воді. Молоко, що містить у своєму складі жири та білки, служить як стабілізатор, що запобігає розварюваності пластівців.

У дослідженні було визначено ступінь набухання пластівців у воді та молоці (2,5 %) при температурах 20 °С, 45 °С, 65 °С, 85 °С, 95 °С з метою визначення

оптимальної температури, при якій водопоглинальна здатність пластівців була б максимальною. Для порівняння було вивчено ступінь набухання контрольних пластівців з жита та ячменю, вироблених за традиційною технологією.

Результати дослідження представлені рисунками 3.2, 3.3, 3.4, 3.5.

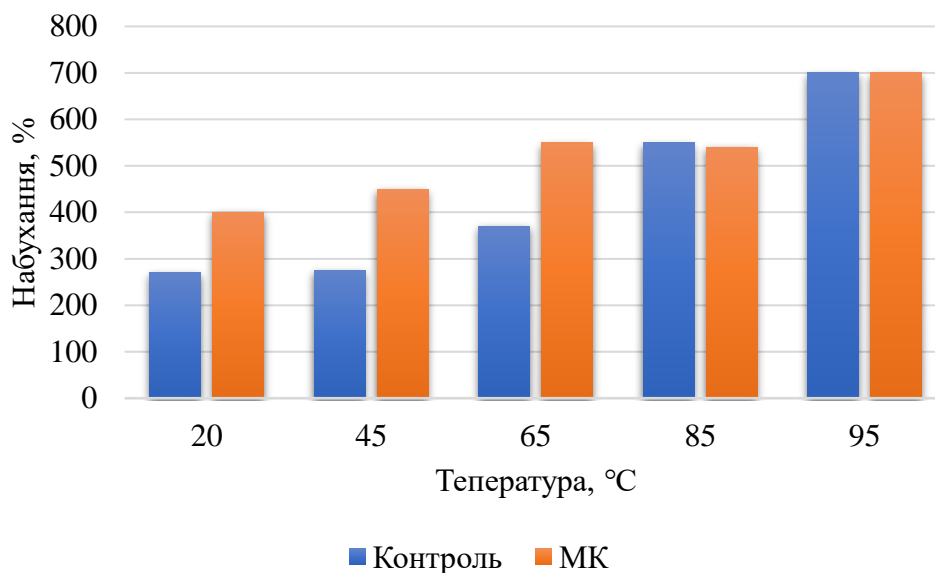


Рисунок 3.2 – Діаграма зміни ступеня набухання мікронізованих та контрольних пластівців жита у воді

На рисунку 3.2 бачимо, що в інтервалі температур від 20 °C до 65 °C ступінь набухання мікронізованих пластівців жита був суттєво вищим, ніж у контрольних пластівців. При температурах вище 65 °C ступінь набухання мікронізованих та контрольних пластівців не мала суттєвих відмінностей. Максимальне значення ступеня набухання мікронізованих та контрольних пластівців жита у воді спостерігалось при температурі 95 °C і склав $716,7\pm$ % та 679,3 % відповідно. Максимальний коефіцієнт набухання мікронізованих пластівців жита за цієї температури дорівнює 7,2. Ступінь набухання пластівців у воді суттєво зростає із підвищенням температури середовища.

Результати дослідження набухання житніх мікронізованих пластівців у молоці представлені у вигляді діаграми на рисунку 3.3.

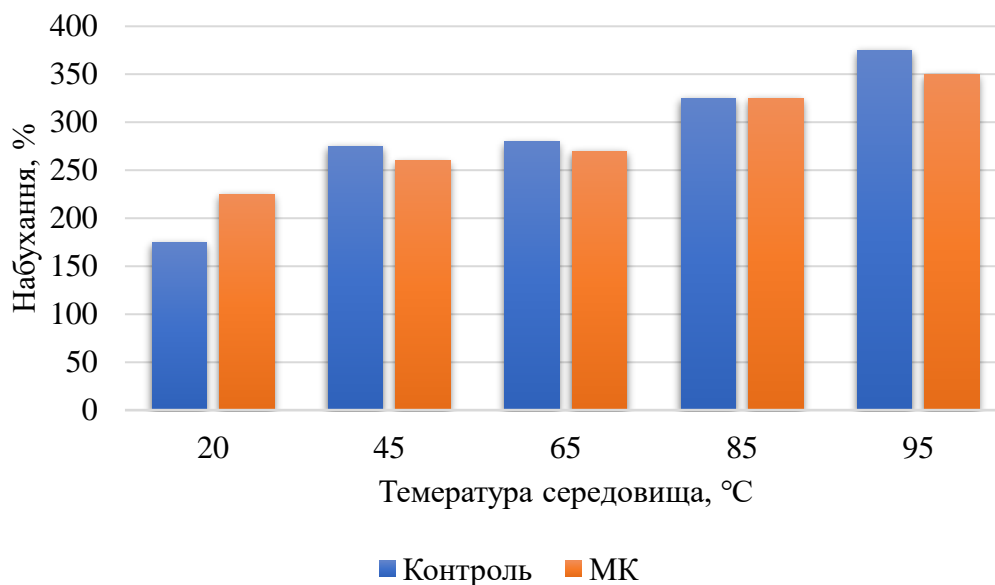


Рисунок 3.3 – Ступінь набухання пластівців із зерна жита в молоці при різних температурах

Ступінь набухання мікронізованих житніх пластівців у молоці (рис. 3.3) був суттєво вище ступеня набухання контрольних пластівців в інтервалі температур від 20 °C до 45 °C. При температурах вище 45 °C ступінь набухання мікронізованих та контрольних житніх пластівців у молоці не мав суттєвих відмінностей. Максимальне значення ступеня набухання мікронізованих та контрольних пластівців у молоці спостерігалось при температурі 95 °C і склало 352,2 % та 371,3 % відповідно. Коефіцієнт набухання житніх МК пластівців у молоці дорівнює за цієї температури 3,5.

З отриманих результатів можна зробити такі висновки:

- максимальний ступінь набухання обох видів житніх пластівців у воді в 2 рази вищий, ніж ступінь набухання цих же пластівців у молоці;
- ступінь набухання мікронізованих пластівців вище ступеня набухання контрольних пластівців тільки за відносно невисоких температурах середовища. У гарячому середовищі ступеня набухання мікронізованих і контрольних пластівців жита немає суттєвих відмінностей як у воді, так і у молоці.

Результати дослідження набухання ячмінних пластівців у воді представлені як діаграми на рис. 3.4.

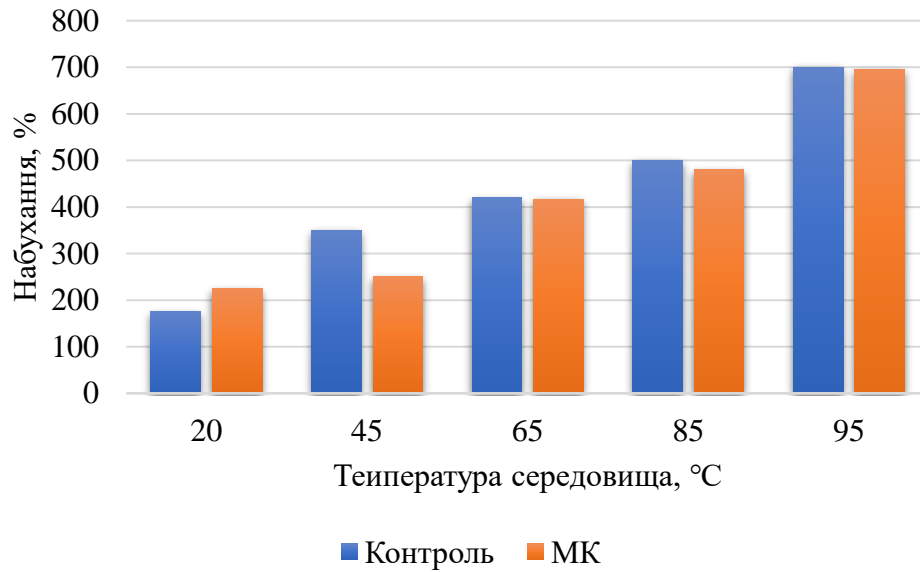


Рисунок 3.4 – Ступінь набухання пластівців з ячмінної крупи у воді при різних температурах

Ступінь набухання мікронізованих ячмінних пластівців у воді (рис. 3.4) був значно вищим, ніж у контрольних пластівців в інтервалі температур від 20 °C до 65 °C. При температурах вище 65 °C суттєвих відмінностей у ступені набухання ячмінних мікронізованих та контрольних пластівців не встановлено. Максимальне значення ступеня набухання мікронізованих та контрольних пластівців спостерігалася при температурі 95 °C і склав 700,8 % та 710,7 % відповідно. Максимальний коефіцієнт набухання МК пластівців за цієї температури дорівнює 7,0. Ступінь набухання пластівців у воді зростає із підвищенням температури середовища.

Результати дослідження ступеня набухання контрольних пластівців у молоці представлені у вигляді діаграми на рисунку 3.5.

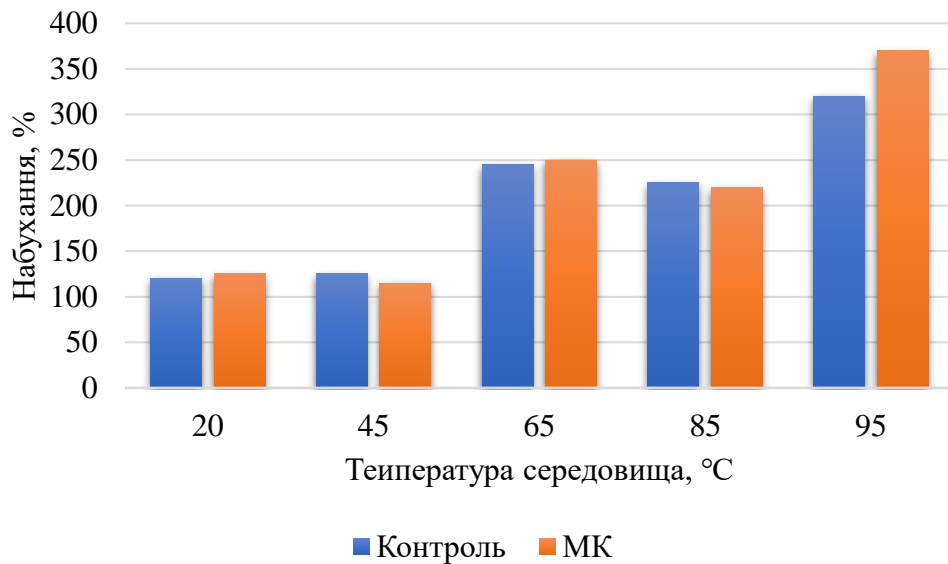


Рисунок 3.5 – Ступінь набухання пластівців з ячмінної крупи в молоці при різних температурах

Ступінь набухання ячмінних пластівців у молоці (рис. 3.5) був вищим за ступінь набухання контрольних пластівців в інтервалі температур від 20 °C до 45 °C. При температурах вище 45 °C суттєвих відмінностей ступеня набухання мікронізованих та контрольних пластівців не спостерігалось. Максимальне значення ступеня набухання ячмінних пластівців у молоці спостерігалось при температурі 95 °C і становило 319,5 % та 313,2 % відповідно. Максимальний коефіцієнт набухання ячмінних МК пластівців у молоці дорівнює 3,2. У разі підвищення температури молока ступінь набухання пластівців зростає. Ступінь набухання ячмінних пластівців у воді у 2,3 рази вищий, ніж у молоці. Ступінь набухання мікронізованих пластівців вище, ніж контрольних пластівців в інтервалах температур середовища від 20 °C до 65 °C у воді та від 20 °C до 45 °C у молоці. При більш високих температурах ступінь набухання мікронізованих та контрольних пластівців ячменю немає відмінностей.

За результатами дослідження ступеня набухання мікронізованих та контрольних пластівців жита та ячменю, зроблено висновок, що оптимальна температура для набухання мікронізованих та контрольних пластівців жита та ячменю 95 °C. Подальше підвищення температури недоцільно, так як настає

бурхливе кипіння рідини, що призводить до повної деформації пластівців та випаровування рідини.

3.10 Швидкість поглинання води мікронізованими та контрольними пластівцями

Наступне завдання – вивчення швидкості поглинання води мікронізованими та контрольними пластівцями жита та ячменю при цій температурі 95 °С. Цей показник необхідно дослідити для вирішення питання тривалості термічної обробки мікронізованих пластівців для приготування кулінарних виробів. Результати досліджень подано на рисунках 3.6, 3.7, 3.8, 3.9.

На рисунку 3.6 наведена діаграма швидкості набухання житніх пластівців у воді за температури 95 °С.

Найбільша швидкість поглинання води пластівцями жита у воді (рис. 3.6) спостерігалася в перші 3 хвилини набухання. Вологість мікронізованих житніх пластівців зростає від початкової, яка становила 6,71 %, до 78,96 %. Приріст становив 97,5 % поглиненої води протягом періоду набухання. Вологість мікронізованих пластівців зростає в 11,8 разів.

Вологість житніх контрольних пластівців за 3 хвилини набухання зростає від початкової – 11,7 % до 72,84 %, що становило 88,9 % води, поглиненої протягом усього періоду набухання. Вологість контрольних пластівців зростає у 6,2 рази. Отже, швидкість набухання мікронізованих пластівців у цей проміжок часу була вищою, ніж контрольних.

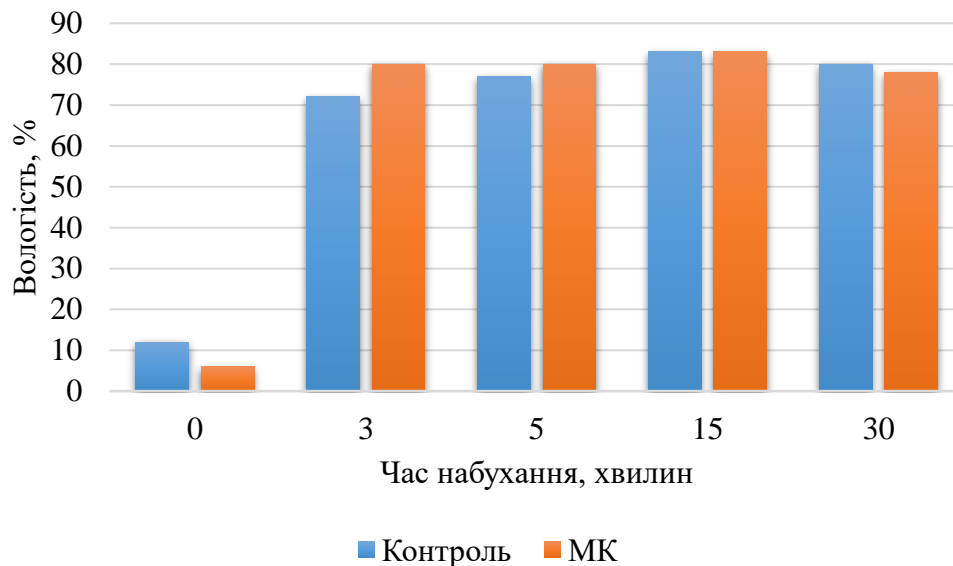


Рисунок 3.6 – Швидкість набухання житніх пластівців у воді при температурі 95 °С

Через 5 хвилин набухання вологість мікронізованих пластівців практично не змінилася, а вологість контрольних пластівців продовжувала зростати і досягла значення 78,37 %, зросла у 6,7 разів у порівнянні з початковою. Мікронізовані пластівці жита за цей час досягли кулінарної готовності, а контрольні – ні.

Через 15 хвилин набухання вологість мікронізованих і контрольних пластівців досягла максимуму, який становив мікронізованих пластівців – 80,79 %, а контрольних пластівців – 80,65 %. Вологість мікронізованих пластівців збільшилася за цей час у 12 разів, пластівці почали розпадатися. Вологість контрольних пластівців збільшилася у 6,9 разів, пластівці дійшли до кулінарної готовності.

Протягом наступних 30 хвилин вологість мікронізованих та контрольних пластівців не змінювалася. Мікронізовані пластівці повністю втратили свою структуру, тоді як контрольні пластівці частково зберігали її (рис. 3.6).

На рисунку 3.7 наведена діаграма швидкості набухання житніх пластівців у молоці за температури 95 °С.

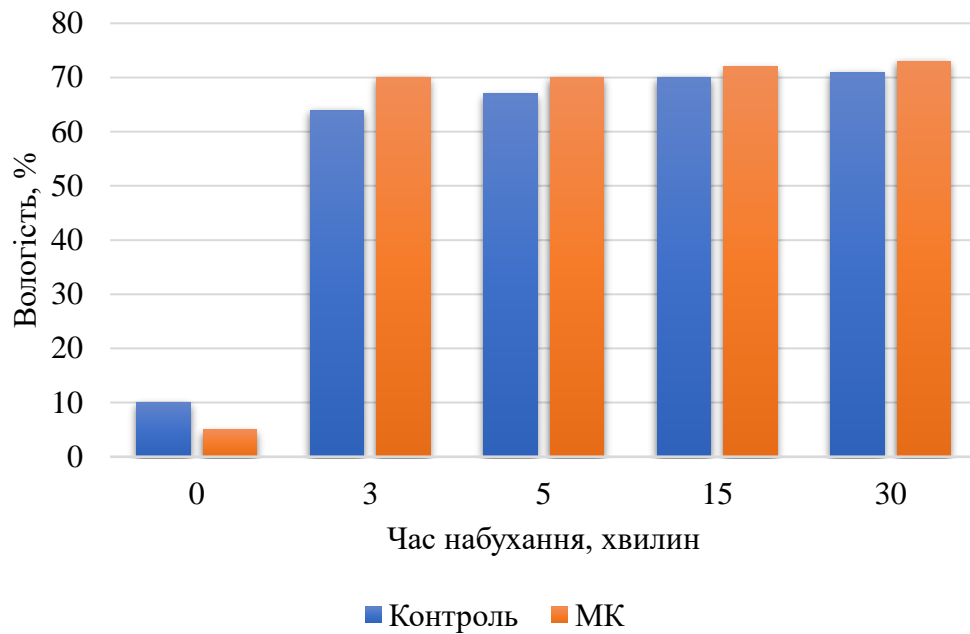


Рисунок 3.7 – Швидкість набування житніх пластівців у молоці при температурі 95 °С

Найбільша швидкість поглинання води житніми пластівцями в молоці (рис. 3.7) спостерігалася в перші 3 хвилини набування. Вологість мікронізованих пластівців зростає протягом цього часу від початкової 6,71 % до 70,49 %, що склало 98,7 % усієї води поглиненої цими пластівцями. Вологість пластівців зростає в 10,5 разів у порівнянні з початковою. Вологість контрольних пластівців зростає від початкової 11,7 % до 65,37 %, що становить 92,9 % усієї поглиненої цими пластівцями води. Вологість контрольних пластівців зростає в 5,6 разів у порівнянні з початковою. Швидкість поглинання води мікронізованими пластівцями жита в молоці в цей проміжок часу була вищою за швидкість поглинання води контрольними пластівцями.

Через 5 хв набування вологість мікронізованих житніх пластівців суттєво не зростає, мікронізовані пластівці досягли кулінарної готовності. Вологість контрольних пластівців збільшилася і досягла 68,56 %.

Через 15 хв набування вологість контрольних пластівців жита зростає і досягла – 69,72 %. Вологість мікронізованих пластівців залишалася на колишньому рівні. Вологість контрольних пластівців протягом 15 хв набування стала рівна

вологості мікронізованих пластівців. Контрольні пластівці досягли кулінарної готовності. Через 30 хв набухання контрольні та мікронізовані житні пластівці досягли максимальної вологості в молоці. Значення максимальної вологості контрольних пластівців не мало суттєвих відмінностей від максимального значення вологості мікронізованих пластівців жита. Мікронізовані та контрольні пластівці частково зберігали свою структуру.

Вологість мікронізованих і контрольних пластівців, що набухали в молоці, була нижчою, ніж вологість цих пластівців, що набухали у воді.

На рисунку 3.8 наведена діаграма швидкості набухання ячмінних пластівців у воді за температури 95 °С.

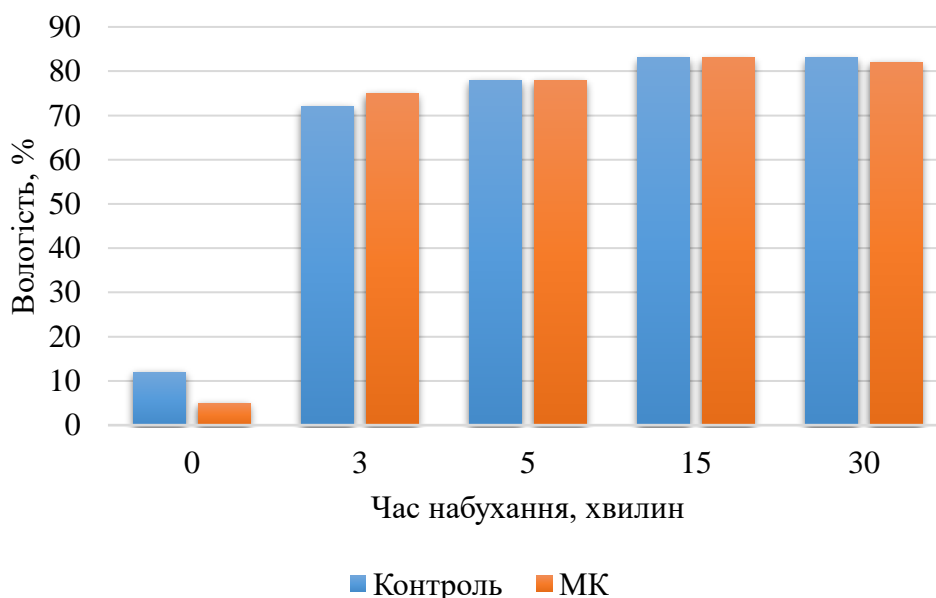


Рисунок 3.8 – Швидкість набухання ячмінних пластівців у воді при температурі 95 °С

Інтенсивне поглинання вологи мікронізованими та контрольними пластівцями ячменю (рис. 3.8) спостерігалось перші 3 хвилини набухання. Вологість мікронізованих ячмінних пластівців через 3 хвилини набухання зросла від початкової 6,71 % до 78,22 %. Вологість зросла приблизно в 11,7 разів і склала 95 % всієї поглиненої даними пластівцями вологи в процесі набухання.

Вологість контрольних пластівців зросла через 3 хвилини набухання від

початкової 12,63 % до 73,86 %. Вологість контрольних пластівців зростає приблизно в 5,9 разів і склала 89,0 % усієї поглиненої даними пластівцями вологи в процесі набухання.

Отже, швидкість поглинання вологи контрольними пластівцями протягом перших трьох хвилин набухання було суттєво нижчим, ніж швидкість поглинання вологи контрольними пластівцями.

Через 5 хвилин набухання вологість мікронізованих та контрольних пластівців суттєво зростає, хоча й не так значно, як у перші 3 хвилини, і склала для мікронізованих пластівців 79,89 % (збільшилася у 11,9 разів у порівнянні з початковою). Вологість контрольних пластівців досягла 79,73 % (збільшилася у 6,3 разів у порівнянні з початковою). Вологість контрольних пластівців з цього часу не мала суттєвих відмінностей від вологості мікронізованих пластівців. Але мікронізовані пластівці ячменю за цей час набухання досягли кулінарної готовності. Контрольні пластівці не досягли кулінарної готовності, і швидкість поглинання вологи йшла інтенсивніше.

Через 15 хвилин набухання вологість мікронізованих і контрольних пластівців досягла максимального значення, яке склало для мікронізованих пластівців 82,45 %, а для контрольних пластівців – 83,20 %. При цьому вологість мікронізованих пластівців зростає від початкового значення у 12,3 рази, а контрольних пластівців – у 6,6 рази. Мікронізовані пластівці почали розпадатися, а контрольні досягли кулінарної готовності.

У ході подальшої витримки протягом 30 хвилин вологість мікронізованих та контрольних пластівців не збільшувалася. Мікронізовані пластівці повністю втратили свою структуру. Контрольні пластівці частково зберігали свою структуру.

Діаграма швидкості набухання ячмінних пластівців у молоці представлена на рисунку 3.9.

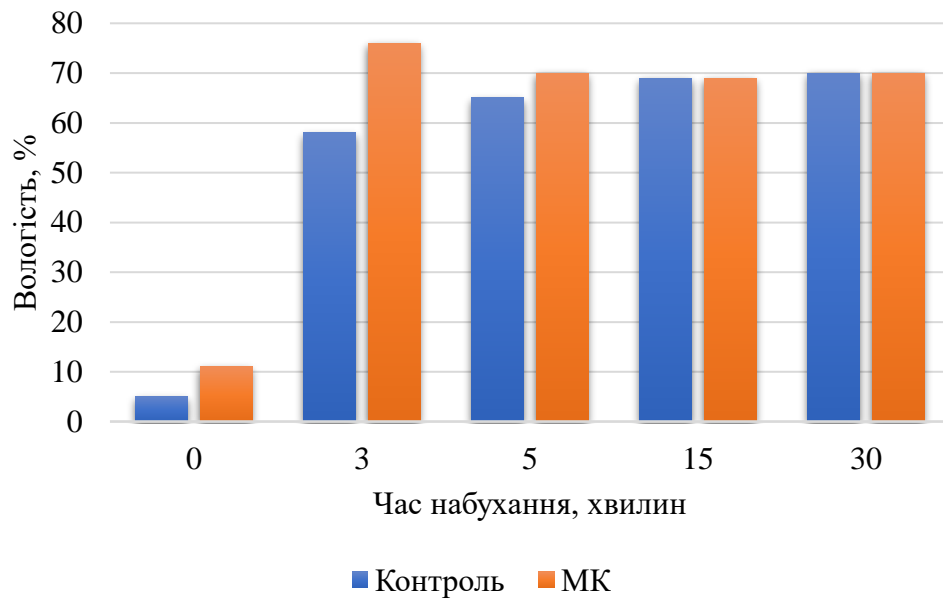


Рисунок 3.9 – Швидкість набухання ячмінних пластівців у молоці при температурі 95 °С

Інтенсивне поглинання води мікронізованими та контрольними пластівцями ячменю в молоці (рис. 3.9) спостерігалось в перші 3 хвилини набухання. Вологість мікронізованих ячмінних пластівців через 3 хвилини набухання зростає від початкової 6,71 % до 68,92 % і практично досягла свого максимального значення. Вологість зростає приблизно в 10 разів і склала 97,2 % всієї поглиненої даними пластівцями води в процесі набухання.

Вологість контрольних пластівців зростає через 3 хвилини набухання від початкової 12,63 % до 58,79 %. Вологість контрольних пластівців зростає приблизно 4,7 рази і становить 83,3 % всієї поглиненої даними пластівцями води у процесі набухання. Отже, швидкість поглинання води контрольними пластівцями протягом перших трьох хвилин набухання була суттєво нижчою, ніж швидкість поглинання води мікронізованими пластівцями.

Через 5 хвилин набухання вологість контрольних пластівців зростає і досягла контрольних пластівців 67,23 % (збільшилася в 5,3 разів у порівнянні з початковою). Ця величина була нижчою від вологості мікронізованих пластівців у цій точці – 70,09 %. Мікронізовані пластівці ячменю за цей час досягли кулінарної готовності. Контрольні пластівці ще продовжували поглинати воду.

Через 15 хвилин набухання вологість мікронізованих пластівців не змінювалася, а контрольних пластівців досягла максимального значення – 70,00 %. Вологість контрольних пластівців зростає від початкового значення в 5,5 разів. Мікронізовані пластівці почали розпадатися, а контрольні лише досягли кулінарної готовності.

У ході подальшої витримки протягом 30 хвилин вологість мікронізованих та контрольних пластівців не змінювалася. Мікронізовані пластівці та контрольні пластівці частково зберігали свою структуру. Вологість мікронізованих і контрольних пластівців, що набухали в молоці, була нижчою, ніж вологість цих пластівців у воді.

На підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що швидкість набухання мікронізованих пластівців у воді та молоці вища, ніж швидкість набухання контрольних пластівців. Мікронізовані пластівці досягають кулінарної готовності через 5 хвилин при температурі середовища 95 °С. Контрольні пластівці досягають кулінарної готовності через 15 хвилин за цієї температури. Оптимальна вологість мікронізованих пластівців у воді при досягненні готовності становила 80 %.

3.11 Зміна щільності зерна жита та крупи ячменю при переробці їх у мікронізовані та контрольні пластівці

Щільність пластівців – показник, що характеризує товщину плющення та пористість продукту. Визначення густини має велике практичне значення, оскільки щодо маси пластівців за рецептурою можна швидко визначити їх обсяг.

Результати дослідження щільності вихідного зерна жита, крупи ячменю, контрольних та мікронізованих пластівців жита та ячменю наведено в таблиці 3.19.

Таблиця 3.19 – Щільність зерна, мікронізованих та контрольних пластівців з

жита

Найменування показника	Зерно жита	Мікронізовані пластівці	Контрольні пластівці
Щільність, г/дм ³	900,43	274,02	497,44

З наведених даних видно, що щільність контрольних пластівців вища, ніж щільність мікронізованих пластівців. А густина вихідного зерна – 900,43 г/дм³ відрізнялася від густини мікронізованих та контрольних пластівців. Щільність контрольних пластівців жита менша за щільність вихідного зерна в 1,8 рази і становить 497,44 г/дм³, а щільність мікронізованих пластівців становила всього 274,02 г/дм³, що у 3,3 рази менше, ніж щільність вихідного зерна і в 1,8 рази менше, ніж щільність контрольних пластівців.

Таблиця 3.20 – Щільність зерна, мікронізованих та контрольних пластівців ячменю

Найменування показника	Крупа ячменю	Мікронізовані пластівці	Контрольні пластівці
Щільність, г/дм ³	957,39	219,60	576,54

З даних таблиці 3.20 видно, що зміни щільності ячмінних мікронізованих та контрольних пластівців аналогічні змін щільності житніх пластівців. Так само, як у жита, щільність контрольних пластівців нижче щільності вихідної крупи, а щільність мікронізованих пластівців нижче щільності контрольних пластівців і щільності вихідної крупи. Щільність вихідної крупи становила 957,39 г/дм³. Щільність контрольних пластівців в 1,66 разів менше щільності вихідної крупи і склала 576,54 г/дм³, а щільність мікронізованих пластівців 219,6 г/дм³, що в 4,36 разів менше щільності вихідної крупи та в 2,63 рази менше щільності контрольних пластівців.

На підставі даних дослідження можна зробити висновок, що мікронізовані пластівці жита та ячменю мають меншу щільність, ніж пластівці, отримані за традиційною технологією. Отже, вони мають більшу площу, більшу пористість і

меншу товщину, ніж контрольні. Така якість плющення може бути досягнута за більшої пластичності вихідного зерна, ніж при виробництві пластівців за традиційною технологією.

Висновки за розділом

Органолептичні показники житніх та ячмінних пластівців, отриманих у результаті мікронізації, кращі, ніж у пластівців, отриманих традиційним способом. Мікронізація робить зерно більш пластичним, що дає змогу виробляти тонкопелюсткові пластівці. Використання тонкопелюсткових пластівців у кулінарії дозволяє скоротити годину приготування кулінарної продукції та отримати страви з такої зернової культури, як жито, яке раніше не використовувалось у круп'яному виробництві.

При аналізі комплексу вітамінів групи В встановлено повне зникнення у мікронізованих пластівцях жита та ячменю вітамінів В₃ та В₆. Однак вміст цих вітамінів у 100 г вихідної сировини забезпечує всього 3 % і 6 % добової потреби, відповідно. За цими причинами дослідники вважають, що жито, ячмінь та продукти їх переробки не є їх джерелом. Вітаміни В₁, В₂ та РР зберігалися на рівні вихідної сировини.

Отже, мікронізовані пластівці жита та ячменю можуть використовуватися для заповнення дефіциту харчових волокон, вітамінів групи В та мінеральних речовин у раціонах. Вивчення органолептичних показників мікронізованих пластівців дозволяє говорити про їх високу якість і переваги в порівнянні з пластівцями, що виробляються за традиційною технологією.

Максимальний ступінь набухання мікронізованих та контрольних пластівців жита та ячменю, як у воді, так і в молоці, спостерігався при температурі 95 °С. Тому можна припустити, що це оптимальна температура для швидкого доведення цих пластівців до готовності.

Максимальний ступінь набухання мікронізованих та контрольних пластівців жита та ячменю у молоці приблизно у 2 рази нижчий, ніж у воді. Молоко, внаслідок

вмісту в ньому розчинних білків, жирів та інших речовин, сприяє збереженню структури пластівців, ніж вода.

Мікронізація зерна робить його більш пластичним та пористим, ніж пропарювання. Слід зазначити, що крупа ячменю набуває в результаті мікронізації велику пластичність, ніж зерно жита. Це підтверджується меншою щільністю пластівців ячменю та більш значним зменшенням щільності зерна при виробництві мікронізованих пластівців ячменю (при виробництві МК пластівців жита зниження щільності порівняно з вихідним зерном відбулося у 3,3 рази, а при виробництві МК пластівців ячменю – у 4,4 рази).

Розміри, структура пластівців та стан крохмальних вуглеводів у них після мікронізації викликають швидку сорбцію рідини, яка прямо корелює з її температурою. Це дозволяє доводити їх до кулінарної готовності заварюванням гарячою водою та наступним наполяганням у закритому посуді протягом 5 – 7 хвилин. Внаслідок цього скорочується час та витрати енергії в процесі Приготування кулінарної продукції, знижується її трудомісткість. Час заварювання пластівців варіює залежно від кількості пластівців і необхідного ступеня розм'якшення.

4.1 Розробка карти безпеки праці

Карта безпеки праці для операції мікронізації зернових пластівців забезпечує здоров'я і безпеку працівників та зменшує ризики травм. Вона містить рекомендації щодо безпечного виконання робіт на кожному етапі виробництва, а також основні вимоги до використання обладнання, санітарних норм та аварійних дій (рис. 4.1).

<p style="text-align: center;"><i>I. Загальні положення</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Вимоги картки поширюються на всіх працівників всіх підрозділів;2. Термін дії картки: 5 років (до 05.06.2028);3. Проходження інструктажу працівником: кожні 6 місяців;4. Відповідальність за невиконання положень цієї картки: дисциплінарна, матеріальна, адміністративна, кримінальна;5. До роботи допускаються особи, яким не менше 18 років та які мають відповідну кваліфікацію, пройшли медичний огляд та відповідний інструктаж.
<p style="text-align: center;"><i>II. Обов'язки працівника</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;2. Користуватися спецодягом та засобами індивідуального захисту;3. Працювати тільки на справному обладнанні;4. Не допускати сторонніх осіб на робоче місце;5. Утримувати робоче місце в чистоті, не захарашувати його.
<p style="text-align: center;"><i>III. Основні ризики</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Теплове випромінювання: можливі опіки або перегрів через прямий контакт із гарячими поверхнями чи випромінюванням.2. Інфрчервоне випромінювання: тривала дія може пошкодити очі та шкіру.3. Електробезпека: небезпека ураження електричним струмом через несправність обладнання.4. Механічні ризики: травми від рухомих частин обладнання.5. Пожежна небезпека: можливе займання зерна або пилу під час роботи на високих температурах.6. Вдихання пилу: пил від зерна сорго може викликати алергічні реакції або проблеми з диханням.
<p style="text-align: center;"><i>IV. Правила безпечної роботи</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Перед початком роботи:<ul style="list-style-type: none">- перевірити справність обладнання, ізоляцію електромережі та заземлення;- переконатися у відсутності залишків пилу та сміття поблизу нагрівальних елементів.2. Під час роботи:<ul style="list-style-type: none">- не допускати перевантаження обладнання зерном;- уникати прямого контакту з нагрітими поверхнями;- слідкувати за показниками датчиків температури та аварійними сигналами.3. Після закінчення роботи:<ul style="list-style-type: none">- вимкнути обладнання, дочекатися його охолодження перед очищенням;- очистити робочу зону від пилу та залишків зерна.
<p style="text-align: center;"><i>V. Дії у разі надзвичайних ситуацій</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. При опіках або травмах:<ul style="list-style-type: none">- надати першу допомогу, використовуючи аптечку;- у разі серйозних травм викликати медичну допомогу.2. При займаннях:<ul style="list-style-type: none">- вимкнути обладнання з електромережі;- використати вогнегасник (вуглекислотний або порошковий) для гасіння пожежі;- викликати пожежну службу.3. При ураженні електричним струмом:<ul style="list-style-type: none">- знеструмити обладнання;- надати першу допомогу постраждалому, викликати швидку допомогу.
<p style="text-align: center;"><i>VI. Додаткові рекомендації</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Регулярно проводити технічний огляд обладнання.2. Контролювати рівень пилу в приміщенні та використовувати системи вентиляції.3. Зберігати пожежний інвентар у доступному місці.4. Встановити попереджувальні знаки про небезпеку теплового та ПЧ-випромінювання. <p style="text-align: center;">Ця карта повинна бути адаптована до конкретного підприємства з урахуванням використовуваного обладнання та місцевих умов!!!</p>

Рисунок 4.1 – Карта безпеки праці під час інфрачервоної (ПЧ) обробки зернових пластівців сорго

4.2 Шляхи утилізації відходів, які утворюються під час мікронізації зернових

пластівців

Утилізація відходів, які утворюються під час мікронізації зернових пластівців (процесу теплової обробки з метою підвищення його поживних і технологічних властивостей), потребує екологічно безпечних і економічно ефективних методів.

Основними шляхами утилізації є:

1. Використання у сільському господарстві.

Годівля тварин:

- відходи можуть бути використані як додатковий корм для худоби, якщо вони не містять шкідливих домішок;
- перед використанням слід провести аналіз на вміст токсичних речовин та харчову цінність.

Компостування:

- органічні відходи змішуються з іншими біомасами для виробництва органічних добрив;
- мікронізація може покращити біодоступність поживних речовин, що сприятиме кращій ферментації в компості.

2. Енергетичне використання.

Виробництво біогазу:

- відходи можуть бути використані як сировина для біогазових установок;
- анаеробна ферментація відходів дозволяє отримувати метан, який можна використовувати для генерації енергії, а залишкову масу – як добриво.

Спалювання для отримання тепла:

- сухі відходи можуть використовуватися як паливо в котельнях для обігріву або виробництва пари;
- для цього слід організувати спеціалізоване спалювання з мінімізацією викидів.

3. Переробка у побічні продукти.

Виробництво кормових добавок:

- відходи можуть бути висушені, подрібнені та використані як компонент

комбікормів для тварин або птиці.

Сировина для виготовлення пелет:

- подрібнені залишки можуть пресуватися у пелети для опалення чи промислового використання.

4. Використання у промисловості.

Виробництво біоматеріалів:

- відходи можна використовувати у виробництві біорозкладних упаковок, композитів чи інших матеріалів.

5. Екологічна утилізація.

Захоронення на спеціалізованих полігонах:

- якщо відходи не можуть бути використані жодним із зазначених способів, вони можуть бути безпечно утилізовані на полігонах, обладнаних для прийому органічних залишків.

Виведення у природне середовище:

- у разі повної органічної безпеки (за відсутності токсичних речовин) відходи можна використовувати для покращення ґрунтів як мульчу.

Рекомендації щодо утилізації відходів:

- перед вибором методу утилізації провести аналіз складу відходів, зокрема на вміст небезпечних речовин;

- дотримуватися екологічних стандартів і місцевих вимог до поводження з відходами;

- впроваджувати сучасні технології для переробки відходів з максимальним відновленням цінних компонентів.

Застосування комплексного підходу до утилізації дозволяє знизити витрати на поводження з відходами, зменшити екологічний вплив і отримати додаткову економічну вигоду.

Висновки за розділом

Була розроблена карта безпеки для операторів лінії мікронізації зернових пластівців та визначені основні шляхи та методи утилізації відходів, які утворюються під час процесу мікронізації житніх та ячмінних пластівців.

5.1 Організація проведення дослідження

За для доброї організації проведення досліджень, потрібно складсти перелік перелік робіт, визначити їх взаємозв'язок, тривалість та провести розрахунок бюджету для здійснення експерименту.

У таблиці 5.1 представлено перелік завдань, які включає в себе обґрунтування процесу та технологічних параметрів обробки зернових пластівців з метою підвищення їх якісних характеристик.

Таблиця 5.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1-2	Вибір та обґрунтування обраного напрямку досліджень	2
2-3	Пошук літературних джерел за обраним напрямком	8
3-4	Визначення послідовності проведення досліджень	2
4-5	Знайомство з методиками проведення досліджень	4
5-6	Підготовка дослідного матеріалу	3
6-7	Підготовка лабораторного та дослідного устаткування	8
7-8	Дослідження органолептичних показників мікронізованих пластівців	5
7-9	Вивчення зміни вмісту білків у зерні жита та крупі ячменю та їх амінокислотного складу	6
7-10	Дослідження зміни вуглеводного комплексу зерна жита та крупі ячменю	4
7-11	Дослідження функціонально-технологічних властивостей житніх та ячмінних мікронізованих та їх водопоглинальної здатності	8
8-12	Обробка отриманих даних	1
9-12		1
10-12		1
11-12		1
12-13	Робота над підготовкою матеріалу для публічного оприлюднення	10
Всього		64

Отже, для виконання всіх завдань та реалізації цілей магістерської роботи

знадобиться 64 дні.

5.2 Витрати на проведення дослідження

Вартість основних і допоміжних матеріалів визначається шляхом розрахунку витрат за формулою:

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

де m_1 – кількість витраченого і-го матеріалу;

C_1 – ціна одиниці і-го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Кількість і вартість основних матеріалів

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Пластівці житні, кг	5	45,00	225,00
Пластівці чмінні, кг	5	45,00	225,00
Всього			450,00

Витрати на оплату праці учасників досліджень представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний зарібок, грн	Середньочасовий зарібок, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8000	50,00	20	1000,00
Всього				1000,00

Нарахування на заробітну плату складають:

$$H = \frac{1000,00 \cdot 22}{100} = 220,00 \text{ грн.}$$

Витрати на спожиту електроенергію розраховуються за наступною

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).

Витрати енергії на роботу мікронізатора:

$$E_{\text{мікр}} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 4,68 = 252,72 \text{ грн.}$$

Витрати електроенергії, витрачені комп'ютером:

$$E_{\text{комп}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 112 \cdot 4,68 = 424,56 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{мікр}} + E_{\text{комп}} = 252,72 + 424,56 = 677,28$$

Витрати на амортизацію обладнання визначаються за формулою:

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

де A – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість устаткування, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

12 – кількість місяців у році.

Результати обчислень витрат на амортизацію представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Витрати на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Мікронізатор	6341,00	24	3	12,50
Персональний комп'ютер	11001,00	20	14	84,39
Всього				96,89

Накладні витрати становлять:

$$\frac{(1000,00 \cdot 80)}{100} = 800,00 \text{ грн.}$$

В таблиці 5.5 наведено кошторис витрат на проведення дослідження.

Таблиця 5.5 – Зведений кошторис витрат

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	450,00
Заробітна плата	1000,00
Нарахування на заробітну плату	220,00
Електроенергія	677,28
Амортизація	96,89
Накладні витрати	800,00
Всього	3244,17

Згідно аналізу, найбільшу частку витрат становлять заробітна плата та накладні витрати.

5.3 Розрахунок вартості дослідження

Ціна досліджень визначається за формулою:

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

де C – вартість дослідження, грн;

S – витрати на дослідження, грн;

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

$$C = 3244,17 + \frac{30 \cdot 3244,17}{100} = 4217,42 \text{ грн.}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 4217,42 грн.

Висновки за розділом

Основні статті витрат під час дослідження включають заробітну плату та накладні витрати, які становлять 1000,00 грн і 800,00 грн відповідно. Загальна вартість дослідження з урахуванням 30 % нормативної рентабельності складає 4165,42 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що мікронізовані житні та ячмінні пластівці не відрізняються від вихідної сировини за вмістом рослинних білків, жирів, вітамінів групи В, мінеральних речовин та харчових волокон.

2. Визначено, що у мікронізованих житніх та ячмінних пластівцях збільшується кількість водорозчинних речовин та цукрів, що редукують, внаслідок більш глибокої деструкції крохмалю, ніж у контрольних пластівців.

3. Доведено, що вміст амінокислот у мікронізованих пластівцях не змінюється порівняно з вихідною сировиною та контрольними пластівцями, але всі незамінні амінокислоти у житніх МК пластівцях та ізолейцинах, лейцин та лізин в ячмінних МК пластівцях є лімітуючими.

4. Виявлено, що висока ступінь набухання та швидкість поглинання вологи житніми та ячмінними мікронізованими пластівцями дозволяє їм досягати кулінарної готовності при заварюванні гарячою рідиною (температура 95 °С) протягом 5 – 7 хвилин.

5. Визначено, що в молоці ступінь набухання мікронізованих та контрольних зернових пластівців нижча, ніж у воді та мікронізовані пластівці, краще зберігають свою структуру.

8. Визначено органолептичні, фізико-хімічні показники якості, харчову, енергетичну та біологічну цінність кулінарної продукції з житніх та ячмінних мікронізованих пластівців.

9. Розроблена карта безпеки для операторів лінії мікронізації зернових пластівців та визначені основні шляхи та методи утилізації відходів, які утворюються під час процесу мікронізації житніх та ячмінних пластівців.

10. Основні статті витрат під час дослідження включають заробітну плату та накладні витрати, які становлять 1000,00 грн і 800,00 грн відповідно. Загальна вартість дослідження з урахуванням 30 % нормативної рентабельності складає 4165,42 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Kotov B., Spirin A., Kalinichenko R., Bandura V., Polievoda Y., Tverdokhlib I. Determination the parameters and modes of new heliocollectors constructions work for drying grain and vegetable raw material by active ventilation. *Research in Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 65. № 1. P. 20-24.
2. Kotov B., Spirin A., Tverdokhlib I., Polyevoda Y. Theoretical researches on cooling process regularity of the grain material in the layer. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2018, Vol. 54. № 1. P. 87-94.
3. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
4. 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.
5. Калініченко Р. А., Войтюк В. Д. (2017). Математичне моделювання тепломасообмінних процесів високотемпературної термообробки зернових матеріалів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*, (275), 59-67.
6. Плавинський В. І., Плавинська С. В., Плавинська О. В. (2016). Проблеми мікронізації бобів сої. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів*, (10 (2)), 126-131.
7. Калініченко Р. А., Войтюк, В. Д. (2017). Mathematical modeling of teplomass-exchange processes of high-temperature thermo-processing of grain materials. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК*, (275), 5-5.
8. Полєвода Ю. А., Рєва В. Ю., Попов І. І. Методи термічної обробки зерна. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2022. № 2 (105). С. 122-129.
9. Полєвода Ю.А., Рєва В.Ю., Попов І.І. Методи термічної обробки зерна. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2022. № 2 (105). с.122- 129.

10. Котов Б.І., Калініченко Р.А., Степаненко С.П., Швидя В.О., Лісецький В.О. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (сепарація, сушіння, активне вентилявання, охолодження). Монографія: Ніжин. Видавець ПП Носенко Н.Н. 2017. 552 с.

11. Калініченко Р.А., Солоня О.В., Твердохліб І.В. Дослідження радіаційноконвективної термообробки зерна у віброкиплячому шарі. Вібрації в техніці та технологіях. 2017. № 2 (58). С. 95-98.

12. Солоня В.О., Котов Б.І., Спирін А.В., Калініченко Р.А. Обґрунтування параметрів поєднаних процесів мікронізації і подрібнення із застосуванням вібраційних технологій при переробці зерна на корм. Вібрації в техніці та технологіях. 2016. № 3 (83). С.213-218.

13. Паламарчук І. П., Цуркан О. В., Присяжнюк Д. В., Полевода Ю. А. Обґрунтування схеми віброозонуючої сушарки для післязбиральної обробки зерна. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2016. № 6. Т. 22. С. 151-156.

14. Ємчик В. В., Полевода Ю. А., Ревва В. Ю. Обґрунтування конструктивної схеми установки для обробки зернистого матеріалу інфрачервоним випромінюванням. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2022. № 3 (118). С. 43-52.

15. Полевода Ю. А. Патент на корисну модель. Інфрачервона віброосушарка. № 136236. Публікація відомостей 12.08.2019. Бюл. № 15.

16. Bandura V., Kalinichenko R., Kotov B., Spirin A. Theoretical rationale and identification of heat and mass transfer processes in vibration dryers with IR-energy supply. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 4. № 8 (94), 50-58.

17. Deepa S., Hebbar H. U. (2016). Effect of high-temperature short-time 'micronization' of grains on product quality and cooking characteristics. Food engineering reviews, 8, 201-213. <https://doi.org/10.1007/s12393-015-9132-0>.

18. Кошицька Н.А. Удосконалення елементів технології режимів сушіння насіння // Інститут сільського господарства Полісся НААН. Житомир, 2013. С. 278–281.

19. Матус Ю. В. Інформаційна підтримка технологічного процесу інфрачервоного сушіння зерна / Ю. В. Матус, В. А. Лахно, Т. Ю. Осіпова // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2019. – № 7(255). – С. 43-49.

20. Паламарчук І. П., Цуркан О. В., Паламарчук В. І. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми інфрачервоної віброхвильової конвеєрної сушарки для післязбиральної обробки сипкої сільськогосподарської продукції. Зб. наук. пр. ВНАУ. Серія: Технічні науки. Вінниця, 2015. №1 (89) Т.1 С.117–123.

21. . Бандура В., Ярошенко Л. Обґрунтування параметрів процесу сушіння насіння соняшнику у вібросушарці на основі інфрачервоного опромінення. Scientific Works. 2019. Vol. 83 (1). P. 110–116.

22. Chua K.Y. and Shaw S.K. (2003). Low cost drying methods for developing countries. Trends in Food Science and Technology 14: 519—528.

23. Bualuang, O., Onwude, D. I., & Pracha, K. (2017). Microwave drying of germinated corn and its effect on phytochemical properties. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(9), 2999 – 3004.

24. Onwude, D. I., Hashim, N., & Chen, G. (2016a). Recent advances of novel thermal combined hot air drying of agricultural crops. Trends in Food Science & Technology, 57, 132–145.

25. 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>.

26. Бандура В., Ярошенко Л. Обґрунтування параметрів процесу сушіння насіння соняшнику у вібросушарці на основі інфрачервоного опромінення. Scientific Works. 2019. Vol. 83 (1). P. 110–116.

27. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, В.П. Олексюк, О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 288с.

28. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна. Київ: Мін.Соц.Політики. 2017. 74 с.

29. Станкевич Г.М. Сушіння зерна: навч. посіб. / Г. М. Станкевич, Т. В. Страхова, В. І. Атаназевич – Київ: Либідь, 1997. – 352 с.

30. 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-lexciye-book-5.pdf>.

31. Відходи та безвідходне виробництво в харчовій промисловості : наук.-допом. бібліогр. покажч. двома мовами 1956 – 2020 pp. / [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.

32. Моделювання процесу ІЧ-обробки насіння соняшнику в стаціонарному шарі при композиційному плануванні експерименту [Електронний ресурс] / А. В. Купченко, К. О. Мельников, Ю. О. Чурсінов // Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія : Технічні науки. – 2010. – № 1. – С. 142–147.

33. . Кирпа М. Я., Кулик В. О. Енергоощадні прийоми у технологіях сушіння насіння кукурудзи. Бюл. Ін-ту сільськ. госп-ва степової зони НААН. 2016. № 11. С. 82–87.

34. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова, В.С. Кошулько. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.

35. Pivovarov O., Kovaliova O. Features of grain germination with the use of aqueous solutions of fruit acids. Food Science and Technology. 2019. Volume 13 Issue 1. P.83-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v13i1.1334>

36. Zarkadas, L. N., & Wiseman, J. (2001). Influence of processing variables during micronization of wheat on starch structure and subsequent performance and digestibility in weaned piglets fed wheat-based diets. Animal feed science and technology, 93(1-2), 93-107.

37. Півоваров О.А., Ковальова О.С. Сучасні методи інтенсифікації солодородження: монографія. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2020. - 242 с.

38. Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційна технологія дезінфекції технологічного обладнання харчових виробництв. The 5th International scientific and practical conference “Prospects of modern science and education” (February 07 – 10, 2023) Stockholm, Sweden. International Science Group. 2023. P. 609-612.
<https://doi.org/10.46299/ISG.2023.1.5>

39. Sesikashvili, O., Mardaleishvili, N., Gamkrelidze, E., & Tsagareishvili, S. (2021). The study on the process of dehydrating legumes during high-temperature micronization with infrared rays. Slovak Journal of Food Sciences, 15.

40. Shaimerdenova, D. A., Chakanova, Z. M., Iskakova, D. M., Sarbassova, G. T., Bekbolatova, M. B., & Yesmambetov, A. A. (2020). JT Effective method of grain processing using in grain bases for foods: Methods of grain bases' production. EurAsian Journal of BioSciences, 14(2).

41. http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/34268/1/Waste_and_waste-free_production_in_the_food_industry.pdf.

42. <https://www.syngenta.ua/>

43. <https://ohoronapraci.com.ua/interviews/67355-vymohy-bezpeky-pid-chas-pererobky-ta-zberihannya-zerna>.

44. <https://agronomy.com.ua/statti/515-suchasni-tekhnohii-sushinnia-zerna.html>.

45. <https://agroexpert.ua/sposoby-ta-obladnannia-dlia-sushinnia-zerna/>.

46. <https://agro-business.com.ua/agro/zberihannia/item/19814-tekhnohiiia-komfortnoho-sushinnia-zerna.html>.

47. <https://kmzindustries.ua/elevators/osoblivosti-sushinnya-riznih-kultur>.

48. Яковенко А.І., Борта А.В. Технологія зберігання та сушіння зерна: Кількісно-якісний облік зерна: Навчальний посібник – Одеса: 2016. – 174 с.

49. <https://corelamps.com/yak-obraty-svitylnyk-chy-lampochku/infrachervone-vyprominiuvannia/>.

50. <https://bilux.ua/infrared-radiation-directory-ukr/>.

51. <https://ten24.com.ua/ua/blog/sovremennye-tipy-infrakrasnykh-izluchateley/>.